

شیمی ۱: فصل اول

پاسخ تشریحی

۱ ۴ A بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهده ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی آسمان بوده است. (نه پیدایش عنصرها!)
گزینه (۲): انسان در قلمرو علم تجربی قادر به توضیح چگونگی پیدایش هستی نیست. گزینه (۳): سفر طولانی و تاریخی فضاییماهای وویجر ۱ و ۲ برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی بود. (نه شناخت خورشید!)

۱ ۲ A عبارت‌های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): سفر تاریخی و طولانی دو فضاییما وویجر (۱) و (۲) برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی (نه خورشید!) انجام شده است. عبارت (ث): عنصر گوگرد در میان هشت عنصر فراوان سیاره مشتری و زمین رتبه ششم را دارد.

۴ ۳ B درصد فراوانی تمامی عنصرهای تشکیل دهنده سیاره زمین کمتر از ۵۰٪ است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): فراوان‌ترین عنصر در سیاره مشتری، هیدروژن و فراوان‌ترین عنصر در سیاره زمین، آهن است. گزینه (۲): هشت عنصر فراوان سیاره مشتری H, He, C, N, O, S, Ar و Ne هستند که تمام آن‌ها عنصرهای نافلزانی‌اند. گزینه (۳): سیاره زمین بیشتر از جنس سنگ و سیاره مشتری بیشتر از جنس گاز است.

۱ ۴ B در میان ۸ عنصر فراوان سازنده سیاره‌های زمین و مشتری، عناصر اکسیژن (O) و گوگرد (S) مشترک هستند؛ عنصر گوگرد در هر دو سیاره از نظر فراوانی در رتبه ششم قرار دارد، هر چند درصد فراوانی آن در سیاره زمین بیشتر از مشتری است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۳): سومین عنصر فراوان در زمین سیلیسیم بوده که یک شبه‌فلز است و سومین عنصر فراوان در مشتری کربن بوده که یک نافلز است. گزینه (۴): درصد فراوانی عنصر Fe در زمین کمتر از ۵۰ درصد و درصد فراوانی هیدروژن در مشتری حدود ۹۰ درصد (بیشتر از ۵۰ درصد) است.

۱ ۵ B در سیاره زمین عناصر نافلز یافت می‌شوند که از فراوان‌ترین آن‌ها می‌توان اکسیژن و گوگرد را نام برد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): اکسیژن و گوگرد هر دو در سیاره‌های زمین و مشتری یافت می‌شوند با این تفاوت که درصد فراوانی این عناصر در سیاره زمین بیشتر است. گزینه (۳): سیاره مشتری یک سیاره گازی و بسیار بزرگ به حساب آمده و هشت عنصر فراوان‌تر در شرایط محیطی این سیاره همگی گاز هستند. گزینه (۴): فراوان‌ترین عنصر در سیاره مشتری، هیدروژن بوده که نزدیک به ۹۰٪ آن را در برمی‌گیرد. در حالی که دومین عنصر فراوان، یعنی هلیوم فراوانی بسیار کمی دارد. اما دو عنصر فراوان سیاره زمین (آهن و اکسیژن)، درصد فراوانی نزدیک به یکدیگر دارند.

۴ ۶ B بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): عنصرها به‌صورت ناهمگون در جهان هستی، توزیع شده‌اند. گزینه (۲): برخی (نه همه!) دانشمندان بر این باورند که سرآغاز کیهان با انفجار مهیب (مهبانگ) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. گزینه (۳): پس از مهبانگ نخستین ذره‌هایی که در آن شرایط پدید آمدند، ذره‌های زیراتمی بودند. گزینه (۴): مقدار انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای بسیار بیشتر از مقدار انرژی مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی است.

۲ ۷ B عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در واکنش‌های انجام شده درون ستاره‌ها، مجموع جرم فراورده‌های تولیدی کمتر از مجموع جرم واکنش دهنده‌ها است؛ زیرا مقداری از جرم واکنش دهنده‌ها به انرژی تبدیل می‌شود. عبارت (ب): سحابی‌ها با گذشت زمان و کاهش دما پس از پدید آمدن عنصرهای هیدروژن و هلیوم تولید شده‌اند و نه بلافاصله پس از مهبانگ! عبارت (پ): سحابی‌ها عامل پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها هستند و از عنصرهای هیدروژن و هلیوم تشکیل شده‌اند. عبارت (ت): به جای A و B به ترتیب می‌توان عنصرهای «هلیوم» و «کربن» قرار داد که به ترتیب دومین و سومین عنصرهای فراوان در سیاره مشتری هستند. عبارت (ث): ستاره‌ها متولد می‌شوند، رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می‌شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شوند.

۲ ۸ C عبارت‌های (الف)، (ب) و (ث) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آخرین تصویری که وویجر (۱) قبل از خروج از سامانه خورشیدی از سیاره زمین گرفت از فاصله ۷ میلیارد کیلومتری بوده است. عبارت (ب): در متن کتاب گفته شده که پس از مهبانگ ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون پدید آمده است، پس می‌توان نتیجه گرفت که ذره‌های زیراتمی دیگری نیز وجود دارد که پس از مهبانگ پدید آمده‌اند. عبارت (پ): انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای به قدری زیاد است که می‌تواند صدها میلیون تن فولاد را ذوب کند. عبارت (ت): درصد فراوانی تمام عنصرهای تشکیل دهنده سیاره زمین کمتر از ۵۰٪ است. عبارت (ث): پس از مهبانگ، ابتدا ذره‌های زیراتمی و سپس هیدروژن و هلیوم ایجاد شدند که با گذشت زمان و کاهش دمای این عناصر، سحابی‌ها ایجاد شدند.

۱ ۹ A بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۲): خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است. این در حالی است که خواص فیزیکی وابسته به جرم اتم‌های یک عنصر به عدد جرمی (A) وابسته است. گزینه (۳): در اتم همه عناصر، به جز ^1_1H ، تعداد نوترون‌ها با تعداد پروتون‌ها برابر یا از آن بیشتر است. ^1_0n فاقد نوترون است. گزینه (۴): در اتمی با عدد اتمی Z ، عدد پروتون و $(A-Z)$ عدد نوترون وجود دارد، پس تفاوت تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها در این عنصر برابر $(A-Z)$ است.

۲ ۱۰ A ابتدا تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها را در یون $^{127}_{53}\text{I}^-$ به دست می‌آوریم:

$$^{127}_{53}\text{I}^-: p=53, e=53+1=54, n=127-53=74 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها} = 74-54=20$$

سپس تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها در گونه‌های داده شده در هر گزینه را محاسبه می‌کنیم:

$$^{86}_{37}\text{Rb}: p=e=37, n=86-37=49 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها} = 49-37=12 \quad \text{گزینه (۱):}$$

$$^{92}_{41}\text{Nb}: p=e=41, n=92-41=51 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها} = 51-41=10 \quad \text{گزینه (۲):}$$

$$^{65}_{30}\text{Zn}: p=e=30, n=65-30=35 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها} = 35-30=5 \quad \text{گزینه (۳):}$$

$$^{112}_{48}\text{Cd}: p=e=48, n=112-48=64 \Rightarrow \text{تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها} = 64-48=16 \quad \text{گزینه (۴):}$$

پس اختلاف تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها در $^{92}_{41}\text{Nb}$ که در گزینه (۲) آمده، نصف این اختلاف در $^{127}_{53}\text{I}^-$ است.

۲ ۱۱ B ابتدا از اطلاعات داده شده، نسبت تعداد پروتون‌ها به الکترون‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{شمار نوترون‌ها}}{\text{شمار الکترون‌ها}} = \frac{y}{5} \Rightarrow n = \frac{y}{5} e \quad (۱), \quad \frac{\text{شمار نوترون‌ها}}{\text{شمار پروتون‌ها}} = \frac{4}{3} \quad (۲) \xrightarrow{(۱),(۲)} n = \frac{4}{3} p \Rightarrow \frac{y}{5} e = \frac{4}{3} p \Rightarrow 21e - 20p = 0$$

از آنجایی که در یون X^{3+} ، شمار پروتون‌ها سه واحد بیشتر از شمار الکترون‌هاست، پس می‌توان این چنین محاسبه کرد:

$$21e - 20p = 0 \xrightarrow{e=p-3} 21(p-3) + 20p = 0 \Rightarrow p = 63$$

همچنین می‌دانیم شمار نوترون‌ها $\frac{4}{3}$ شمار پروتون‌ها است؛ بنابراین تعداد نوترون‌های این یون برابر $84 (\frac{4}{3} \times 63)$ بوده و عدد جرمی که حاصل مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها است، برابر $147 (63+84)$ می‌باشد.

موارد دوم و چهارم، عبارت تست را به درستی کامل می‌کنند. بررسی همه موارد:

مورد اول: ذرات زیراتمی باردار
یعنی الکترون‌ها و پروتون‌ها: $\begin{cases} e = 6 + 7 + 1 = 14 \\ p = 6 + 7 = 13 \end{cases} \Rightarrow 13 + 14 = 27$ **مورد دوم:** مجموع الکترون‌ها و نوترون‌ها: $\begin{cases} e = 7 + 2(8) - 1 = 22 \\ n = 7 + 2(8) = 23 \end{cases} \Rightarrow 22 + 23 = 45$

مورد سوم: ذرات زیراتمی درون هسته یعنی پروتون و نوترون در $\begin{cases} p = 17 + 2(8) = 33 \\ n = 18 + 2(8) = 34 \end{cases} \Rightarrow 33 + 34 = 67$ **مورد چهارم:** در یون PH_4^+ می‌توان نوشت: $\begin{cases} e = 15 + 4(1) - 1 = 18 \\ p = 15 + 4(1) = 19 \\ n = 16 + 4(0) = 16 \end{cases} \Rightarrow 18 + 19 + 16 = 53$ **مورد پنجم:** یون ClO_3^- برابر است با: $\begin{cases} p = 17 + 2(8) = 33 \\ n = 18 + 2(8) = 34 \end{cases} \Rightarrow 33 + 34 = 67$

۲ ۱۳ B

★ **نکته** در سؤالاتی که عدد اتمی و تفاوت شمار پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم داده می‌شود و از شما عدد اتمی را می‌خواهند یا بالعکس، از فرمول زیر استفاده کنید:

$$\text{تفاوت شمار پروتون‌ها با نوترون‌ها} = \text{عدد جرمی} - \text{عدد اتمی}$$

دقت کنید با توجه به این که تقریباً در تمامی اتم‌ها (به جز 1H) رابطه $n \geq p$ برقرار است، پس منظور از اختلاف شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در سؤالات مقدار $(n-p)$ است.

مجموع شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۷۹ و تفاوت آن‌ها برابر ۱۱ است، از این رو: **روش اول (تشریحی):** $n+p=79, n-p=11 \Rightarrow 2n=90 \Rightarrow n=45, p=34$

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها})}{2} = \frac{79 - 11}{2} = \frac{68}{2} = 34$$

روش دوم (تستی):

تعداد نوترون‌ها برابر $45 (79-34)$ است. در نهایت با توجه به دو روش ذکر شده، نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها به تقریب برابر $1\frac{1}{3} (\frac{45}{34})$ است.

۲ ۱۴ B

★ **نکته** در مسائلی که، یک یون با بار الکتریکی و عدد جرمی و تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها داده شده و از شما عدد اتمی خواسته می‌شود یا بالعکس، از فرمول

$$\text{بار یون} + (\text{تفاوت شمار الکترون‌ها با نوترون‌ها}) - \text{عدد جرمی} = \text{عدد اتمی}$$

مقابل استفاده کنید:

ابتدا با توجه به اطلاعات مسئله، عدد اتمی $^{88}A^{2+}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$^{88}A^{2+} \begin{cases} Z+n=88 \\ n-e=14 \end{cases} \xrightarrow{e=Z-2} \begin{cases} Z+n=88 \\ n-Z=12 \end{cases} \Rightarrow Z+(12+Z)=88 \Rightarrow 2Z+12=88 \Rightarrow Z=38$$

روش اول:

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت نوترون‌ها و الکترون‌ها}) + \text{بار یون}}{2} = \frac{88 - 14 + 2}{2} = 38$$

روش دوم:

سپس تعداد ذره‌های زیراتمی موجود در $^{88}A^{2+}$ را محاسبه و نسبت تعداد ذره‌های زیراتمی موجود در هسته (یعنی مجموع نوترون و پروتون یا همان عدد جرمی) به

$$^{88}A^{2+} \begin{cases} p=38 \\ e=38-2=36 \\ n=88-38=50 \end{cases} \Rightarrow \frac{\text{مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها}}{\text{تعداد الکترون‌ها}} = \frac{38+50}{36} = 2\frac{4}{9}$$

تعداد الکترون‌های موجود در این یون را به دست می‌آوریم:

$$\frac{38+50}{36} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{40+50}{36} = \frac{90}{36} = \frac{5}{2} = 2\frac{1}{2}$$

پاسخ باید اندکی کوچک‌تر از $2\frac{1}{2}$ باشد. (پاسخ: $2\frac{4}{9}$)

۳ ۱۵ B نماد همگانی گونه‌ها به صورت $E \begin{smallmatrix} \text{عدد جرمی (A)} \\ \text{عدد اتمی (Z)} \end{smallmatrix}$ است. عدد اتمی عنصر X که نشان‌دهنده تعداد پروتون‌ها است برابر ۲۳ است. اتم این عنصر ۲ الکترون

از دست داده و یون $2+$ ایجاد می‌کند؛ بنابراین یون آن دارای ۲۱ الکترون است. حال تعداد نوترون‌ها و عدد جرمی این یون را به دست می‌آوریم:

$$n - e = 6 \Rightarrow n - 21 = 6 \Rightarrow n = 27$$

$$A = n + p = 27 + 23 = 50$$

از این رو نماد این یون به صورت $^{50}_{23}X^{2+}$ است. مقدار خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$a=23, b=50, n=27 \Rightarrow b - n + a = 50 - 27 + 23 = 46$$

۲ ۱۶ B در یون X^{3+} ، شمار پروتون‌ها سه واحد بیشتر از شمار الکترون‌ها بوده $(e=p-3)$ و تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها در آن برابر $(n-e=7)$ است.

$$n - e = 7, e = p - 3 \Rightarrow n - (p - 3) = 7 \Rightarrow n = p + 4$$

از این رو شمار نوترون‌ها، ۴ واحد بیشتر از شمار پروتون‌هاست.

همچنین مجموع ذره‌های زیراتمی این یون، برابر ۷۹ است؛ پس خواهیم داشت:

$$n + p + e = 79, n = p + 4, e = p - 3 \Rightarrow (p + 4) + p + (p - 3) = 79 \Rightarrow 3p = 78 \Rightarrow p = 26$$

در این یون، شمار پروتون‌ها و الکترون‌ها به ترتیب برابر ۲۶ و ۲۳ بوده و در نتیجه مجموع شمار ذره‌های باردار این یون، یعنی الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر $49 (26+23)$ است.

در یون ${}^{14}_7\text{N}^{3-}$ ، شمار ذره‌های باردار موجود در هسته یا همان پروتون‌ها برابر ۷ است؛ پس تفاوت مجموع ذره‌های باردار یون X^{3+} و شمار ذره‌های باردار موجود در هسته یون N^{3-} برابر $42 - (49 - 7)$ است.

C ۱۷ ۳

★ نکته اگر در حل مسائل مربوط به ذرات زیراتمی در یک سؤال به یک آنیون برخوردید، حواستان باشد که عبارت «اختلاف شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها» لزوماً به معنای $(n-e)$ نیست و ممکن است منظور $(e-n)$ باشد. برای تشخیص اینکه چه مواقعی عبارت «اختلاف شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها» را معادل $(n-e)$ و چه زمانی معادل $(e-n)$ در نظر بگیرید به دو نکته توجه کنید: ۱- اگر تفاوت n و e بزرگ‌تر از قدرمطلق بار آنیون بود، عبارت داده شده معادل $(n-e)$ است. مثال ${}^{35}_{15}\text{X}^{-}$ ۲- اگر تفاوت n و e کوچک‌تر یا مساوی قدرمطلق بار آنیون بود، مسئله را یکبار با عبارت $(e-n)$ و یک بار با عبارت $(n-e)$ در نظر بگیرید. مثال ${}^{31}_{15}\text{D}^{3-}$ یا ${}^{16}_8\text{E}^{2-}$

اختلاف الکترون و نوترون برابر ۲ است؛ اما چون این ذره یک آنیون با بار الکتريکی $(2-)$ می‌باشد، نمی‌توان با قاطعیت گفت تعداد الکترون یا نوترون بیشتر است. یک بار با $n-e=2$ و یک بار با $e-n=2$ ، عدد اتمی را به دست می‌آوریم.

$$\left\{ \begin{array}{l} n-e=2 \\ e=p+2 \end{array} \Rightarrow n-(p+2)=2 \Rightarrow n-p=4 \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n=18 \\ p=14 \end{array} \Rightarrow {}_{14}^{18}\text{Si} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} e-n=2 \\ e=p+2 \end{array} \Rightarrow (p+3)-n=2 \Rightarrow n-p=0 \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n=16 \\ p=16 \end{array} \Rightarrow {}_{16}^{16}\text{S} \right.$$

$$A=32 \Rightarrow n+p=32$$

اکنون مجموع ذره‌های باردار را در یون‌های ${}_{14}^{18}\text{Si}^{2-}$ و ${}_{16}^{16}\text{S}^{2-}$ محاسبه می‌کنیم:

$${}_{14}^{18}\text{Si}^{2-}: p=14, e=16 \Rightarrow \text{مجموع} = 14+16=30$$

$${}_{16}^{16}\text{S}^{2-}: p=16, e=18 \Rightarrow \text{مجموع} = 16+18=34$$

C ۱۸ ۴ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست می‌باشند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در یون X^{8-} ، مجموع شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۸۰ و اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۱۰ است، پس خواهیم داشت:

$$n+p=80, n-p=10 \Rightarrow 2n=90 \Rightarrow n=45, p=35$$

از آنجایی که در این یون (X^{-}) ، تعداد الکترون‌ها یک واحد بیشتر از تعداد پروتون‌ها است، پس این یون دارای ۳۶ الکترون بوده و تفاوت نوترون‌ها و الکترون‌های آن برابر ۹ می‌باشد.

عبارت (ب): در یون ${}^{207}_{82}\text{M}^{4+}$ ، مجموع شمار نوترون‌ها و شمار پروتون‌ها برابر ۲۰۷ و تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۴۷ است، پس خواهیم داشت:

$$\left\{ \begin{array}{l} n+p=207 \\ n-e=47 \end{array} \xrightarrow{e=p-4} \left\{ \begin{array}{l} n+p=207 \\ n-(p-4)=47 \end{array} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n+p=207 \\ n-p=43 \end{array} \Rightarrow p=82 \right. \right.$$

پس شمار الکترون‌ها در یون X^{4+} برابر $78 - (82 - 4)$ است. عبارت (پ): در یون ${}^{59}_{27}\text{Z}^{2+}$ ، مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها برابر ۵۹ و تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها

برابر ۵ است، پس تعداد ذره‌های بدون بار، یعنی نوترون‌ها در Z^{2+} برابر است با:

$$\text{Z}^{2+} \left\{ \begin{array}{l} n+p=59 \\ n-e=5 \end{array} \xrightarrow{e=p-2} \left\{ \begin{array}{l} n+p=59 \\ n-(p-2)=5 \end{array} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n+p=59 \\ n-p=3 \end{array} \Rightarrow n=31 \right. \right.$$

عبارت (ت): در یون ${}^{200}_{82}\text{A}^{2+}$ ، مجموع شمار نوترون‌ها با شمار پروتون‌ها برابر ۲۰۰ بوده و شمار نوترون‌ها، $\frac{3}{4}$ برابر شمار پروتون‌هاست، همچنین شمار پروتون‌ها دو

واحد بیشتر از شمار الکترون‌هاست، پس خواهیم داشت:

$$n+p=200, n=\frac{3}{4}p \Rightarrow \frac{3}{4}p+p=200 \Rightarrow p=80$$

شمار الکترون‌ها در اتم A با شمار پروتون‌های آن مساوی و برابر ۸۰ است.

A ۱۹ ۳ خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است، از این‌رو خواص شیمیایی ایزوتوپ‌های یک عنصر مشابه است.

A ۲۰ ۳ موارد چهارم و پنجم، جمله را به درستی کامل می‌کنند. ایزوتوپ‌های یک عنصر از نظر تعداد پروتون‌ها، عدد اتمی، تعداد الکترون‌ها، خواص شیمیایی و مکان قرارگیری در جدول تناوبی مشابه یکدیگرند ولی از نظر تعداد نوترون‌ها، خواص فیزیکی وابسته به جرم، درصد فراوانی در طبیعت و پایداری هسته با یکدیگر تفاوت دارند.

B ۲۱ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ایزوتوپ ${}^6_3\text{Li}$ ، نسبت تعداد نوترون‌ها به تعداد پروتون‌ها برابر یک است ولی

در ایزوتوپ ${}^7_3\text{Li}$ ، نسبت تعداد نوترون‌ها به تعداد پروتون‌ها $\frac{4}{3}$ بوده و بزرگ‌تر از واحد است. درصد فراوانی ایزوتوپ ${}^7_3\text{Li}$ برابر 94% است، پس درصد فراوانی ایزوتوپ ${}^6_3\text{Li}$ برابر 6% است.

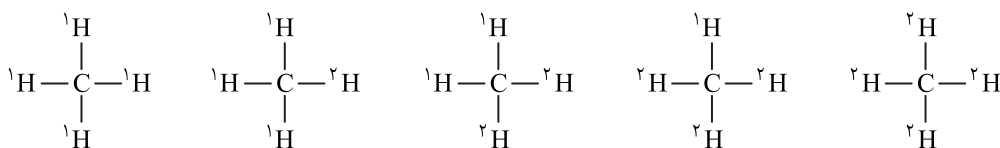
عبارت (ب): با توجه به توضیحات قسمت (الف)، درصد فراوانی ایزوتوپ ${}^7_3\text{Li}$ برابر 94% است، پس درصد فراوانی ایزوتوپ ${}^6_3\text{Li}$ برابر 6% است.

$$\frac{\text{درصد فراوانی } {}^7_3\text{Li}}{\text{درصد فراوانی } {}^6_3\text{Li}} = \frac{94}{6} \approx 15.7$$

عبارت (پ): ایزوتوپ‌های یک عنصر از نظر خواص شیمیایی و در نتیجه میزان تمایل برای از دست دادن الکترون کاملاً مشابه هستند. در نمونه طبیعی از ایزوتوپ‌های یک عنصر، بیشتر بودن فراوانی یک ایزوتوپ، نشان‌دهنده پایداری بیشتر هسته آن ایزوتوپ است. با توجه به توضیحات ارائه شده و شکل صورت تست، هسته ایزوتوپ سنگین‌تر لیتیم، یعنی ${}^7_3\text{Li}$ که فراوانی بیشتری دارد، پایدارتر است. عبارت (ت): در نمونه ${}^{50}_{27}\text{Co}$ اتمی نشان داده شده در صورت تست، ۳ ایزوتوپ ${}^{50}_{27}\text{Co}$ وجود دارد که هر یک دارای ۳ نوترون است. به علاوه در این نمونه ۴۷

ایزوتوپ ${}^{50}_{27}\text{Co}$ وجود دارد که هر یک دارای ۴ نوترون هستند، پس مجموع تعداد نوترون‌ها در چنین نمونه‌ای برابر است با: $197 = (3 \times 3) + (47 \times 4)$ تعداد کل نوترون‌ها

قسمت اول: ابتدا انواع مولکول‌های متان با ایزوتوپ ^{12}C و ایزوتوپ‌های ^1H و ^2H را در نظر می‌گیریم:



پس معادل با همین تعداد، مولکول‌هایی با ایزوتوپ ^{13}C و ایزوتوپ‌های ^1H و ^2H وجود دارد و با این ایزوتوپ‌ها مجموعاً ده نوع مولکول متان می‌توان ایجاد نمود.

قسمت دوم:

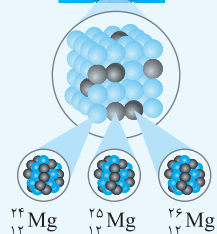
★ نکته: در این تیپ سؤالات، اگر عدد جرمی ایزوتوپ‌های همهٔ عناصر داده شده به صورت متوالی (مثل A^{12} ، A^{13} و A^{14}) بود، برای تعیین شمار مولکول‌های با جرم مولکولی متفاوت، می‌توان از فرمول مقابل استفاده نمود: $1 + (\text{سبک ترین جرم مولکولی}) - (\text{سنگین ترین جرم مولکولی}) = \text{تعداد مولکول‌ها با جرم متفاوت}$ ابتدا جرم مولکولی سنگین‌ترین و سبک‌ترین مولکول‌ها را محاسبه می‌کنیم:



شمار مولکول‌های متان با جرم متفاوت برابر $6 (21 - 16 + 1)$ است.

۲۳ ۴ A) اغلب (نه همه!) هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بزرگ‌تر از $1/5$ باشد، ناپایدار هستند. برای نمونه ^{195}Pt ، دارای ۷۸ پروتون و ۱۱۷ نوترون بوده و نسبت $\frac{n}{p}$ آن برابر $1/5$ ($\frac{117}{78}$) است ولی هستهٔ پایدار دارد. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۲):** به دلیل تلاشی شدن هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار در یک نمونهٔ طبیعی، کمترین درصد فراوانی مربوط به ناپایدارترین ایزوتوپ و بیشترین درصد فراوانی مربوط به پایدارترین ایزوتوپ است. **گزینه (۳):** هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار ماندگار نیستند و اغلب بر اثر تلاشی هستهٔ آن‌ها، ذره‌های پراثری و مقادیر زیادی انرژی آزاد می‌شود.

۲۴ ۴ B) ناپایدارترین ایزوتوپ منیزیم، ^{24}Mg و پایدارترین ایزوتوپ لیتیم، ^7Li است که در هر دوی آن‌ها، شمار نوترون‌ها یکی از شمار پروتون‌ها بیشتر است.



★ نکته: در ارتباط با ایزوتوپ‌های طبیعی منیزیم به نکات زیر توجه کنید:

۱- شکل روبه‌رو، نمایشی از ایزوتوپ‌های منیزیم در یک نمونهٔ طبیعی از آن است. ۲- در یک نمونهٔ طبیعی از عنصر منیزیم، سه ایزوتوپ وجود دارد. ۳- مقایسهٔ درصد فراوانی و پایداری ایزوتوپ‌ها در نمونهٔ طبیعی منیزیم به صورت زیر می‌باشد.

$$^{24}\text{Mg}(\%78/70) > ^{26}\text{Mg}(\%11/17) > ^{25}\text{Mg}(\%10/13)$$

$$^{24}\text{Mg} > ^{26}\text{Mg} > ^{25}\text{Mg} \quad \text{مقایسهٔ پایداری}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان تلاشی می‌شود. این ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پراثری، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند. اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش از $1/5$ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان تلاشی می‌شوند. بنابراین در این هسته‌ها رابطهٔ $\frac{\text{شمار پروتون‌ها}}{\text{شمار نوترون‌ها}} \leq \frac{2}{3}$ برقرار است. **گزینه (۲):** در روند تشکیل عنصرها، عنصرهای سنگین‌تر مثل آهن و طلا از

$$\frac{n}{p} \geq 1/5 \Rightarrow \frac{n}{p+e} = \frac{n}{2p} \geq 0/75$$

عنصرهای سبک مانند لیتیم و کربن ایجاد می‌شوند. **گزینه (۳):** در اغلب رادیوایزوتوپ‌ها داریم:

اما دقت کنید که در بعضی رادیو ایزوتوپ‌ها مانند ^{99}Tc این رابطه برقرار نیست.

۲۵ ۱ C) اگر به هستهٔ عنصر $^{40}_{18}\text{X}$ ، دو پروتون اضافه کنیم، به $^{42}_{20}\text{T}^{2+}$ تبدیل می‌شود که دارای ۲۲ نوترون، ۲۰ پروتون و ۱۸ الکترون است و مجموع ذرات زیراتمی

آن برابر با ۶۰ خواهد بود. عنصر $^{2a+3}_a\text{E}$ نیز دارای a پروتون، a الکترون و $a+3$ نوترون است:

$$^{2a+3}_a\text{E}: \text{تعداد پروتون‌ها} = a, \text{تعداد الکترون‌ها} = a, \text{تعداد نوترون‌ها} = (2a+3) - a = a+3$$

پس در عنصر $^{2a+3}_a\text{E}$ ، در مجموع $3a+3$ ذرهٔ زیراتمی وجود دارد؛ پس a برابر است با:

بنابراین $^{41}_{19}\text{E}$ با $^{39}_{19}\text{B}$ ایزوتوپ (هم‌مکان) است؛ چون عدد اتمی یکسان اما عدد جرمی متفاوتی دارند. توجه داشته باشید که $^{41}_{19}\text{E}$ همان $^{41}_{19}\text{F}$ است؛ زیرا تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هر دو ذره یکسان می‌باشد.

۲۶ ۱ C) اگر $^{6x-1}_{3x-2}\text{B}$ ایزوتوپ یکدیگر باشند، عدد اتمی این دو اتم با یکدیگر برابر است، پس خواهیم داشت:

$$3x-2=4y+2 \Rightarrow 3x-4y=4 \quad (I)$$

با توجه به اینکه تعداد نوترون‌ها در اتم A یک واحد بیشتر از شمار نوترون‌ها در اتم B است، خواهیم داشت:

$$\left. \begin{aligned} A \text{ اتم} &= \text{تعداد نوترون‌های اتم} = \text{عدد جرمی} - \text{عدد اتمی} = (6x-1) - (4y+2) = 6x-4y-3 \\ B \text{ اتم} &= \text{تعداد نوترون‌های اتم} = \text{عدد جرمی} - \text{عدد اتمی} = (9y+1) - (3x-2) = 9y-3x+3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow (6x-4y-3) = (9y-3x+3) + 1 \Rightarrow \boxed{9x-13y=7} \quad (II)$$

$$\begin{cases} 3x-4y=4 \\ 9x-13y=7 \end{cases} \xrightarrow[\text{دو معادله - دو مجهول}]{\text{حل دستگاه}} x=8, y=5$$

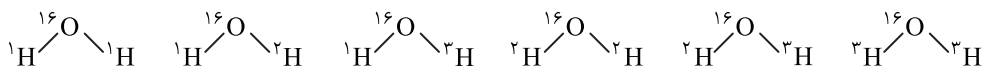
اکنون با توجه به معادله‌های (I) و (II)، مقدار x و y را محاسبه می‌کنیم:

پس حاصل نسبت $\frac{x}{y}$ برابر $\frac{8}{5}$ یا $\frac{1}{6}$ است.

۲۷ ۴ B عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** دو فضاییما به نام‌های وویجر ۱ و ۲ برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامه فیزیکی و شیمیایی آن‌ها را تهیه و ارسال کنند. **عبارت (ب):** زمین، یک سیاره سنگی و مشتری یک سیاره گازی است. سیاره مشتری برخلاف زمین فقط از عناصر نافلز تشکیل شده است. **عبارت (پ):** این دو اتم دارای عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت هستند؛ بنابراین ایزوتوپ یکدیگر هستند. ایزوتوپ‌ها همگی خواص شیمیایی (مثل واکنش‌پذیری) یکسانی دارند، در حالی که در خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند. **عبارت (ت):** هر چه درصد فراوانی یک ایزوتوپ در طبیعت بیشتر باشد، پایدارتر خواهد بود؛ از این رو چون ${}^7\text{Li}$ نسبت به ${}^6\text{Li}$ فراوانی بیشتری دارد، پایدارتر است.

*** توجه:** در میان ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر، هر چه درصد فراوانی یک ایزوتوپ بیشتر باشد، پایداری هسته آن ایزوتوپ بیشتر است.

۲۸ ۴ B **قسمت اول:** ابتدا انواع مولکول‌های آب را با ایزوتوپ‌های هیدروژن (${}^1\text{H}$ ، ${}^2\text{H}$ و ${}^3\text{H}$) و ایزوتوپ ${}^{16}\text{O}$ در نظر می‌گیریم:



پس معادل با همین تعداد، مولکول‌هایی با ایزوتوپ‌های هیدروژن (${}^1\text{H}$ ، ${}^2\text{H}$ و ${}^3\text{H}$) و ایزوتوپ ${}^{17}\text{O}$ داریم، یعنی با این ایزوتوپ‌ها مجموعاً ۱۲ نوع مولکول H_2O می‌توان داشت.

قسمت دوم: با توجه به پرسش، ایزوتوپ ${}^3\text{H}$ و ایزوتوپ ${}^{17}\text{O}$ پایداری و فراوانی کمتری دارند. از این رو ناپایدارترین مولکول در این شرایط، ${}^3\text{H}-{}^{17}\text{O}-{}^3\text{H}$ می‌باشد. از آنجایی که شمار نوترون‌ها در ${}^{17}\text{O}$ برابر ۹ بوده و در ${}^3\text{H}$ برابر ۲ می‌باشد، پس مجموع نوترون‌ها در ناپایدارترین مولکول آب برابر ۱۳ است.

۲۹ ۱ C عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست هستند. از آنجایی که شمار الکترون‌های یون‌های X^+ و Y^- با یکدیگر برابر بوده و عدد جرمی X ، ۴ واحد بیشتر از Y است، پس تعداد پروتون‌های اتم X ، دو واحد بیشتر از تعداد پروتون‌های اتم Y می‌باشد، و تعداد نوترون‌های X نیز دو واحد از تعداد نوترون‌های Y بیشتر است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** همان‌طور که در بالا گفته شد، تفاوت تعداد نوترون‌ها برابر ۲ است. **عبارت دوم:** این دو عنصر عدد اتمی و عدد جرمی متفاوتی دارند و ایزوتوپ یکدیگر نیستند و در خواص شیمیایی و فیزیکی با یکدیگر تفاوت دارند. **عبارت سوم:** همان‌طور که گفته شد، تعداد پروتون‌ها در هسته اتم X ، دو واحد بیشتر از اتم Y است؛ از این رو عدد اتمی Y ، دو واحد کمتر از عدد اتمی X می‌باشد. **عبارت چهارم:** اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن برابر یا بیش از $1/5$ باشد ناپایدارتر هستند، نسبت $\frac{n}{p}$ در هیچ کدام از این عناصر مشخص نیست!

۳۰ ۲ C عبارت‌های اول و سوم درست هستند. با توجه به بار یون M^{2+} ، شمار پروتون‌ها دو واحد بیشتر از شمار الکترون‌هاست؛ از این رو با توجه به داده‌های مسئله

$$\left\{ \begin{aligned} n+p &= 25 \\ n-e &= 3 \end{aligned} \right. \xrightarrow{e=p-2} \left\{ \begin{aligned} n+p &= 25 \\ n-(p-2) &= 3 \end{aligned} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} n+p &= 25 \\ n-p &= 1 \end{aligned} \right. \Rightarrow p=12, n=13$$

می‌توان شمار ذرات زیراتمی M را حساب کرد: **روش اول (تشریحی):**

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها})}{2} = \frac{25 - (3) + 2}{2} = 12 \Rightarrow n = A - Z = 25 - 12 = 13$$

روش دوم (تستی):

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: عنصر M همان منیزیم بوده و ۳ ایزوتوپ پایدار دارد. (${}^{24}\text{Mg}$ ، ${}^{25}\text{Mg}$ ، ${}^{26}\text{Mg}$) **عبارت دوم:** در هسته اتم ${}^{26}\text{Mg}$ ، چهارده نوترون وجود دارد اما ناپایدارترین ایزوتوپ نیست.

عبارت سوم: منیزیم چهارمین عنصر فراوان در سیاره زمین است. **عبارت چهارم:** در ایزوتوپ‌های منیزیم با افزایش عدد جرمی، پایداری و درصد فراوانی کاهش نمی‌یابد.

${}^{24}\text{Mg} > {}^{26}\text{Mg} > {}^{25}\text{Mg}$: مقایسه پایداری و درصد جرمی

۳۱ ۱ B **روش اول:** با توجه به جدول مقابل، جرم هسته‌های متلاشی شده را به دست می‌آوریم:

بنابراین پس از گذشت ۳۲ ساعت $33/75$ ($36-2/25$) گرم از رادیوایزوتوپ متلاشی

می‌شود و با توجه به جدول، پس از گذشت ۱۶ ساعت، ۹ گرم از آن باقی می‌ماند. **روش دوم:**

جرم هسته‌های متلاشی شده پس از ۳۲ ساعت برابر است با:

$$m_0 - m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n = 36 - 36 \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 33/75 \text{ g}$$

جرم هسته‌های باقی‌مانده پس از ۱۶ ساعت برابر است با:

$$t=16\text{h} \Rightarrow n = \frac{t}{T} = \frac{16}{8} = 2$$

$$m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = 36 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 9 \text{ g}$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = \frac{42}{14} = 3$$

ابتدا مقدار هسته‌های متلاشی شده پس از ۴۲ روز را محاسبه می‌کنیم:

$$m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{7}{8} m_0$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = \frac{70}{14} = 5$$

حال مقدار جرم هسته‌های متلاشی شده پس از ۷۰ روز را به دست می‌آوریم:

$$m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{31}{32} m_0$$

$$\frac{31}{32} m_0 - \frac{7}{8} m_0 = 13/5 \Rightarrow \frac{3}{32} m_0 = 13/5 \Rightarrow m_0 = \frac{32 \times 13/5}{3} = 144 \text{ g}$$

طبق داده مسئله داریم:

$$\frac{32 \times 13/5}{3} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{32 \times 13}{3} = 143$$

+ توضیح محاسبات پاسخ به ۱۴۳ نزدیک است. (پاسخ: ۱۴۴)

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = \frac{15}{3} = 5$$

جرم اولیه هر دو عنصر را m_0 در نظر می‌گیریم. برای محاسبه جرم متلاشی شده عنصر M داریم:

$$m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = m_0 - m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{31}{32} m_0$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = \frac{15}{5} = 3, \quad m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n = m_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8} m_0$$

برای محاسبه جرم باقی‌مانده عنصر N داریم:

$$\frac{\frac{31}{32} m_0}{\frac{1}{8} m_0} = \frac{31 \times 8}{32} = 7/5$$

نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{31 \times 8}{32} = ? \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{32 \times 8}{32} = 8$$

+ توضیح محاسبات پاسخ اندکی از ۸ کوچک‌تر است. (پاسخ: ۷/۷۵)

$$\frac{12/5}{100} A = 48 \Rightarrow A = 384 \text{ g}$$

۱ ۳۴ B مطابق نمودار بعد از گذشت ۹ روز، ۴۸ گرم از عنصر باقی‌مانده است. برای محاسبه جرم اولیه (A) داریم:

$$m = A \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow 48 = 384 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 3$$

با توجه به رابطه جرم باقی‌مانده، تعداد نیم عمر (n) را حساب می‌کنیم:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow T = \frac{9}{3} = 3 \text{ روز}$$

با توجه به اینکه در ۹ روز ۳ نیم عمر اتفاق افتاده، پس مدت زمان هر نیم عمر (T) برابر است با:

$$m = A \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow 1/5 = 384 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 8$$

حال برای محاسبه B داریم:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow B = t = nT = 8 \times 3 = 24 \text{ روز}$$

با توجه به تعداد نیم عمر (n)، مقدار B برابر است با:

۳ ۳۵ B موارد اول و دوم برای تکمیل جمله داده شده مناسب هستند. بررسی موارد نادرست: مورد سوم: خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی آن وابسته است:

بنابراین ایزوتوپ‌های هیدروژن همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند.

* توجه ایزوتوپ‌ها در خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی یا یکدیگر تفاوت دارند.

مورد چهارم: بیشترین نیم عمر در میان ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن مربوط به ایزوتوپ ^5H است. $^5\text{H} > ^4\text{H} > ^3\text{H} > ^2\text{H} > ^1\text{H}$: مقایسه نیم عمر ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن

★ نکته هیدروژن دارای ۷ ایزوتوپ است:

نماد ایزوتوپ	^1H	^2H	^3H	^4H	^5H	^6H	^7H
ویژگی ایزوتوپ	پایدار	پایدار	سال ۱۲/۳۲	$10^{-22} \times 1/4$ ثانیه	$10^{-22} \times 9/1$ ثانیه	$10^{-22} \times 2/9$ ثانیه	$10^{-22} \times 2/3$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

۱- این عنصر ۳ ایزوتوپ طبیعی و ۴ ایزوتوپ ساختگی دارد که درصد فراوانی آن‌ها صفر است.

۲- با افزایش شمار نوترون‌ها، پایداری ایزوتوپ‌های هیدروژن همواره کاهش نمی‌یابد:

۳- با توجه به جدول، عنصر هیدروژن، ۴ ایزوتوپ ساختگی (^4H ، ^5H ، ^6H و ^7H)، ۵ رادیوایزوتوپ (^3H ، ^4H ، ^5H و ^6H) و ۲ ایزوتوپ پایدار (^1H و ^2H) دارد.

و ۳ ایزوتوپ طبیعی (^1H ، ^2H و ^3H) دارد.

۴- ویژگی‌های انحصاری ایزوتوپ‌ها (ترین‌ها): ^1H : الف) پایدارترین (ب) سبک‌ترین (پ) فراوان‌ترین (ت) تنها ایزوتوپ فاقد نوترون ^2H : الف) سنگین‌ترین ایزوتوپ پایدار (ب) تنها

ایزوتوبی که از ذرات زیراتمی یک عدد دارد (پ) نخستین و سبک‌ترین ایزوتوپ دارای نوترون ^3H : الف) سبک‌ترین رادیوایزوتوپ هیدروژن (ب) سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی

هیدروژن (پ) فراوان‌ترین رادیوایزوتوپ هیدروژن (ت) تنها رادیوایزوتوپ هیدروژن با نیم عمر بیش از ۱ ثانیه ^4H : الف) نخستین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن ^5H : ب) پایدارترین

ایزوتوپ (یا رادیوایزوتوپ) ساختگی هیدروژن ^6H - ^7H : الف) سنگین‌ترین ایزوتوپ (یا رادیوایزوتوپ) هیدروژن (ب) ناپایدارترین ایزوتوپ (یا رادیوایزوتوپ) هیدروژن

B ۳۶ ۳ در یک نمونه طبیعی عنصر هیدروژن، ۳ ایزوتوپ وجود دارد که ترتیب درصد فراوانی در طبیعت و نیم عمر آنها به صورت ${}^1\text{H} < {}^2\text{H} < {}^3\text{H}$ است. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** ${}^4\text{H}$ ناپایدارترین ایزوتوپ ساختگی عنصر هیدروژن بوده که هسته اتم آن شامل شش نوترون و یک پروتون است که نسبت شمار نوترون‌ها به شمار پروتون‌ها در آن برابر ۶ است. از سوی دیگر ${}^2\text{H}$ ، ناپایدارترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن است که دو نوترون و یک پروتون دارد و نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌ها در اتم آن برابر ۲ می‌باشد، از این رو این نسبت در ایزوتوپ ${}^4\text{H}$ سه برابر ایزوتوپ ${}^2\text{H}$ می‌باشد. **گزینه (۲):** مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در یک اتم همان عدد جرمی است که در عنصر هیدروژن ایزوتوپ‌هایی با عدد جرمی بزرگ‌تر از ۳ ساختگی هستند. (${}^4\text{H}$ ، ${}^5\text{H}$ ، ${}^6\text{H}$ و ${}^7\text{H}$) **گزینه (۴):** در میان ایزوتوپ‌های هیدروژن، ایزوتوپ‌های ${}^3\text{H}$ ، ${}^4\text{H}$ ، ${}^5\text{H}$ و ${}^6\text{H}$ پرتوزا بوده و رادیو ایزوتوپ هستند. در این میان تنها ایزوتوپ ${}^3\text{H}$ طبیعی و سایر ایزوتوپ‌ها ساختگی هستند. **B ۳۷ ۲** عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** پایدارترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن، ${}^5\text{H}$ است که دارای ۱ پروتون، ۱ الکترون و ۴ نوترون است. **عبارت (ب):** هیدروژن دارای ۵ رادیوایزوتوپ و ۴ ایزوتوپ ساختگی است.

*** توجه** همه رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن ساختگی نیستند. ایزوتوپ ${}^3\text{H}$ ، تنها رادیوایزوتوپ طبیعی عنصر هیدروژن است. **عبارت (ب):** ایزوتوپ ${}^3\text{H}$ ناپایدارترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن است که ۱ پروتون، ۱ الکترون و ۲ نوترون دارد. **عبارت (ت):** در رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن، یعنی ${}^3\text{H}$ ، ${}^4\text{H}$ ، ${}^5\text{H}$ ، ${}^6\text{H}$ و ${}^7\text{H}$ ، نسبت $\frac{p}{n} \leq \frac{1}{2}$ است. نیم عمر همه این رادیوایزوتوپ‌ها به جز ${}^3\text{H}$ کمتر از یک ثانیه است. نیم عمر ${}^3\text{H}$ برابر ۱۲/۳۲ سال است.

B ۳۸ ۳ اغلب (نه همه!) هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** مقایسه نیم عمر ایزوتوپ‌های پرتوزای عنصر هیدروژن به صورت مقابل است:

گزینه (۲): ایزوتوپ ${}^7\text{H}$ ناپایدارترین ایزوتوپ هیدروژن است که در هسته آن ۱ پروتون و ۶ نوترون وجود دارد. **گزینه (۴):** یک نمونه طبیعی از هیدروژن، شامل سه ایزوتوپ ${}^1\text{H}$ ، ${}^2\text{H}$ و ${}^3\text{H}$ است که در بین آن‌ها هسته ایزوتوپ ${}^3\text{H}$ ناپایدار و پرتوزا است.

*** توجه** تنها ایزوتوپ طبیعی و پرتوزای هیدروژن ${}^3\text{H}$ است. نیم عمر این رادیوایزوتوپ حدود ۱۲ سال است. **C ۳۹ ۳** عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** هیدروژن ۵ رادیوایزوتوپ دارد. نمونه طبیعی منیزیم مخلوطی از سه ایزوتوپ ${}^{24}\text{Mg}$ ، ${}^{25}\text{Mg}$ و ${}^{26}\text{Mg}$ و نمونه طبیعی لیتیم شامل دو ایزوتوپ ${}^6\text{Li}$ و ${}^7\text{Li}$ است. **عبارت (ب):** ایزوتوپ‌های ${}^3\text{H}$ ، ${}^4\text{H}$ ، ${}^5\text{H}$ ، ${}^6\text{H}$ و ${}^7\text{H}$ همگی بیش از یک نوترون دارند و پرتوزا هستند. **عبارت (پ):** ایزوتوپ ${}^4\text{H}$ سبک‌ترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن و ایزوتوپ ${}^6\text{Li}$ ایزوتوپ سبک‌تر لیتیم است. هر دو ایزوتوپ دارای ۳ نوترون در هسته خود هستند. **عبارت (ت):** نیم عمر ایزوتوپ ${}^5\text{H}$ بیشتر از نیم عمر ایزوتوپ ${}^4\text{H}$ است. پس هسته ایزوتوپ ${}^5\text{H}$ پایدارتر است. **عبارت (ث):** ناپایدارترین ایزوتوپ منیزیم ${}^{26}\text{Mg}$ و ناپایدارترین ایزوتوپ هیدروژن ${}^7\text{H}$ است. شمار نوترون‌ها در ${}^{26}\text{Mg}$ برابر ۱۳ (۱۲-۲۵) و عدد جرمی ${}^7\text{H}$ برابر ۷ است.

C ۴۰ ۱ اتم ${}^3\text{H}$ سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن بوده و شمار نوترون‌های آن برابر ۲ است، پس در یون A^{2+} ، تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۱۴ (۲×۷) است. همچنین در میان ایزوتوپ‌های ساختگی هیدروژن، ${}^5\text{H}$ بیشترین نیم عمر را دارد و حاوی ۴ نوترون است، پس مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها در A^{2+} برابر ۹۶ (۴×۲۴) است، پس خواهیم داشت:

$$\text{روش اول (تشریحی):} \quad \text{A}^{2+} \left\{ \begin{array}{l} n+p=96 \\ n-e=14 \end{array} \right. \xrightarrow{e=p-2} \left\{ \begin{array}{l} n+p=96 \\ n-(p-2)=14 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n+p=96 \\ n-p=12 \end{array} \right. \Rightarrow p=42$$

$$\text{روش دوم (تستی):} \quad Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها})}{2} = \frac{96 - (14) + 2}{2} = 42$$

A ۴۱ ۳ اورانیم شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزاست. تکنسیم نخستین عنصر ساخت بشر می‌باشد. **A ۴۲ ۲** رادیوایزوتوپ سفور و تکنسیم تنها برخی از رادیوایزوتوپ‌های تولیدشده در کشور ما، ایران هستند.

B ۴۳ ۴ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. تکنسیم (${}^{99}\text{Tc}$) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شد. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** از تکنسیم برای تشخیص بیماری‌های غده تیروئید استفاده می‌شود و کاربردی در درمان آن ندارد. **عبارت (ب):** همه تکنسیم موجود در جهان باید به‌طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. **عبارت (پ):** یون پدید با یونی که حاوی ${}^{99}\text{Tc}$ است (نه یون تکنسیم!) اندازه مشابهی دارد. **عبارت (ت):** نیم عمر تکنسیم کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از آن را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد. **عبارت (ث):** شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها در تکنسیم (${}^{99}\text{Tc}$) به ترتیب برابر ۴۳ و ۵۶ (۴۳-۹۹) بوده و نسبت $\frac{n}{p}$ در آن کوچک‌تر از ۱/۵ است؛ ولی این عنصر پرتوزا بوده و یک رادیوایزوتوپ به‌شمار می‌آید.

B ۴۴ ۴ دانشمندان هسته‌ای ایران با تلاش بسیار موفق شدند مقدار ایزوتوپ ${}^{235}\text{U}$ را در مخلوط ایزوتوپ‌های اورانیم افزایش دهند. به این فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی گفته می‌شود. فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** نخستین فلز پرتوزایی که بشر در راکتور هسته‌ای تولید کرد، تکنسیم بود. **گزینه (۲):** فراوانی ایزوتوپ ${}^{235}\text{U}$ در مخلوط طبیعی آن، از ۷/۰ درصد کمتر است. **گزینه (۳):** پسماند راکتورهای اتمی خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است، از این رو دفع آن‌ها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به‌شمار می‌آید.

B ۴۵ ۲ **بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف):** از میان ۱۱۸ عنصر شناخته شده، ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود و ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است، پس اختلاف شمار عنصرهای ساختگی و طبیعی برابر ۶۶ (۲۶-۹۲) می‌باشد. **پرسش (ب):** تکنسیم (${}^{99}\text{Tc}$) در هسته خود دارای ۴۳ پروتون و ۵۶ (۴۳-۹۹) نوترون است.

پرسش (پ): فراوانی ایزوتوپ ^{235}U در نمونه طبیعی اورانیم کمتر از ۷٪ درصد است. اگر فراوانی این ایزوتوپ را به تقریب ۷٪ در نظر بگیریم. خواهیم داشت:

$$7 = \text{تعداد ایزوتوپ های } ^{235}\text{U} \times 100 \Rightarrow 7 = \frac{\text{تعداد ایزوتوپ های } ^{235}\text{U}}{\text{تعداد کل ایزوتوپ ها}} \times 100 \Rightarrow \frac{\text{تعداد ایزوتوپ های } ^{235}\text{U}}{\text{تعداد کل ایزوتوپ ها}} = 7\%$$

پرسش (ت): یون یدید با یونی که حاوی ^{99}Tc است، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یون یدید، این یون را نیز جذب می کند.

۴۶ ۲ (A) عبارت های (ب)، (پ) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** A یک توده سرطانی و متشکل از یاخته هایی است که به دلیل رشد و تقسیم سریع و غیرعادی، میزان جذب گلوکز بالایی دارد. **عبارت (ب):** شکل سؤال مربوط به فرایند استفاده از رادیوایزوتوپ ها برای تشخیص نوعی توده سرطانی است و گلوکز تزریقی (B) حاوی اتم پرتوزا است. (نه اینکه همه اتم های آن پرتوزا باشند!) **عبارت (پ):** C دستگاه آشکارساز است که پرتوهای تابیده شده از اتم پرتوزای گلوکزهای نشان دار را آشکار می کند. **عبارت (ت):** دود سیگار و قلیان مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد. مواد پرتوزا می توانند سبب سرطانی شدن یاخته ها شوند. از این رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می شوند، سیگاری هستند. **عبارت (ث):** گلوکز پرتوزا فقط در تشخیص توده های سرطانی کاربرد دارد. (نه درمان!)

۴۷ ۴ (B) تیروئید یک غده پروانه ای شکل است. از تکنسیم برای تصویربرداری از آن استفاده می شود، زیرا یون یدید با یونی که حاوی تکنسیم است، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می کند، با افزایش مقدار این یون در غده تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می شود.

★ نکته: در ارتباط با عنصر تکنسیم به نکات زیر توجه کنید:

۱- تکنسیم (^{99}Tc) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور) هسته ای ساخته شد. ۲- نماد شیمیایی این عنصر به صورت ^{99}Tc می باشد و این عنصر در دوره پنجم و گروه هفتم جدول دوره ای قرار دارد. ۳- این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه ای دارد. از تکنسیم (^{99}Tc) برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می شود. **حالا چرا از تکنسیم؟**

توضیح: زیرا یون یدید (I^-) با یونی که حاوی ^{99}Tc است، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می کند و به این ترتیب با افزایش مقدار این یون در غده تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می شود.

۱- تیروئید غده ای پروانه ای شکل است که در قسمت جلوی گلو قرار گرفته است.

۲- همه ^{99}Tc موجود در جهان به طور مصنوعی و با استفاده از واکنش های هسته ای ساخته می شود.

۳- نیم عمر ^{99}Tc کوتاه است و نمی توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد. از این رو بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته ای تولید و سپس مصرف می کنند.

*** توجه:** اگر چه در تکنسیم (^{99}Tc) نسبت شمار نوترون ها به پروتون ها کوچک تر از ۱/۵ است ولی این اتم پرتوزا بوده و با گذشت زمان متلاشی می شود.

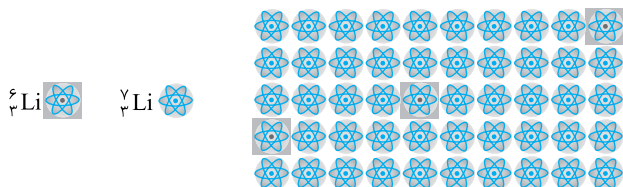
بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): توده های سرطانی گلوکزهای معمولی و نشان دار را جذب کرده و با تجمع گلوکزها در توده سرطانی، امکان تصویربرداری فراهم می شود. **گزینه (۲):** به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان دار می گویند. گلوکز نشان دار توسط هر یاخته ای که سوخت و ساز دارد می تواند جذب شود. **گزینه (۳):** از ۱۱۸ عنصر جدول دوره ای، ۲۶ تا از آن ها (حدود ۲۲٪) ساختگی بوده و فقط در واکنشگاه هسته ای تولید می شوند. معروف ترین عنصر ساختگی، اورانیم است.

۴۸ ۳ (B) عبارت های دوم، سوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت اول:** دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد. از این رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می شوند، سیگاری هستند. **عبارت دوم:** به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان دار می گویند که با استفاده از آن می توان، توده های سرطانی را شناسایی نمود. **عبارت سوم:** با پیشرفت علم شیمی و فیزیک، انسان می تواند طلا تولید کند اما هزینه تولید آن به اندازه ای زیاد است که صرفه اقتصادی ندارد. **عبارت چهارم:** پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است، از این رو دفع آن ها از جمله چالش های صنایع هسته ای به شمار می آید. **عبارت پنجم:** اورانیم شناخته شده ترین فلز پرتوزاست. از ایزوتوپ سبک تر اورانیم (^{235}U)، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی استفاده می شود.

*** توجه:** فراوانی (^{235}U) در مخلوط طبیعی، کمتر از ۷٪ درصد بوده و طی فرایند غنی سازی ایزوتوبی، مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ های این عنصر افزایش می دهند.

۴۹ ۴ (A) عبارت های (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** عنصر ماده ای است که از اتم های یکسان تشکیل شده باشد. یک عنصر می تواند مخلوطی از ایزوتوپ های آن باشد؛ به عنوان مثال یک نمونه طبیعی از عنصر لیتیم، مخلوطی از ایزوتوپ های ^6Li و ^7Li می باشد. **عبارت (ب):** از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می شوند و مابقی (۲۶ عنصر) ساختگی هستند؛ بنابراین حدود ۷۸٪ عناصر، در طبیعت یافت می شوند.

$$78\% = \frac{92}{118} \times 100 \Rightarrow \frac{92}{118} = \text{درصد عناصر طبیعی}$$



عبارت (پ): با توجه به شکل فراوانی ایزوتوپ های لیتیم در یک نمونه طبیعی آن داریم:

$$6\% = \frac{\text{تعداد ایزوتوپ های } ^6\text{Li}}{\text{تعداد کل ایزوتوپ ها}} \times 100 = \frac{6}{100} \times 100 = 6\%$$

بنابراین حدود ۶ درصد از لیتیم موجود در طبیعت، از ایزوتوپ های سبک آن تشکیل شده است. **عبارت (ت):** اغلب هسته هایی که نسبت شمار نوترون ها به پروتون های آن ها برابر یا بیشتر از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می شوند.

۵۰ ۱ (B) عبارت های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** درصد فراوانی ایزوتوپ ^{235}U در نمونه طبیعی اورانیم کمتر از ۷٪ درصد است؛ بنابراین نمونه طبیعی اورانیم قبل از فرایند غنی سازی ایزوتوبی، کاربردی به عنوان سوخت راکتور ندارد. **عبارت (ب):** عنصر فسفر علاوه بر ایزوتوپ پایدار دارای رادیوایزوتوپ نیز می باشد که در کشور ما ایران نیز تولید می شود. **عبارت (پ):** ایزوتوپ ها در خواص فیزیکی وابسته به جرم با یکدیگر تفاوت دارند. در فرایند غنی سازی ایزوتوبی، درصد ایزوتوپ های ^{235}U با توجه به خواص فیزیکی وابسته به جرم در نمونه ایزوتوپ ها افزایش می یابد. **عبارت (ت):** تکنسیم دارای ۴۳ پروتون و ۵۶ نوترون است، پس خواهیم داشت:

$$\frac{56}{43} < 1/5 \Rightarrow \frac{\text{تعداد نوترون ها}}{\text{تعداد پروتون ها}} = \frac{56}{43}$$

*** توجه:** با اینکه نسبت $\frac{n}{p}$ در تکنسیم (${}^{99}_{43}\text{Tc}$) کوچکتر از $\frac{1}{5}$ است، ولی این عنصر پرتوزا است.

عبارت (ث): برای مثال، در مورد عنصر لیتیم با اینکه نسبت $\frac{n}{p}$ در ${}^6_3\text{Li}$ نسبت به ${}^7_3\text{Li}$ به $\frac{1}{5}$ نزدیکتر است، اما هسته ${}^6_3\text{Li}$ پایدارتر است.

B ۵۱ ۳ برای یون ${}^{69}_{31}\text{X}^{3+}$ داریم:

$$\begin{cases} n+p=69 \\ n-e=10 \end{cases} \xrightarrow{e=p-3} \begin{cases} n+p=69 \\ n-(p-3)=10 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n+p=69 \\ n-p=7 \end{cases} \Rightarrow p=31, n=38$$

روش اول (تشریحی):

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها})}{2} = \frac{69 - (10) + 3}{2} = \frac{62}{2} = 31, n = A - Z = 69 - 31 = 38$$

روش دوم (تستی):

از این رو درمی‌یابیم که اتم Z و اتم X هر دو عدد اتمی مشابه دارند، اما عدد جرمی آن‌ها متفاوت است، پس ایزوتوپ یکدیگر هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت شده و ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. یعنی حدود ۲۲٪ ($\frac{26}{118} \times 100$)

عناصر موجود در جدول تناوبی ساختگی هستند. **گزینه (۲):** تکنسیم در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شده و از آنجایی که نیم‌عمر آن کم است، نمی‌توان مقادیر زیادی

از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد. **گزینه (۴):** ${}^{235}_{92}\text{U}$ ایزوتوپ سبک‌تر اورانیم بوده و درصد فراوانی آن در طبیعت کمتر از ۰/۷ درصد است. ${}^2\text{H}$

سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی و پایدار هیدروژن بوده و فراوانی آن حدود ۰/۰۱٪ می‌باشد، از این رو درصد فراوانی ایزوتوپ ${}^{235}_{92}\text{U}$ بیشتر از ایزوتوپ ${}^2\text{H}$ است.

C ۵۲ ۳ موارد دوم، سوم و پنجم جمله را به درستی کامل نمی‌کنند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در کلیهٔ رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن برخلاف تکنسیم، نسبت شمار

نوترون‌ها به پروتون‌ها بزرگ‌تر از $\frac{1}{5}$ است. **عبارت دوم:** طلای تولید شده توسط انسان و یا طلای استخراج شده از معادن، عدد اتمی یکسانی داشته و خواص شیمیایی

مشابهی دارند اما خواص فیزیکی آن‌ها با توجه به تنوع ایزوتوپ‌های آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد. **عبارت سوم:** سلول‌هایی که رشد سریع و غیرعادی دارند، هم گلوکز

معمولی و هم گلوکز نشان‌دار را به میزان زیادی جذب می‌کنند و برای این سلول‌ها، تفاوتی میان گلوکز معمولی با گلوکز نشان‌دار وجود ندارد. **عبارت چهارم:** نیم‌عمر

نخستین عنصر ساخت بشر کم می‌باشد ولی نیم‌عمر ${}^{235}_{92}\text{U}$ (ایزوتوپ سبک‌تر شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزا) طولانی بوده و در طبیعت برای سالیان دراز باقی می‌ماند و

امکان ذخیره‌سازی اورانیم وجود دارد. **عبارت پنجم:** تکنسیم با عدد اتمی ۴۳ همانند رادیوایزوتوپ فسفر در کشور ما تولید می‌شود.

*** توجه:** از رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در کشور ما ایران، می‌توان تکنسیم و فسفر را نام برد. علاوه بر آن غنی‌سازی ایزوتوپی نیز در کشور ما انجام می‌شود.

A ۵۳ ۴ به درسنامه رجوع کنید!

A ۵۴ ۲ در جدول دوره‌ای (تناوبی)، عنصرها براساس افزایش عدد اتمی (Z) سازماندهی شده‌اند.

A ۵۵ ۴ موارد (الف)، (ب) و (ت) نادرست‌اند. **بررسی موارد: مورد (الف):** از میان ۱۱۸ عنصر جدول دوره‌ای، فقط نماد ۱۳ عنصر به صورت یک‌حرفی و نماد ۱۰۵

عنصر دیگر دو حرفی است. **مورد (ب):** عنصر هلیم با عدد اتمی ۲ یک گاز نجیب بوده و متعلق به گروه ۱۸ جدول دوره‌ای است. **مورد (پ):** در جدول دوره‌ای، هر

ردیف افقی که نشان‌دهندهٔ چیدمان عنصرها برحسب افزایش عدد اتمی است، دوره نام دارد. **مورد (ت):** هر خانه از جدول دوره‌ای به یک عنصر معین تعلق دارد و

حاوی برخی اطلاعات شیمیایی آن عنصر مانند عدد اتمی، نماد شیمیایی، نام و جرم اتمی میانگین است.

*** توجه:** عدد جرمی متعلق به یک اتم است و میان ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر متفاوت است؛ بنابراین در جدول دوره‌ای برای یک عنصر، جرم اتمی میانگین ذکر می‌شود.

A ۵۶ ۴ فقط مورد (ب) درست است. X ، A ، B و Y به ترتیب عدد اتمی، نماد شیمیایی، نام و جرم اتمی میانگین عنصر هستند. **بررسی موارد: عبارت (الف):** X

عدد اتمی عنصر است که برابر با شمار پروتون‌های موجود در هستهٔ عنصر است و می‌تواند عددی بین ۱ تا ۱۱۸ باشد. دقت کنید که شمار پروتون‌های هر عنصر همواره

عددی طبیعی بوده و هیچگاه نمی‌تواند اعشاری باشد. **عبارت (ب):** در جدول تناوبی، هر عنصر را با نماد یک یا دو حرفی نشان می‌دهند. در واقع نماد شیمیایی از نام

لاتین هر عنصر گرفته شده است و حرف اول آن به صورت بزرگ و حرف دوم، در صورت وجود، با حرف کوچک نوشته می‌شود. **عبارت (پ):** Y جرم اتمی میانگین

عناصر است. از آنجایی که اغلب در یک نمونهٔ طبیعی از عنصرها، اتم‌ها جرم یکسانی ندارند؛ به عبارت دیگر، اغلب عناصر دارای چند ایزوتوپ طبیعی هستند؛ بنابراین

در جدول تناوبی از جرم اتمی میانگین استفاده می‌شود. جرم اتمی میانگین اغلب عناصر طبیعی جدول تناوبی، مقداری اعشاری است. **عبارت (ت):** X عدد اتمی است

و برابر شمار پروتون‌های عنصر مورد نظر است. Y نیز جرم اتمی میانگین عنصر است و برابر مجموع جرم پروتون‌ها، الکترون‌ها و نوترون‌های موجود در اتم برحسب amu است؛

بنابراین مقدار Y همواره عددی بزرگ‌تر از X خواهد بود.

B ۵۷ ۲ تعداد عنصرهای دورهٔ دوم، سوم و ششم به ترتیب برابر با ۸، ۸ و ۳۲ است. تفاوت تعداد عناصر دوره‌های ششم و سوم برابر ۲۴ ($32-8$) بوده و سه برابر

تعداد عناصر دورهٔ دوم است. $(\frac{24}{8}=3)$ **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** در هر ستون (گروه) جدول تناوبی، خواص شیمیایی عنصرها مشابه است ولی خواص فیزیکی

متفاوت است. **گزینه (۳):** در دورهٔ دوم جدول دوره‌ای، سه عنصر لیتیم (${}^6_3\text{Li}$)، بریلیم (${}^9_4\text{Be}$) و نئون (${}^{20}_{10}\text{Ne}$) دارای نماد دو حرفی هستند. **گزینه (۴):** با پیمایش

هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به‌طور مشابه تکرار می‌شود. به همین دلیل، جدول تناوبی عنصرها نامیده می‌شود.

B ۵۸ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) نادرست هستند. عنصرهای A ، B ، C ، D و E به ترتیب ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ، ${}^{15}_6\text{C}$ ، ${}^{15}_7\text{P}$ ، ${}^{16}_8\text{O}$ و ${}^4_2\text{He}$ هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

$$\frac{\text{عدد اتمی فسفر } ({}^{15}_7\text{P})}{\text{عدد اتمی کربن } ({}^6_6\text{C})} = \frac{15}{6} = 2\frac{1}{2}$$

عبارت (الف): نسبت عدد اتمی فسفر به عدد اتمی کربن برابر است با:

عبارت (ب): عنصر آهن (${}^{56}_{26}\text{Fe}$) در گروه ۸ جدول تناوبی قرار دارد. عدد اتمی عنصر اکسیژن (${}^{16}_8\text{O}$) برابر ۸ است. **عبارت (پ):** عنصر گوگرد (${}^{32}_{16}\text{S}$) در گروه ۱۶ و

دورهٔ ۳ جدول دوره‌ای، زیر عنصر اکسیژن (${}^{16}_8\text{O}$) قرار دارد. این اتم در حالت خنثی ۱۶ پروتون و ۱۶ الکترون (جمعاً ۳۲ ذرهٔ باردار) دارد. **عبارت (ت):** برای ایجاد یون

Fe^{2+} ، اتم ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ دو الکترون از دست می‌دهد. پس این یون ۲۴ الکترون دارد. برای محاسبهٔ تعداد نوترون‌ها داریم:

$$n - e = 6 \Rightarrow n - 24 = 6 \Rightarrow n = 30$$

پس عدد جرمی برابر است با:

$$A = n + Z \Rightarrow A = 30 + 26 = 56$$

عبارت (ث): تکنسیم (${}^{99}_{43}\text{Tc}$) نخستین عنصر ساخت بشر است که در گروه ۷ و دورهٔ ۵ جدول دوره‌ای قرار دارد. عنصر A در گروه ۸ جدول دوره‌ای قرار گرفته است.

۱۵۹ C فقط عبارت (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** جدول دوره‌ای عنصرها شامل ۷ دوره و ۱۸ گروه است. **عبارت (ب):** دوره دوم و سوم هر یک دارای ۸ عنصر و دوره اول دارای ۲ عنصر است. **عبارت (پ):** دوره‌های چهارم و پنجم هر یک دارای ۱۸ عنصر و دوره‌های ششم و هفتم هر یک دارای ۳۲ عنصر هستند. **عبارت (ت):** در جدول دوره‌ای عنصرها، گروه‌های ۱ و ۱۸ هر یک دارای ۷ عنصر، گروه‌های ۲ و ۱۳ تا ۱۷ هر یک دارای ۶ عنصر و گروه‌های ۴ تا ۱۲ نیز هر یک دارای ۴ عنصر هستند. *** توجه:** در ردیف پایینی جدول تناوبی که هر یک دارای ۱۴ عنصر است، متعلق به گروه ۳ جدول است، بنابراین گروه ۳ جدول دوره‌ای مجموعاً دارای ۳۲ عنصر است. **عبارت (ث):** نماد شیمیایی عناصر لیتیم (Li)، بریلیم (Be) و نئون (Ne) از دوره دوم جدول دوره‌ای به صورت دوحرفی بوده و نماد شیمیایی عناصر فسفر (P) و گوگرد (S) از دوره سوم جدول دوره‌ای به صورت یک حرفی است.

★ نکته تعداد عناصر در دوره‌ها و گروه‌های مختلف جدول تناوبی		شماره گروه					
• تعداد عناصر موجود در هر گروه و دوره جدول دوره‌ای در مقابل آورده شده است:		۱ ۲ ۳ ۴ تا ۱۲ ۱۳ تا ۱۷ ۱۸					
• دقت کنید تعداد عناصر گروه ۳ به این دلیل ۳۲ مورد است که تمامی عناصر دسته f را جزء این گروه در نظر می‌گیرند. مثلاً اورانیم عنصری از گروه ۳ است!		تعداد عناصر					
• تعداد عناصر دوره‌های ۶ و ۷ همانند گروه سوم ۳۲ عدد است؛ زیرا علاوه بر ۱۸ عنصر از دسته‌های s، d و p، هر کدام ۱۴ عنصر از دسته f دارند.		۷ ۶ ۵ و ۴ ۳ و ۲ ۱					
		شماره دوره					
		تعداد عناصر					
		۲ ۸ هر کدام ۱۸ هر کدام ۴ هر کدام ۶ ۷					

۱۶۰ B شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزا اورانیم (${}^{238}\text{U}$) است که در گروه سوم و دوره هفتم جدول قرار دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** دوره ششم جدول دارای ۳۲ عنصر و دوره چهارم دارای ۱۸ عنصر است. داریم:

$$\frac{\text{تعداد عناصر دوره ششم}}{\text{تعداد عناصر دوره چهارم}} = \frac{32}{18} > 1/5$$

گزینه (۲): در جدول دوره‌ای عنصرها، جرم اتمی میانگین عنصر تکنسیم (${}^{98}\text{Tc}$) برخلاف سایر عنصرها معین نشده است. **گزینه (۳):** نماد عنصر آلومینیم به صورت Al و نماد عنصر آرگون به صورت Ar است.

۱۶۱ B عنصر D در خانه شماره ۱۶ جدول دوره‌ای جای دارد، پس دارای ۱۶ پروتون است و چون تعداد نوترون‌ها و پروتون‌هایش برابر است، عدد جرمی آن برابر ۳۲ است. عنصر E در خانه شماره ۳۳ جدول جای دارد، پس عدد اتمی آن برابر ۳۳ است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** عنصر C با عدد اتمی ۶ در گروه ۱۴ و دوره ۲ جدول دوره‌ای قرار دارد و عدد اتمی عنصر هم گروه آن در دوره پنجم برابر ۵۰ است. **گزینه (۲):** عنصری با عدد اتمی ۸ در گروه ۱۶ و دوره ۲ جدول دوره‌ای جای دارد، پس با عنصر D هم گروه است. عنصرهای هم گروه خواص شیمیایی مشابهی دارند و بار یون‌های پایدار آن‌ها یکسان است. **گزینه (۳):** عنصر B در گروه دهم و عنصر A در گروه دوم جدول دوره‌ای قرار دارند.

۱۶۲ B برای دو یون داده شده داریم:

$${}^{49}\text{X}^{4+}: n+Z=49, n-e=n-(Z-4)=9 \Rightarrow n-Z=5 \Rightarrow \begin{cases} n+Z=49 \\ n-Z=5 \end{cases} \Rightarrow n=27, Z=22$$

$$\text{Y}^{2-}: e=Z+2=22-4=18 \Rightarrow Z=16$$

تعداد e در X^{4+}

موارد اول و سوم درست هستند. **بررسی موارد: مورد اول:** عنصر Y ۱۶ در دوره سوم جدول دوره‌ای قرار دارد و عدد جرمی ایزوتوپ طبیعی لیتیم با درصد فراوانی کمتر (${}^6\text{Li}$) برابر ۶ است. **مورد دوم:** فراوان‌ترین نافلز موجود در ساختار زمین، اکسیژن (${}^{16}\text{O}$) است و بین ${}^{16}\text{O}$ و ${}^{17}\text{O}$ ، عنصر با نماد دو حرفی (Al, Mg, Na, Ne) وجود دارند. **مورد سوم:** عدد جرمی Y برابر است با: $A=n+Z=16+16=32$ ، در ساختار یون X^{4+} ، ۲۲ پروتون و ۱۸ الکترون و در مجموع ۴۰ ذره زیراتمی باردار (الکترون و پروتون) وجود دارد، در حالی که عدد اتمی سومین عنصر دوره پنجم جدول تناوبی، برابر با ۳۹ است.

۱۶۳ A به درسمانه رجوع کنید. **۱۶۴ A** عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** جرم پروتون و نوترون در حدود ۱ amu و جرم الکترون ناچیز و در حدود $\frac{1}{1836}$ amu است، بنابراین از روی عدد جرمی یک اتم می‌توان جرم اتمی آن را (برحسب amu) تخمین زد. برای یک اتم، مقدار عددی جرم اتمی تقریباً (نه دقیقاً) برابر عدد جرمی است. **عبارت (ب):** دقت باسکول‌های تنی تا یک صدم تن (ده کیلوگرم) و دقت ترازوی زرگری تا یک صدم گرم (۱۰ میلی گرم) است.

۱۶۵ B جرم پروتون و نوترون به تقریب با یکدیگر برابر و در حدود ۱ amu است؛ این در حالی است که جرم دقیق پروتون، نوترون و الکترون به ترتیب برابر 1.0073amu ، 1.0087amu و 0.0005amu است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):** جرم یک اتم هیدروژن (${}^1\text{H}$) برابر با مجموع جرم یک پروتون و یک الکترون است و به تقریب برابر 1.008amu می‌باشد. **گزینه (۳):** نماد الکترون، پروتون و نوترون به ترتیب به صورت ${}^0_0\text{e}$ ، ${}^1_1\text{p}$ و ${}^1_0\text{n}$ است. همانطور که مشاهده کردید، عددهای سمت چپ بالا، جرم نسبی و عددهای سمت چپ پایین، بار نسبی ذره را مشخص می‌کند. **گزینه (۴):** عدد جرمی از حاصل جمع شمار پروتون‌ها و نوترون‌های موجود در هسته هر عنصر به دست می‌آید و عددی صحیح است، اما جرم اتمی حاصل جمع جرم ذرات زیراتمی بوده و از آنجایی که جرم پروتون و نوترون برحسب amu برابر 1.0073 و 1.0087 است؛ بنابراین مقدار عددی جرم اتمی از عدد جرمی بیشتر بوده و عددی غیر صحیح (اعشاری) است.

۱۶۶ B فقط عبارت (الف) درست است. شکل داده شده، الگویی برای نمایش یکای جرم اتمی (amu) است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** $\frac{1}{12}$ جرم یک ایزوتوپ کربن-۱۲، رایک واحد جرم اتمی یا ۱ amu می‌نامند. ایزوتوپ کربن-۱۲ (${}^{12}\text{C}$) دارای ۶ نوترون، ۶ پروتون و ۶ الکترون است. **عبارت (ب):** جرم پروتون و نوترون حدوداً ۱ amu است، اما توجه کنید که جرم دقیق پروتون و نوترون به ترتیب 1.0073amu و 1.0087amu است. جرم الکترون نیز ناچیز و در حدود 0.0005amu می‌باشد.

اتم ^1H دارای یک پروتون و یک الکترون است. پس جرم اتمی دقیق آن برابر 1.008amu است. عبارت (پ): هسته اتم هیدروژن متشکل از ۱ پروتون است، پس جرم آن را می‌توان حدوداً برابر 1amu در نظر گرفت؛ اما جرم الکترون ناچیز و در حدود $\frac{1}{2000}\text{amu}$ است. عبارت (ت): هسته اتم هلیم (^4He) دارای ۲ پروتون و ۲ نوترون است، پس جرم اتمی آن را می‌توان حدوداً برابر 4amu در نظر گرفت.

نام ذره	نماد	بار الکتریکی نسبی	جرم (amu)
الکترون	${}^0_{-1}\text{e}$	-۱	۰/۰۰۰۵
پروتون	${}^1_1\text{p}$	+۱	۱/۰۰۷۳
نوترون	${}^1_0\text{n}$	۰	۱/۰۰۸۷

عبارت‌های چهارم و پنجم درست هستند. به جدول روبه‌رو توجه کنید. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: بار الکتریکی نسبی الکترون و پروتون به‌ترتیب برابر -1 و $+1$ است.

* توجه: بار الکتریکی یک الکترون و یک پروتون به‌ترتیب برابر -1.6×10^{-19} و $+1.6 \times 10^{-19}$ کولن است. عبارت دوم: در نماد ذره‌های زیراتمی، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به‌ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کنند. عبارت سوم: جرم الکترون حدوداً برابر با 0.0005amu است. عبارت چهارم: نوترون سنگین‌ترین ذره زیراتمی است. فراوان‌ترین ایزوتوپ هیدروژن ^1H است که فاقد نوترون است.

عبارت پنجم: جرم نوترون، پروتون و الکترون در مقیاس amu به‌ترتیب برابر 1.0087 ، 1.0073 و 0.0005 است. جرم اتمی ^1H برابر 1.008amu است، پس خواهیم داشت:

$${}^0_{-1}\text{e} > {}^1_1\text{p} > {}^1_0\text{n} > {}^1_1\text{H} > {}^4_2\text{He} : \text{مقایسه براساس جرم}$$

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): پروتون و نوترون جزء ذرات زیراتمی موجود در هسته هستند که در مقیاس amu ، جرم این دو ذره به تقریب با یکدیگر برابر بوده و در حدود 1amu است و با ترازوی فرضی که می‌تواند 1amu را نمایش دهد می‌توان جرم آن‌ها را اندازه‌گیری کرد. عبارت (ب):

هلیم (^4He) دارای عدد اتمی ۲ و عدد جرمی ۴ است. ذرات زیراتمی باردار موجود در هسته همان پروتون است که جرم آن به تقریب برابر 1amu است. هر اتم هلیم دارای ۲ پروتون در هسته خود است، پس مجموع جرم پروتون‌ها در حدود 2amu بوده و با ترازوی فرضی که 2amu را نمایش می‌دهد، می‌توان جرم آن را نشان داد. عبارت (پ): سومین عنصر جدول تناوبی لیتیم است که دارای دو ایزوتوپ ${}^6\text{Li}$ و ${}^7\text{Li}$ است؛ بنابراین هر اتم از این عنصر دارای ۳ پروتون و ۳ یا ۴ نوترون است و جرم تقریبی ایزوتوپ سبک‌تر آن، 6amu و ایزوتوپ سنگین‌تر آن 7amu است و با ترازوی که 3amu را نمایش می‌دهد، نمی‌توان جرم تقریبی ${}^6\text{Li}$ یا ${}^7\text{Li}$ را نمایش داد.

عبارت (ت): هیدروژن دارای سه ایزوتوپ طبیعی ^1H ، ^2H و ^3H است. جرم تقریبی سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن (^3H) برابر 3amu است و با ترازوی که می‌تواند 3amu را نمایش دهد، می‌توان جرم ^3H را به طور تقریبی نمایش داد.

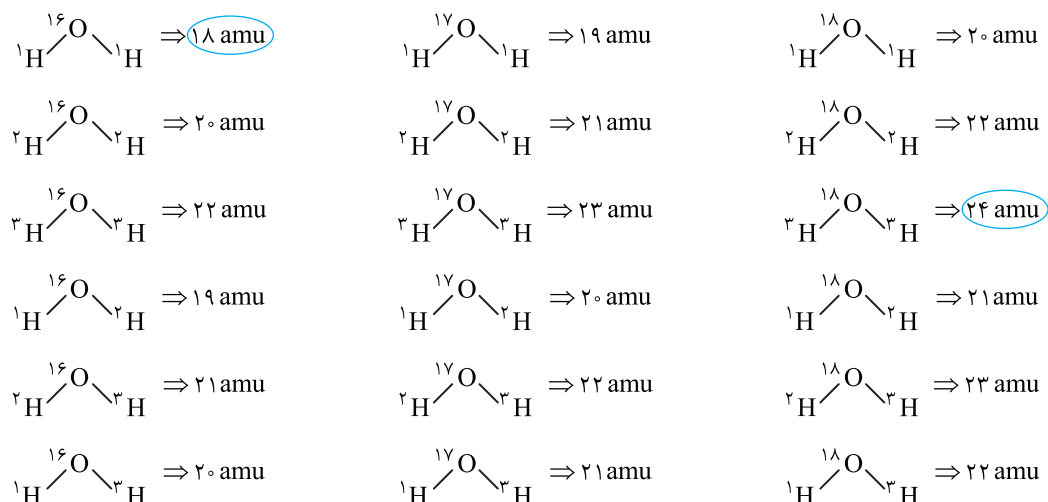
بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): جرم پروتون، نوترون و الکترون برحسب amu به‌ترتیب برابر 1.0073 ، 1.0087 و 0.0005 است. همان‌طور که می‌دانید دقت ترازو باید برابر یا کمتر از کوچک‌ترین مرتبه متفاوت در سه ذره زیراتمی باشد. به عبارتی ترازو باید بتواند بین رقم سوم اعشار اعداد 1.0073 و 1.0087 تفاوت قائل شود. پس دقت آن باید حداقل 0.001amu باشد. گزینه (۲): پایدارترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن، ^5H است که جرم آن را می‌توان حدوداً برابر 5amu در نظر گرفت. گزینه (۳): لیتیم دارای دو ایزوتوپ ${}^6\text{Li}$ و ${}^7\text{Li}$ است. هیدروژن دارای دو ایزوتوپ پایدار ^1H و ^2H است.

$$\frac{\text{جرم اتم } {}^6\text{Li}}{\text{جرم اتمی } {}^6\text{Li}} = \frac{6\text{amu}}{6\text{amu}} = 1$$

بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): سبک‌ترین مولکول NH_3 باید از سبک‌ترین ایزوتوپ‌های نیتروژن و هیدروژن و سنگین‌ترین مولکول NH_3 باید از سنگین‌ترین ایزوتوپ‌های نیتروژن و هیدروژن ساخته شود. پس سبک‌ترین مولکول NH_3 از یک ایزوتوپ ${}^{14}\text{N}$ و سه ایزوتوپ ^1H و سنگین‌ترین مولکول NH_3 از یک ایزوتوپ ${}^{15}\text{N}$ و سه ایزوتوپ ^2H ساخته می‌شود.

سنگین‌ترین ایزوتوپ‌های نیتروژن و هیدروژن ساخته شود. پس سبک‌ترین مولکول NH_3 از یک ایزوتوپ ${}^{14}\text{N}$ و سه ایزوتوپ ^1H و سنگین‌ترین مولکول NH_3 از یک ایزوتوپ ${}^{15}\text{N}$ و سه ایزوتوپ ^2H ساخته می‌شود.

پرسش (ب): روش اول: مولکول H_2O متشکل از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن است. انواع حالت‌های ممکن برای یک مولکول H_2O به‌صورت زیر است:



بنابراین در مجموع $18 (3 \times 6)$ نوع مولکول آب ساخته می‌شود که با حذف کردن مولکول‌های با جرم یکسان، ۷ مولکول با جرم‌های متفاوت می‌توان در نظر گرفت.

روش دوم: در چنین مسائلی، اگر جرم مولکول‌های ساخته شده به صورت متوالی (مولکول‌هایی با ۱ واحد اختلاف در جرم مولکولی) باشد، می‌توان از فرمول زیر، تعداد مولکول‌های با جرم متفاوت را به دست آورد.

برای مولکول‌های H_2O ، سبک‌ترین ۱۸ amu و سنگین‌ترین ۲۴ amu است، پس خواهیم داشت: $7 = (24 - 18) + 1$ = تعداد مولکول‌های آب با جرم متفاوت

پرسش (پ): سنگین‌ترین مولکول NO_2 از یک ایزوتوپ ^{15}N و دو ایزوتوپ ^{18}O و سبک‌ترین مولکول H_2O_2 از دو ایزوتوپ 1H و دو ایزوتوپ ^{16}O ساخته می‌شود.

$$\left. \begin{array}{l} NO_2 \text{ سنگین‌ترین مولکول} = 15 + 2(18) = 51 \text{ amu} \\ H_2O_2 \text{ سبک‌ترین مولکول} = 2(1) + 2(16) = 34 \text{ amu} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف جرم} = 51 - 34 = 17$$

$$Z + e = 43, e = Z - 3 \Rightarrow Z + (Z - 3) = 43 \Rightarrow Z = 23$$

عدد اتمی تکنسیم برابر ۴۳ است. پس خواهیم داشت: **۱ ۷۱ B**

$$\text{یون } X^{3+} \cdot 20.5 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \text{ و عدد جرمی آن برابر } 50 \text{ است؛ نسبت خواسته شده می‌شود:}$$

$$\frac{\text{مجموع جرم الکترون‌ها در یون}}{\text{جرم یون}} = \frac{20 \times \left(\frac{1}{1836}\right) \text{ amu}}{50 \text{ amu}} = 2 \times 10^{-4}$$

$$1 \text{ amu}' = \frac{1}{10} \times 10^{-8} / 10^{-8} = 10^{-8} \text{ amu}$$

واحد جرم نسبی جدید (amu') برابر است با: **۳ ۷۲ B**

$$? \text{ amu}' = 32 \text{ amu} \times \frac{1 \text{ amu}'}{10^{-8} \text{ amu}} = 29.63 \text{ amu}'$$

حال جرم اتم ^{32}S را بر حسب amu' به دست می‌آوریم:

$$? \text{ کولن} = \frac{1}{28} \times 10^{-6} \text{ C} = \frac{1}{28} \times 10^{-6} \times \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} \times \frac{1 \text{ e}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 2.27 \times 10^{-19} \text{ e}$$

۴ ۷۳ B

$$\frac{7/2 \times 10^{-3} \times 1/6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-28}} = ? \xrightarrow[\text{و ساده کردن}]{\text{حذف صفر و اعشار}} \frac{72 \times 16}{9} = 128$$

(پاسخ: $1/28 \times 10^{-6}$) پاسخ باید از جنس ۱۲۸ باشد (پاسخ: **۱ ۷۴ B**)

به کمک ترازوی زرگری جرم اجسامی را می‌توان اندازه‌گیری کرد که جرم آن‌ها از دقت اندازه‌گیری ترازو بیشتر یا با آن برابر باشد. دقت اندازه‌گیری ترازوی زرگری یک صدم گرم (۰.۱ میلی گرم) است.

$$? \text{ e} = 10 \times 10^{-3} \text{ g} \times \frac{1 \text{ e}}{9 \times 10^{-28} \text{ g}} = 1/1 \times 10^{25} \text{ e}, ? \text{ کولن} = 1/1 \times 10^{25} \text{ e} \times \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1 \text{ e}} = 1/76 \times 10^{-6} \text{ C}$$

۳ ۷۵ C عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: جرم ایزوتوپ کربن-۱۲ ($^{12}_6C$) دقیقاً برابر با ۱۲ amu در نظر گرفته می‌شود.

فراوان‌ترین ایزوتوپ هیدروژن، 1H است که هر اتم آن جرمی برابر $1/1008 \text{ amu}$ دارد؛ بنابراین جرم ۱۲ عدد از 1H ، اندکی از جرم یک اتم ^{12}C بیشتر است.

$$(^1H) \text{ اتم هیدروژن } 12 \text{ جرم} = 12 \times 1/1008 \text{ amu} = 12/1008 \text{ amu}$$

عبارت دوم: جرم پروتون، نوترون و الکترون به ترتیب برابر $1/1007 \text{ amu}$ ، $1/1008 \text{ amu}$ و $1/1836 \text{ amu}$ است. بنابراین:

$$(\text{جرم یک نوترون}) 1/1008 \text{ amu} < 1/1007 \text{ amu} + 1/1836 \text{ amu} = 1/1007 \text{ amu}$$

عبارت سوم: ابتدا شمار نوترون‌ها و الکترون‌های موجود در X^+ را به دست می‌آوریم:

$$X^+ \begin{cases} n + e + p = 71 \\ n - e = 4 \end{cases} \xrightarrow{p=e+1} \begin{cases} n + e + (e+1) = 71 \\ n - e = 4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n + 2e = 70 \\ n - e = 4 \end{cases} \Rightarrow e = 22, n = 26$$

$$\frac{\text{جرم نوترون‌ها}}{\text{جرم الکترون‌ها}} = \frac{26 \times 1 \text{ amu}}{22 \times 1/1836 \text{ amu}} = \frac{26}{0.012} = 2166.67$$

جرم تقریبی نوترون و الکترون به ترتیب برابر 1 amu و $1/1836 \text{ amu}$ است؛ بنابراین:

عبارت چهارم: دقت کنید که نماد ذرات زیراتمی با حرف کوچک نمایش داده می‌شوند؛ بنابراین نماد پروتون به صورت 1_1p خواهد بود و همچنین جرم هر پروتون برابر $1/1007 \text{ amu}$ است.

*** توجه** برای این که نماد ذرات زیراتمی و عناصر اشتباه نشود، نماد ذرات زیراتمی برخلاف عناصر، همواره با حرف کوچک نمایش داده می‌شود.

۴ ۷۶ A بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): در نمونه‌های طبیعی عنصرها، ایزوتوپی که هسته ناپایدارتری دارد، درصد فراوانی کمتری دارد. گزینه (۲): کلر دارای دو ایزوتوپ

$^{35}_{17}Cl$ و $^{37}_{17}Cl$ است. اختلاف جرم تقریبی این دو ایزوتوپ برابر 2 amu ($37 - 35$) است. گزینه (۳): برای محاسبه جرم اتمی میانگین کلر داریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(35 \times 75/100) + (37 \times 24/100)}{100} = 35.4 \text{ amu}$$

گزینه (۴): همانطور که ملاحظه کردید، جرم اتمی میانگین کلر، به جرم ایزوتوپ سبک‌تر نزدیک‌تر است.

۱ ۷۷ B درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر را F_2 در نظر می‌گیریم. مجموع درصد فراوانی در ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر برابر ۱۰۰ است، پس:

$$F_1 + F_2 = 100 \Rightarrow F_1 = 100 - F_2$$

روش اول (تشریحی): طبق رابطه جرم اتمی میانگین داریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 69/8 = \frac{(69 \times (100 - F_2)) + (71 \times F_2)}{100} \Rightarrow 6980 = 6900 - 69F_2 + 71F_2 \Rightarrow F_2 = 40$$

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) \Rightarrow 69/8 = 69 + \frac{F_2}{100} (71 - 69) \Rightarrow 0/8 = \frac{F_2}{100} (2) \Rightarrow F_2 = 40$$

روش دوم (تستی):

B ۷۸ ۲ اگر درصد فراوانی ایزوتوپ سبکتر را با F_1 و درصد فراوانی ایزوتوپ سنگینتر را با F_2 نشان دهیم، داریم:

$$\begin{cases} F_2 = 4F_1 \\ F_1 + F_2 = 100 \end{cases} \Rightarrow F_1 + 4F_1 = 100 \Rightarrow F_1 = 20, F_2 = 80$$

از طرفی با توجه به جرم اتمی میانگین داده شده و با استفاده از رابطه زیر، می‌توان جرم اتمی ایزوتوپ سبکتر را محاسبه کرد.

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) \Rightarrow 28/2 = M_1 + \frac{80}{100} (2) \Rightarrow M_1 = 26/6 \text{ amu}$$

با توجه به اینکه تفاوت جرم دو ایزوتوپ برای ۲ واحد است، پس جرم اتمی ایزوتوپ سنگینتر برابر با ۲۸/۶ amu است.

B ۷۹ ۴ در شکل، ۳۰ دایره داده شده است. تعداد دایره‌های مربوط به ^{27}X را که باید سیاه‌رنگ باشد برابر y و تعداد ایزوتوپ‌های ^{24}X را که باید سفید باشد برابر

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 26/7 = \frac{24(30-y) + 27(y)}{30} \Rightarrow 801 = 720 - 24y + 27y \Rightarrow 3y = 81 \Rightarrow y = 27$$

(۳۰- y) در نظر می‌گیریم؛ پس خواهیم داشت:

پس ۲۷ دایره باید سیاه رنگ باشند.

B ۸۰ ۳ روش اول (تشریحی): جرم اتم M^x را $X \text{ amu}$ در نظر می‌گیریم. داریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 65/44 = \frac{(64 \times 50) + (66 \times 28) + (X \times 22)}{100} \Rightarrow 6544 = 3200 + 1848 + 22X \Rightarrow 22X = 1496 \Rightarrow X = 68$$

پس ایزوتوپ ^{68}M دارای ۳۸ (۶۸-۳۰) نوترون است.

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) \Rightarrow 65/44 = 64 + \frac{28}{100} (66 - 64) + \frac{22}{100} (X - 64) \Rightarrow 1/44 = \frac{28}{100} (2) + \frac{22}{100} (X - 64)$$

روش دوم (تستی):

$$\Rightarrow 144 = 56 + 22X - 1408 \Rightarrow 22X = 1496 \Rightarrow X = \frac{1496}{22} = 68$$

پس ایزوتوپ ^{68}M دارای ۳۸ (۶۸-۳۰) نوترون است.

B ۸۱ ۲ تعداد ایزوتوپ‌های ^{28}Si را در نمونه طبیعی ۲۰ عددی، F_1 در نظر می‌گیریم. از آنجا که تعداد ایزوتوپ ^{29}Si ، (F_2) ، ۱/۵ برابر تعداد ایزوتوپ ^{30}Si ، (F_3)

$$\begin{cases} F_2 = 1/5 F_3 & \text{(I)} \\ F_1 + F_2 + F_3 = 20 & \text{(II)} \end{cases} \xrightarrow{\text{(I),(II)}} F_1 + 1/5 F_3 + F_3 = 20 \Rightarrow F_1 = 20 - 2/5 F_3 \quad \text{(III)}$$

و مجموع تعداد ایزوتوپ‌ها برابر ۲۰ است، خواهیم داشت:

روش اول (تشریحی): طبق رابطه جرم اتمی میانگین داریم:

$$\xrightarrow{\text{(I),(III)}} \bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 28/35 = \frac{(28(20 - 2/5 F_3)) + (29 \times 1/5 F_3) + (30 F_3)}{20}$$

$$567 = 560 - 70 F_3 + 43/5 F_3 + 30 F_3 \Rightarrow F_3 = 2, F_1 = 20 - 2/5 (2) = 18$$

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) \Rightarrow 28/35 = 28 + \frac{1/5 F_3}{20} (29 - 28) + \frac{F_3}{20} (30 - 28) \Rightarrow 0/35 = \frac{1/5 F_3}{20} (1) + \frac{F_3}{20} (2)$$

روش دوم (تناسب):

بنابراین در یک نمونه ۲۰ عددی از ایزوتوپ‌های سیلیسیم، ۱۵ ایزوتوپ ^{28}Si وجود دارد. $F_1 = 20 - 2/5 (2) = 18$

B ۸۲ ۴ یون X^{2+} دارای ۱۰ الکترون است، پس این عنصر دارای ۱۲ پروتون بوده و عدد اتمی آن برابر ۱۲ است و عدد جرمی سه ایزوتوپ X با ۱۳، ۱۲ و ۱۱ نوترون به ترتیب

برابر ۲۴، ۲۵ و « $24+n$ » است (^{24}X ، ^{25}X و ^{24+n}X). اکنون به کمک جرم اتمی میانگین و شکل داده شده، تعداد نوترون‌های ایزوتوپ دیگر را به دست می‌آوریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 24/3 = \frac{(24 \times 40) + (25 \times 5) + (M_3 \times 5)}{40 + 5 + 5} \Rightarrow 1215 = 960 + 125 + 5M_3 \Rightarrow 5M_3 = 130 \Rightarrow M_3 = 26$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) \Rightarrow 24/3 = 24 + \frac{5}{100} (25 - 24) + \frac{5}{100} (M_3 - 24)$$

روش دوم (تستی):

$$\Rightarrow 0/3 = 0/1 (1) + 0/1 (M_3 - 24) \Rightarrow 0/2 = 0/1 (M_3 - 24) \Rightarrow 2 = M_3 - 24 \Rightarrow M_3 = 26$$

بنابراین عدد جرمی ایزوتوپ سوم برابر ۲۶ بوده و شمار نوترون‌های ایزوتوپ سوم برابر ۱۴ (۲۶-۱۲) است.

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} = \frac{(24 \times 40) + (25 \times 10) + (26 \times 30)}{100} = \frac{1440 + 250 + 780}{100} = 24/7 \text{ amu}$$

B ۸۳ ۳ قسمت اول: روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) = 24 + \frac{10}{100} (25 - 24) + \frac{30}{100} (26 - 24) = 24 + 0/1 (1) + 0/3 (2) = 24/7 \text{ amu}$$

روش دوم (تستی):

قسمت دوم: در بین ایزوتوپ‌های طبیعی یک عنصر، هر چه فراوانی یک ایزوتوپ کمتر باشد، پایداری هسته آن ایزوتوپ کمتر است؛ بنابراین در بین ایزوتوپ‌های این عنصر، کمترین پایداری مربوط به ^{25}X است.

*** توجه:** در نمونه‌های طبیعی از یک عنصر، درصد فراوانی نشان‌دهنده پایداری ایزوتوپ‌ها است. اما دقت کنید طی فرایندهایی مانند غنی‌سازی که درصد فراوانی یک ایزوتوپ به طور مصنوعی افزایش می‌یابد، این افزایش درصد فراوانی به معنای افزایش پایداری ایزوتوپ مورد نظر نیست.

با توجه به داده‌های مسئله می‌توان دریافت که فراوانی ایزوتوپ سوم ۱۵ درصد و فراوانی ایزوتوپ چهارم ۲۰ درصد می‌باشد. **۲ ۸۴ B**

$$F_1 + F_2 = 65\%, F_3 = 15\% \Rightarrow F_4 = 100 - (F_1 + F_2 + F_3) = 20\%$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3 + M_4 F_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}$$

روش اول: برای حل این تست از فرمول مقابل استفاده می‌کنیم:

$$50/95 = \frac{49(F_1) + 51(65 - F_1) + 53(15) + 54(20)}{100} \Rightarrow F_1 = 47/5 \quad \text{برای محاسبه درصد فراوانی ایزوتوپ‌های اول و دوم یعنی } {}^{49}\text{A} \text{ و } {}^{51}\text{A} \text{ خواهیم داشت:}$$

بنابراین فراوانی ایزوتوپ ${}^{49}\text{A}$ برابر با ۴۷/۵ و فراوانی ایزوتوپ ${}^{51}\text{A}$ برابر با ۱۷/۵ (۶۵ - ۴۷/۵) است.

روش دوم (تستی): برای حل اینگونه مسائل بهتر است از فرمول تستی زیر استفاده کنید:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) + \frac{F_4}{100}(M_4 - M_1) \Rightarrow 50/95 = 49 + \frac{F_2}{100}(51 - 49) + \frac{15}{100}(53 - 49) + \frac{20}{100}(54 - 49)$$

$$\Rightarrow 1/95 = 0/2 F_2 + 0/6 + 1 \Rightarrow F_2 = 17/5$$

فراوانی ایزوتوپ ${}^{51}\text{A}$ برابر ۱۷/۵ و فراوانی ایزوتوپ ${}^{49}\text{A}$ برابر ۴۷/۵ (۶۵ - ۱۷/۵) است.

ابتدا به کمک عدد جرمی و درصد فراوانی عناصر داده شده، جرم اتمی میانگین هر یک از عناصر A و B را به دست می‌آوریم: **۲ ۸۵ B**

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100}$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M}_A = \frac{(40 \times 25) + (42 \times 40) + (44 \times 35)}{100} = \frac{1000 + 1680 + 1540}{100} = 42/20 \text{ amu}, \quad \bar{M}_B = \frac{(65 \times 64) + (67 \times 36)}{100} = \frac{4160 + 2412}{100} = 65/72 \text{ amu}$$

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) + \dots$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M}_A = 40 + \frac{40}{100}(42 - 40) + \frac{35}{100}(44 - 40) = 40 + 0/8 + 1/4 = 42/20 \text{ amu}, \quad \bar{M}_B = 65 + \frac{36}{100}(67 - 65) = 65 + 0/72 = 65/72 \text{ amu}$$

اکنون با توجه به جرم اتمی میانگین دو عنصر A و B، جرم مولکولی میانگین $A_3 B_2$ را به دست می‌آوریم:

$$A_3 B_2 \text{ میانگین جرم مولکولی} = 3 \times (\text{جرم اتمی میانگین A}) + 2 \times (\text{جرم اتمی میانگین B}) = 3 \times (42/20) + 2 \times (65/72) = 126/6 + 131/44 = 258/04 \text{ amu}$$

$$A_3 \begin{cases} n+p=44 \\ n-p=4 \end{cases} \Rightarrow n=24, p=20 \Rightarrow {}^{44}_{20}A_3 \quad \text{ابتدا عدد جرمی هر سه ایزوتوپ این عنصر را مشخص می‌کنیم: ایزوتوپ سنگین‌تر } (A_3):$$

با توجه به این که تعداد پروتون‌های ایزوتوپ‌های یک عنصر برابر است، می‌توانیم عدد جرمی دو ایزوتوپ دیگر را به دست آوریم:

$$A_1 \begin{cases} p=20 \\ n=p \end{cases} \Rightarrow n=20 \Rightarrow {}^{40}_{20}A_1 \quad \text{ایزوتوپ سبک‌تر } (A_1): \quad A_2 \begin{cases} p=20 \\ n=p+2 \end{cases} \Rightarrow n=22 \Rightarrow {}^{42}_{20}A_2 \quad \text{ایزوتوپ متوسط } (A_2):$$

اکنون با توجه به این که درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر (${}^{40}A_1$) برابر ۶۰٪ است، درصد فراوانی ایزوتوپ متوسط (${}^{42}A_2$)، یعنی مقدار F_2 را به دست می‌آوریم:

$$F_1 + F_2 + F_3 = 100, F_1 = 60 \Rightarrow 60 + F_2 + F_3 = 100 \Rightarrow F_3 = 40 - F_2$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} \Rightarrow 41 = \frac{(40 \times 60) + (42 \times F_2) + (44 \times (40 - F_2))}{100} \Rightarrow 4100 = 2400 + 42 F_2 + 1760 - 44 F_2 \Rightarrow 2 F_2 = 60 \Rightarrow F_2 = 30\%$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) + \dots \Rightarrow 41 = 40 + \frac{F_2}{100}(42 - 40) + \frac{40 - F_2}{100}(44 - 40) \Rightarrow 100 = 2 F_2 + 4(40 - F_2) = 2 F_2 + 160 - 4 F_2$$

$$\Rightarrow 2 F_2 = 60 \Rightarrow F_2 = 30\%$$

درصد فراوانی ایزوتوپ سبک (A_1) و ایزوتوپ متوسط (A_2) به ترتیب برابر ۶۰٪ و ۳۰٪ است؛ بنابراین به ازای هر ایزوتوپ متوسط، دو ایزوتوپ سبک وجود دارد.

با توجه به اطلاعات مسئله، اگر عدد جرمی ایزوتوپ متوسط برابر M باشد، عدد جرمی ایزوتوپ سبک‌تر (M-۱) و عدد جرمی ایزوتوپ سنگین‌تر (M+۲) **۳ ۸۷ B**

است و همچنین اگر فراوانی ایزوتوپ متوسط را برابر ۱ در نظر بگیریم، فراوانی ایزوتوپ سنگین، ۲ و فراوانی ایزوتوپ سبک برابر ۴ خواهد بود پس داریم:

$$2 = \text{فراوانی}, M+2 = \text{عدد جرمی سنگین}, M = \text{فراوانی}, M-1 = \text{عدد جرمی سبک}$$

$$\text{جرم اتمی میانگین} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{(M-1) \times 4 + M \times 1 + (M+2) \times 2}{7} = M$$

روش اول (تشریحی):

$$\begin{aligned} \text{جرم اتمی میانگین} &= M_1 + P_1(M_2 - M_1) + P_2(M_3 - M_1) + \dots = (M-1) + \frac{1}{7} \underbrace{(M - (M-1))}_1 + \frac{2}{7} \underbrace{((M+2) - (M-1))}_3 \\ &= (M-1) + \frac{1}{7}(1) + \frac{2}{7}(3) = (M-1) + 1 = M \end{aligned}$$

روش دوم (تستی):

ایزوتوپ سنگین‌تر را $^{a+2}_Z X$ و ایزوتوپ سبک‌تر را $^a_Z X$ در نظر می‌گیریم. به ازای هر ۶ اتم $^a_Z X$ ، ۴ اتم $^{a+2}_Z X$ وجود دارد، پس خواهیم داشت:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{121 \times 8}{10} = \frac{(a \times 6) + ((a+2) \times 4)}{10} \Rightarrow 1218 = 6a + 4a + 8 \Rightarrow 1210 = 10a \Rightarrow a = 121$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + P_1(M_2 - M_1) + \dots = 121 \times 8 = a + \frac{4}{10} \underbrace{((a+2) - a)}_2 \Rightarrow 121 \times 8 = a + 0.8 \Rightarrow a = 121$$

روش دوم (تستی):

$$^a_Z X \begin{cases} n - e = 19 \\ n + Z = 121 \end{cases} \xrightarrow{e=Z} \begin{cases} n - Z = 19 \\ n + Z = 121 \end{cases} \Rightarrow 2Z = 102 \Rightarrow Z = 51$$

پس عدد جرمی ایزوتوپ سبک‌تر برابر ۱۲۱ است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(6 \times 3) + (7 \times 47)}{3 + 47} = 6/94 \text{ amu} \quad \text{روش اول (تشریحی):}$$

عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):

$$\bar{M} = M_1 + P_1(M_2 - M_1) = M_1 + \frac{F_2}{F_1 + F_2} (F_2 - 1) = M_1 + 0.94 \Rightarrow \bar{M} = M_1 + 0.94$$

روش دوم (تستی):

$$\text{تفاوت جرم اتمی میانگین و جرم ایزوتوپ سنگین‌تر برابر } 6 \text{ amu} \text{ است. عبارت (ب):}$$

$$2000 \times \frac{3}{50} \times 3 + 2000 \times \frac{47}{50} \times 4 = 7880$$

$$^5_1\text{H} \text{ بیشترین نیم عمر را دارد که دارای ۴ نوترون است.}$$

$$\text{در ایزوتوپ سنگین‌تر عنصر لیتیم } (^7_3\text{Li}) \text{ نیز چهار نوترون وجود دارد.}$$

$$^{63}_{29}\text{Cu} \text{ و } ^{66}_{29}\text{Cu} \text{ به ترتیب برابر } 3X \text{ و } 2X \text{ باشد. تعداد ایزوتوپ‌های } ^{64}_{29}\text{Cu} \text{ برابر } (40 - 5X) \text{ است.}$$

با توجه به جرم اتمی میانگین نمونه، مقدار X را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \Rightarrow 64/2 = \frac{63(2X) + 64(40 - 5X) + 66(3X)}{40} \Rightarrow X = 2$$

روش اول:

$$40 - 5X = 40 - 5(2) = 30$$

پس در این نمونه که حاوی $^{64}_{29}\text{Cu}$ اتم ۴۰ است، $^{64}_{29}\text{Cu}$ هستند:

$$\text{بنابراین درصد فراوانی } ^{64}_{29}\text{Cu} \text{ برابر } 75\% \left(\frac{30}{40} \times 100 \right) \text{ است. این مسئله را می‌توانستید با مجموع اختلاف شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها نیز حل کنید.}$$

$$\text{روش دوم: اختلاف شمار نوترون و پروتون‌ها در } ^{64}_{29}\text{Cu}, ^{66}_{29}\text{Cu} \text{ و } ^{63}_{29}\text{Cu} \text{ به ترتیب برابر } 5, 8 \text{ و } 6 \text{ است؛ پس خواهیم داشت:}$$

$$\text{مجموع اختلاف نوترون‌ها و پروتون‌ها} = (3X \times 8) + (2X \times 5) + ((40 - 5X) \times 6) = 248 \Rightarrow 24X + 10X + 240 - 30X = 248$$

$$\Rightarrow 4X + 240 = 248 \Rightarrow 4X = 8 \Rightarrow X = 2$$

$$\text{پس در این نمونه که حاوی } ^{64}_{29}\text{Cu} \text{ اتم ۴۰ است، } ^{64}_{29}\text{Cu} \text{ اتم } 30 \text{ است } (40 - 5(2) = 30) \text{ و درصد فراوانی این ایزوتوپ برابر } 75\% \left(\frac{30}{40} \times 100 \right) \text{ می‌باشد.}$$

قسمت اول: ابتدا به کمک شکل داده شده، جرم اتمی میانگین عنصر X را به دست می‌آوریم:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{(31 \times 9) + (32 \times 7) + (33 \times 4)}{9 + 7 + 4} \Rightarrow \bar{M} = \frac{279 + 224 + 132}{20} = \frac{635}{20} = 31.75 \text{ amu}$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + P_1(M_2 - M_1) + P_2(M_3 - M_1) = 31 + \frac{7}{20} (32 - 31) + \frac{4}{20} (33 - 31) \Rightarrow \bar{M} = 31 + 0.35 + 0.40 = 31.75 \text{ amu}$$

روش دوم (تستی):

قسمت دوم: با حذف تعدادی از ایزوتوپ‌های سبک‌تر، طبیعتاً جرم اتمی میانگین عنصر افزایش می‌یابد؛ بنابراین طی این فرایند جرم اتمی میانگین X، 31.75 amu افزایش یافته و برابر $32 \left(31.75 + 0.25 \right)$ می‌شود. اکنون با توجه به جرم اتمی میانگین جدید و شمار اتم‌های دو ایزوتوپ دیگر، تعداد ایزوتوپ‌های سبک حذف شده

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1' + F_2 + F_3} \Rightarrow 32 = \frac{(31 \times (9 - n)) + (32 \times 7) + (33 \times 4)}{(9 - n) + 7 + 4}$$

(n) از نمونه اولیه را به دست می‌آوریم:

$$\Rightarrow 32(20 - n) = 31(9 - n) + (32 \times 7) + (33 \times 4) \Rightarrow 640 - 32n = 279 - 31n + 224 + 132 \Rightarrow n = 5$$

پس طی این فرایند ۵ عدد از ایزوتوپ‌های $^{31}_{13}\text{X}$ از نمونه حذف شده است.

- ۱۹۲ A) اتم‌ها به‌طور باورنکردنی ریز هستند به‌طوری که نمی‌توان با هیچ دستگاهی و حتی با شمردن تک‌تک آن‌ها، شمار آن‌ها را به‌دست آورد.
- ۱۹۳ B) فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (پ): جرم پروتون و نوترون به‌تقریب برابر ۱ amu است. از آنجا که هر واحد جرم اتمی (amu) معادل $1/66 \times 10^{-24}$ g است، پس جرم پروتون و نوترون را می‌توان تقریباً $1/66 \times 10^{-24}$ g در نظر گرفت. عبارت (ت): جرم یک مول اتم ^1H به‌تقریب برابر یک گرم است:

$$1 \text{ g } ^1\text{H} \times \frac{1 \text{ mol } ^1\text{H}}{1 \text{ g } ^1\text{H}} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom } ^1\text{H}}{1 \text{ mol } ^1\text{H}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ atom } ^1\text{H}$$

عبارت (ث): جرم نوترون، پروتون و الکترون به‌ترتیب برابر 1.0087 amu ، 1.0073 amu و 0.0005 amu است. بنابراین:

$$\frac{\text{جرم پروتون} - \text{جرم نوترون}}{\text{جرم الکترون}} = \frac{1.0087 - 1.0073}{0.0005} = 2/8$$

$$^{27}_{17}\text{X}^{3+}: p=27, e=p-3=27-3=24, n-e=7 \xrightarrow{e=24} n=32$$

۱۹۴ B) ابتدا عدد جرمی عنصر X را به‌دست می‌آوریم:

تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های عنصر X به ترتیب برابر ۲۷ و ۳۲ است، پس عدد جرمی عنصر X برابر $(27+32) 59$ است. همان‌طور که می‌دانید، مقدار عددی جرم اتمی را می‌توانیم برابر عدد جرمی در نظر بگیریم؛ بنابراین جرم اتمی عنصر X برابر 59 amu است. اکنون جرم یک اتم ^{59}X را برحسب گرم به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g } ^{59}\text{X} = 1 \text{ atom X} \times \frac{59 \text{ amu}}{1 \text{ atom X}} \times \frac{1/66 \times 10^{-24} \text{ g}}{1 \text{ amu}} = 9/794 \times 10^{-23} \text{ g}$$

۱۹۵ B) قسمت اول: ابتدا جرم اتمی عنصر مورد نظر را برحسب یکای amu به‌دست می‌آوریم. می‌دانیم که هر amu معادل $1/66 \times 10^{-24} \text{ g}$ است:

$$? \text{ amu} = 1 \text{ atom} \times \frac{1/328 \times 10^{-22} \text{ g}}{1 \text{ atom}} \times \frac{1 \text{ amu}}{1/66 \times 10^{-24} \text{ g}} = \frac{132/8}{1/66} = 80 \text{ amu}$$

همان‌طور که می‌دانید، مقدار عددی جرم اتمی عنصر را می‌توان به‌تقریب برابر عدد جرمی آن در نظر گرفت؛ پس عدد جرمی این ایزوتوپ برابر 80 بوده و تعداد پروتون‌های این ایزوتوپ برابر 35 ($80-45$) است؛ بنابراین عنصر مورد نظر $^{80}_{35}\text{Br}$ می‌باشد. قسمت دوم: جرم اتمی ایزوتوپ ^{12}C برابر 12 amu است؛ بنابراین نسبت جرم اتمی $^{80}_{35}\text{Br}$ به $^{12}_6\text{C}$ به‌تقریب برابر $6/67$ ($\frac{80}{12}$) است.

$$\text{NH}_4^+: p=7+4(1)=11, n=(14-7)+4(0)=7, e=Z-1=11-1=10$$

۱۹۶ B) هر یون NH_4^+ متشکل از ۱ اتم $^{14}_7\text{N}$ و ۴ اتم ^1H است:

پس هر یون NH_4^+ در مجموع 28 ($11+7+10$) ذره زیراتمی دارد. پس خواهیم داشت:

$$? \text{ ذره زیراتمی} = 4/214 \times 10^{24} = \frac{28 \text{ ذره زیراتمی}}{1 \text{ ion NH}_4^+} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ ion NH}_4^+}{1 \text{ mol NH}_4^+} \times \frac{1 \text{ mol NH}_4^+}{18 \text{ g NH}_4^+} \times \frac{4 \text{ g NH}_4^+}{5 \text{ g NH}_4^+} = 4/214 \times 10^{24}$$

+ توضیح محاسبات

$$\frac{4/5 \times 6.02 \times 10^{23} \times 28}{18} = ? \xrightarrow[\text{به جای } 6.02 \times 10^{23} \text{ عدد } 6 \text{ قرار گیرد}]{\text{تخمین زدن}} \frac{4/5 \times 6 \times 10^{23} \times 28}{18} = \frac{4/5 \times 10^{23} \times 28}{3} = \frac{1/5 \times 10^{23} \times 28}{1} = 1/5 \times 10^{23} \times 28 = 4/214 \times 10^{24}$$

پاسخ باید اندکی بزرگ‌تر از $4/214 \times 10^{24}$ باشد. (پاسخ: $4/212 \times 10^{24}$)

۱۹۷ B) روش اول (کسر تبدیل): ابتدا تعداد اتم‌های هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom H} = 9/6 \text{ g C}_6\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_8}{128 \text{ g C}_6\text{H}_8} \times \frac{8 \text{ mol H}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_8} \times \frac{N_A \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} = 0/6 N_A \text{ atom H}$$

اکنون جرم $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ را که در آن $0/6 N_A$ اتم کربن وجود دارد به‌دست می‌آوریم:

$$? \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 0/6 N_A \text{ atom C} \times \frac{1 \text{ mol atom C}}{N_A \text{ atom C}} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{6 \text{ mol atom C}} \times \frac{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 18 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\text{H اتم: } \frac{\text{تعداد اتم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{x}{8 \times N_A} = \frac{9/6}{128} \Rightarrow x = 0/6 N_A \text{ atom H}$$

روش دوم (تستی):

$$\text{C اتم: } \frac{\text{تعداد اتم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{0/6 N_A}{6 \times N_A} = \frac{y}{180} \Rightarrow y = 18 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\text{جرم مولی} = 1+14+3(16) = 63 \text{ g.mol}^{-1}$$

۱۹۸ A) جرم مولی HNO_3 برابر است با:

جرم نمونه‌ای از آن که دارای $7/525 \times 10^{22}$ اتم است را به‌دست می‌آوریم:

$$7/525 \times 10^{22} \text{ اتم} \times \frac{1 \text{ mol اتم}}{6.02 \times 10^{23} \text{ اتم}} \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{63 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ mol HNO}_3} = 1/575 \text{ g HNO}_3$$

۲ ۱۰۳ B ابتدا مجموع جرم مواد موجود در ظرف A را محاسبه می‌کنیم:

$$? g N_2O_5 = 9/3 \times 10^{23} \text{ molecule } N_2O_5 \times \frac{1 \text{ mol } N_2O_5}{6/02 \times 10^{23} \text{ molecule } N_2O_5} \times \frac{108 g N_2O_5}{1 \text{ mol } N_2O_5} = 162 g N_2O_5$$

$$? g C_3H_6O = 0/5 \text{ mol } C_3H_6O \times \frac{58 g C_3H_6O}{1 \text{ mol } C_3H_6O} = 29 g C_3H_6O, \quad \text{مجموع جرم مواد ظرف A} = 162 + 29 = 191$$

جرم مولی عنصر X را M فرض می‌کنیم. مجموع جرم مواد موجود در ظرف B برابر است با:

$$? g I_2 = 0/5 \text{ mol } I_2 \times \frac{254 g I_2}{1 \text{ mol } I_2} = 127 g I_2 \quad ? g X_2 = 0/4 \text{ mol } X_2 \times \frac{2M g}{1 \text{ mol } X_2} = 0/8M g X_2$$

$$B \text{ مجموع جرم مواد موجود در ظرف } = 127 + 0/8M$$

$$191 = 127 + 0/8M \Rightarrow M = 80$$

از آنجا که جرم محتویات ظرف‌های A با B برابر است، M را به دست می‌آوریم:

پس X، عنصر ^{80}Br است.

۴ ۱۰۴ B ابتدا شمار اتم‌های اکسیژن موجود در نمونه گاز SO_3 را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom O} = 0/2 \text{ mol S} \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{1 \text{ mol S}} \times \frac{3 \text{ mol O}}{1 \text{ mol } SO_3} \times \frac{N_A \text{ atom O}}{1 \text{ mol O}} = 0/6 N_A \text{ atom O}$$

سپس شمار اتم‌های نیتروژن موجود در نمونه گاز N_2O_5 را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ atom N} = 3/01 \times 10^{22} \text{ مولکول } N_2O_5 \times \frac{1 \text{ mol } N_2O_5}{6/02 \times 10^{23} \text{ مولکول } N_2O_5} \times \frac{2 \text{ mol N}}{1 \text{ mol } N_2O_5} \times \frac{N_A \text{ atom N}}{1 \text{ mol N}} = 0/1 N_A \text{ atom N}$$

در نتیجه در نمونه اتانویک اسید باید $(0/6 N_A - 0/1 N_A) = 0/5 N_A$ اتم هیدروژن وجود داشته باشد.

$$? g CH_3COOH = 0/5 N_A \text{ atom H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{N_A \text{ atom H}} \times \frac{1 \text{ mol } CH_3COOH}{4 \text{ mol H}} \times \frac{60 g CH_3COOH}{1 \text{ mol } CH_3COOH} = 7/5 g CH_3COOH$$

۱ ۱۰۵ B با توجه به اینکه در این مخلوط فقط مولکول‌های استون دارای اکسیژن هستند می‌توان از تعداد اتم‌های اکسیژن، جرم استون را در مخلوط محاسبه کرد:

$$9/03 \times 10^{22} O \times \frac{1 \text{ mol O}}{6/02 \times 10^{23} O} \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_6O}{1 \text{ mol O}} \times \frac{58 g C_3H_6O}{1 \text{ mol } C_3H_6O} = 8/7 g C_3H_6O$$

پس در این مخلوط $8/7 g$ استون (C_3H_6O) و $8/6 g$ (هگزان (C_6H_{14}) وجود دارد. اکنون مقدار مول کربن را در هر ماده محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol C} = 9/03 \times 10^{22} O \times \frac{1 \text{ mol O}}{6/02 \times 10^{23} O} \times \frac{3 \text{ mol C}}{1 \text{ mol O}} = 0/45 \text{ mol C}$$

$$? \text{ mol C} = 8/6 g C_6H_{14} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{14}}{86 g C_6H_{14}} \times \frac{6 \text{ mol C}}{1 \text{ mol } C_6H_{14}} = 0/6 \text{ mol C}$$

در مجموع $0/5 \text{ mol}$ ($0/45 + 0/05$) کربن در مخلوط وجود دارد.

۲ ۱۰۶ B بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): بار الکتریکی نسبی پروتون (${}_1^1p$) و الکترون (${}_1^0e$) به ترتیب برابر $+1$ و -1 است. این در حالی است که بار

مطلق پروتون و الکترون در واحد SI به ترتیب برابر $+1/6 \times 10^{-19} C$ و $-1/6 \times 10^{-19} C$ است. گزینه (۳): تعداد اتم‌ها در $64 g$ Cu :

$$? \text{ atom Cu} = 6/4 g Cu \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{64 g Cu} \times \frac{N_A \text{ atom Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 0/1 N_A \text{ atom Cu}$$

$$? \text{ atom Al} = 0/2 \text{ mol Al} \times \frac{N_A \text{ atom Al}}{1 \text{ mol Al}} = 0/2 N_A \text{ atom Al}$$

تعداد اتم‌ها در $0/2 \text{ mol}$ Al :

تعداد اتم‌ها در دو نمونه یکسان نیست! گزینه (۴): عنصر هیدروژن به صورت مولکول‌های دواتمی H_2 است، پس خواهیم داشت:

$$? \text{ mole } H_2 = 1 g H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 g H_2} \times \frac{6/02 \times 10^{23} \text{ molecule } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 3/01 \times 10^{23} \text{ molecule } H_2$$

$$1 \text{ mol} \times \frac{6/02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}} \times \frac{3/23 g}{3/01 \times 10^{23}} = 64/6 g$$

۳ ۱۰۷ B ابتدا جرم مولی (جرم یک مول) ترکیب A_2O را به دست می‌آوریم:

$$2M_A + 16 = 64/6 \Rightarrow M_A = 24/3 g \cdot mol^{-1}$$

اکنون جرم مولی A را به دست می‌آوریم:

مقدار عددی جرم مولی (برحسب گرم بر مول) را می‌توان برابر مقدار عددی جرم اتمی میانگین (برحسب amu) در نظر گرفت:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} \Rightarrow 24/3 = \frac{23 F_1 + 25 F_2}{F_1 + F_2}, F_1 + F_2 = 100 \Rightarrow F_1 = 35, F_2 = 65$$

درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر برابر 35 و درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر 65 است. نسبت فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر به سنگین‌تر برابر است با: $\frac{35}{65} = 0/54$

مرحله اول: مقدار عددی جرم اتمی عناصر را می‌توانیم به تقریب برابر عدد جرمی آن‌ها در نظر بگیریم؛ بنابراین جرم اتمی D، A و E به ترتیب برابر x ، $2x$ و $4x$ گرم بر مول است. اکنون به کمک مجموع جرم اتم‌های موجود در ظرف، مقدار x را به دست می‌آوریم:

$$? g A = \frac{1}{\Delta \text{mol A}} \times \frac{(x) g A}{1 \text{ mol A}} = \frac{1}{\Delta x} g A \quad ? g E = \frac{1}{\Delta \text{mol E}} \times \frac{(4x) g E}{1 \text{ mol E}} = 4x g E$$

$$? g D = \frac{1}{\Delta \text{mol D}} \times \frac{(2x) g D}{1 \text{ mol D}} = 2x g D$$

مجموع جرم اتم‌های موجود در ظرف برابر $85g$ بوده است؛ بنابراین: $85 = \Delta x + 4x + 2x \Rightarrow 85 = 7\Delta x \Rightarrow \Delta x = 10 \Rightarrow x = 10$

مرحله دوم: منظور از ذرات زیراتمی باردار درون هسته، همان پروتون‌ها است. در اتم‌های A، D و E به ترتیب x ، $2x$ و $4x$ پروتون وجود دارد. ابتدا شمار پروتون‌های

موجود در این سه نمونه را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol (A پروتون در نمونه)} = \frac{1}{\Delta \text{mol A}} \times \frac{(x) \text{mol پروتون}}{1 \text{ mol A}} = \Delta y \text{ mol پروتون}$$

$$? \text{ mol (D پروتون در نمونه)} = \frac{1}{\Delta \text{mol D}} \times \frac{(2x) \text{mol پروتون}}{1 \text{ mol D}} = 2x \text{ mol پروتون}$$

$$? \text{ mol (E پروتون در نمونه)} = \frac{1}{\Delta \text{mol E}} \times \frac{(4x) \text{mol پروتون}}{1 \text{ mol E}} = 4x \text{ mol پروتون}$$

مجموع شمار مول پروتون‌های موجود در ظرف برابر $42/5$ مول بوده است، پس y برابر است با:

$$\Delta y + 2x + 4x = 42/5 \xrightarrow{x=10} \Delta y + 2(10) + 4(10) = 42/5 \Rightarrow \Delta y + 60 = 42/5 \Rightarrow \Delta y = 2/5 \Rightarrow y = 5$$

$$\overline{Cl} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(35 + 75) + (37 \times 25)}{75 + 25} = 35/5 \text{ amu}$$

۱۰۹ ابتدا جرم اتمی میانگین اتم کلر را محاسبه می‌کنیم:

اگر جرم اتمی میانگین نیکل را x در نظر بگیریم، جرم مولی ترکیب $NiCl_2$ برابر است با:

با توجه به تعداد اتم‌های موجود در $14/4$ گرم از این ترکیب داریم:

$$14/4 g NiCl_2 \times \frac{1 \text{ mol NiCl}_2}{(71+x) g NiCl_2} \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ molecule}}{1 \text{ mol NiCl}_2} \times \frac{3 \text{ atom}}{1 \text{ molecule}} = 2 \times 10^{23} \text{ atom} \Rightarrow x = 58/6 g \cdot \text{mol}^{-1}$$

پس جرم اتمی میانگین نیکل برابر $58/6 \text{ amu}$ است. درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر را F_1 در نظر می‌گیریم، پس خواهیم داشت: $F_1 + F_2 = 100 \Rightarrow F_2 = 100 - F_1$

$$\overline{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{58 F_1 + 60 (100 - F_1)}{100} = 58/6 \Rightarrow 5860 = 58 F_1 + 6000 - 60 F_1 \Rightarrow 140 = 2 F_1 \Rightarrow F_1 = 70, F_2 = 30$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{70}{30} = \frac{7}{3}$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\text{جرم آهن} = \frac{75}{100} \times (\text{جرم استوانه} \times \text{چگالی}) = \frac{75}{100} \times [3 / (3 \times 2^2 \times 3)] = 83/7 g$$

۱۱۰ ابتدا باید جرم آهن موجود در استوانه را محاسبه کنیم:

پس از محاسبه جرم آهن، باید تعداد مول آهن را به دست آوریم، در نتیجه باید جرم مولی آهن را محاسبه کنیم و برای محاسبه جرم مولی لازم است که جرم اتمی میانگین

$$\text{آهن را به دست آوریم: } ? \text{ mol Fe} = \frac{83/7 g Fe}{55/8 g Fe} = \frac{1}{\Delta} \text{ mol Fe} \quad \text{جرم اتمی میانگین (جرم مولی آهن)} = \frac{(90 \times 56) + (10 \times 54)}{100} = 55/8$$

۹۰٪ از این ۱/۵ مول آهن را $^{56}_{26}Fe$ تشکیل می‌دهد که هر اتم آن ۳۰ نوترون دارد و ۱۰٪ بقیه را $^{54}_{26}Fe$ تشکیل می‌دهد که هر اتم آن ۲۸ نوترون دارد. بنابراین مجموع

$$\text{تعداد نوترون‌ها برابر است با: } \text{تعداد نوترون‌ها در } ^{56}_{26}Fe = \frac{1}{\Delta} \times \frac{90}{100} \times 30 \times N_A = 40/5 N_A$$

$$\text{تعداد نوترون‌ها در } ^{54}_{26}Fe = \frac{1}{\Delta} \times \frac{10}{100} \times 28 \times N_A = 4/2 N_A \quad \text{مجموع تعداد نوترون‌ها} = 40/5 N_A + 4/2 N_A = 44/7 N_A$$

۱۱۱ جرم آمونیاک را x گرم و جرم متان را $(20-x)$ گرم در نظر می‌گیریم و جرم اتم‌های هیدروژن را بر حسب x محاسبه می‌کنیم:

$$? g H = x g NH_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 g NH_3} \times \frac{3 \text{ mol H}}{1 \text{ mol NH}_3} \times \frac{1 g H}{1 \text{ mol H}} = \frac{3}{17} x g H$$

$$? g H = (20-x) g CH_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 g CH_4} \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{1 g H}{1 \text{ mol H}} = \frac{(20-x)}{4} g H$$

$$\frac{3}{17} x + \frac{1}{4} (20-x) = 4 \Rightarrow x = 13/6 g \text{ (جرم آمونیاک)}$$

از آنجا که جرم اتم‌های هیدروژن مخلوط برابر ۴ گرم است، می‌توان مقدار x را به دست آورد:

$$\text{جرم متان} = 20 - 13/6 = 6/4 \text{ g}$$

به این ترتیب در این مخلوط ۶/۴ گرم متان وجود دارد.

$$\text{اکنون شمار اتم‌های کربن را به دست می‌آوریم: } \text{اتم C} = 6/4 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ اتم C}}{1 \text{ mol C}} = 2/40.8 \times 10^{23} \text{ اتم C}$$

۱۱۲ C ۴ قسمت اول: در صورت مسئله گفته شده که عدد جرمی ایزوتوپ سبک‌تر برابر ۲۴ بوده (^{24}X) و ایزوتوپ سنگین‌تر آن ۴ نوترون بیشتر از ایزوتوپ

سبک‌تر دارد، بنابراین عدد جرمی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر ۲۸ خواهد بود (^{28}X). ابتدا جرم اتمی میانگین عنصر X را به دست می‌آوریم: (درصد فراوانی ایزوتوپ‌های

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{100} = \frac{(24 \times 75) + (28 \times 25)}{100} = \frac{1800 + 700}{100} = 25 \text{ amu}$$

^{24}X و ^{28}X به ترتیب برابر ۷۵٪ و ۲۵٪ است. (روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) = 24 + \frac{25}{100} (28 - 24) = 24 + \frac{1}{4} (4) = 25 \text{ amu}$$

روش دوم (تستی):

می‌دانیم که مقدار عددی جرم اتمی یک عنصر بر حسب amu، با جرم مولی آن عنصر بر حسب g.mol^{-1} برابر است. اکنون شمار ایزوتوپ‌های عنصر سبک‌تر

$$\text{را در } 200 \text{ گرم از عنصر X محاسبه می‌کنیم: } \text{atom } ^{24}\text{X} = 200 \text{ g X} \times \frac{1 \text{ mol X}}{25 \text{ g X}} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ atom X}}{1 \text{ mol X}} \times \frac{75 \text{ atom } ^{24}\text{X}}{100 \text{ atom X}} = 3/6.12 \times 10^{24} \text{ atom } ^{24}\text{X}$$

قسمت دوم: ابتدا جرم اتمی میانگین عنصر Y را به دست می‌آوریم: (درصد فراوانی ^{35}Y و ^{37}Y را به ترتیب برابر F_1 و F_2 در نظر می‌گیریم).

$$F_1 + F_2 = 100, F_2 = \frac{1}{4} F_1 \Rightarrow F_1 + \frac{1}{4} F_1 = 100 \Rightarrow \frac{5}{4} F_1 = 100 \Rightarrow F_1 = 80, F_2 = 20$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{100} = \frac{(35 \times 80) + (37 \times 20)}{100} = \frac{2800 + 740}{100} = 35/4 \text{ amu}$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) = 35 + \frac{20}{100} (37 - 35) = 35 + 0/2 (2) = 35/4 \text{ amu}$$

روش دوم (تستی):

اکنون جرم مولکولی میانگین XY_2 را به دست می‌آوریم: $\text{XY}_2 = 1(\text{جرم اتمی X}) + 2(\text{جرم اتمی Y}) = 1(25) + 2(35/4) = 95/8 \text{ amu}$

۱۱۳ A ۴ دمای اجسام بسیار داغ را نمی‌توان با ابزاری مانند دماسنج به‌طور مستقیم تعیین کرد؛ زیرا دماسنج در این دماها ذوب می‌شود.

۱۱۴ A ۲ خورشید و دیگر اجرام آسمانی از ما بسیار دور هستند و ویژگی‌های آن‌ها را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. دانشمندان با دستگاهی به نام طیف‌سنج

می‌توانند از پرتوهای گسیل‌شده از مواد گوناگون اطلاعات ارزشمندی درباره آن‌ها به دست آورند. مثلاً بی‌برند یک ستاره یا سیاره از چه ساخته شده و دمای آن چقدر است.

۱۱۵ A ۱ فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): دانشمندان با دستگاهی به نام طیف‌سنج از پرتوهای گسیل‌شده از مواد گوناگون اطلاعات

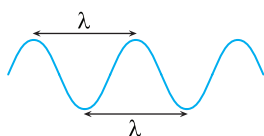
ارزشمندی به دست می‌آورند. عبارت (ب): هر چه طول موج یک پرتو الکترومغناطیسی کوتاه‌تر باشد، آن موج انرژی بیشتری دارد و برعکس. $E \propto \frac{1}{\lambda}$ (انرژی)

* توجه: طیف‌سنج جرمی، دستگاهی است که جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌کند.

عبارت (پ): چشم می‌تواند گستره محدودی از نور را ببیند که به آن، گستره مرئی می‌گویند. عبارت (ت): نور خورشید شامل گستره بسیار بزرگی از پرتوهای

الکترومغناطیس است که گستره مرئی تنها بخش کوچکی از آن است. گستره مرئی امواج الکترومغناطیس شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است که این

گستره، رنگ سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش را در برمی‌گیرد.



۱۱۶ B ۳ طبق تعریف، فاصله بین دو قله متوالی یا دو دره متوالی یک موج طول موج نامیده می‌شود و آن را با نماد (λ)

نشان می‌دهند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): میزان شکست پرتو در منشور با طول موج پرتو رابطه معکوس و با انرژی

پرتو رابطه مستقیم دارد. پس در میان پرتوهای مرئی، بیشترین میزان انحراف مربوط به پرتوهای بنفش و کمترین انحراف

مربوط به پرتوهای سرخ است. گزینه (۲): در گستره امواج الکترومغناطیسی، طول موج پرتوهای فرابنفش کمتر از ۴۰۰

نانومتر و طول موج پرتوهای فروسرخ بیشتر از ۷۰۰ نانومتر است. گزینه (۴): به کمک دوربین‌های حساس به پرتوهای فرابنفش می‌توان از خورشید تصویربرداری نمود.

۱۱۷ B ۲ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نور مرئی، بخش کوچکی از گستره امواج الکترومغناطیسی در ناحیه ۴۰۰

تا ۷۰۰ نانومتر را در برمی‌گیرد. عبارت‌های (ب) و (ث): میزان شکست پرتو در منشور با طول موج پرتو رابطه معکوس و با انرژی پرتو رابطه مستقیم دارد. پس میزان

انحراف پرتوهای آبی بیشتر از پرتوهای زرد است. عبارت (پ): در گستره امواج الکترومغناطیسی، از سمت امواج رادیویی به پرتوهای گاما، طول موج کاهش و انرژی

موج افزایش می‌یابد؛ بنابراین انرژی پرتوهای گاما بیشتر از پرتوهای ایکس و طول موج پرتوهای فرابنفش کوتاه‌تر از ریزموج‌هاست. عبارت (ت): نور خورشید شامل

گستره بزرگی از پرتوهای الکترومغناطیسی است که با خود انرژی حمل می‌کنند. نور مرئی نیز بخش کوچکی از این گستره است.

۱۱۸ A ۴ میزان شکست نور در منشور با طول موج رابطه معکوس دارد، پس میزان انحراف نور بنفش بیشتر از نور نیلی است.

* توجه: مقایسه طول موج و انرژی پرتوهای مرئی به صورت روبه‌رو است: سرخ < نارنجی < زرد < سبز < آبی < نیلی < بنفش: مقایسه طول موج

بنفش < نیلی < آبی < سبز < زرد < نارنجی < سرخ: مقایسه انرژی

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با توجه به گستره امواج الکترومغناطیس، ریزموج‌ها نسبت به پرتوهای فروسرخ طول موج بلندتر و انرژی کمتری دارند. گزینه (۲):

دمای نور با انرژی نور رابطه مستقیم و با طول موج رابطه عکس دارد. پس دمای نور زرد بیشتر از نور نارنجی است. گزینه (۳): نور آبی نسبت به نور سبز طول موج

کمتر و انرژی بیشتری دارد.

B ۱۱۹ ۱ فقط مورد (ث) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): انرژی و دمای نور سرخ کمتر از نور زرد است. عبارت (پ): مقایسه انرژی پرتوها به صورت مقابل است:

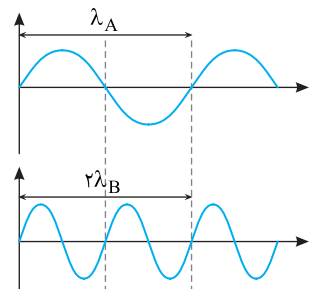
بنابراین اختلاف انرژی نور سرخ با پرتوی فروسرخ، بیشتر از اختلاف انرژی نور سرخ با پرتوی فروسرخ است. عبارت (ت): میزان انحراف در منشور با طول موج پرتو، رابطه معکوس دارد. پس میزان انحراف نور زرد بیشتر از نور سرخ است. عبارت (ث): مقایسه طول موج پرتوها به صورت مقابل است: پرتوی فرابنفش > نور زرد > نور سرخ: طول موج بنابراین اختلاف طول موج نور سرخ با پرتوی فرابنفش بیشتر از اختلاف طول موج نور زرد با پرتوی فرابنفش است.

B ۱۲۰ ۳ بیشترین طول موج در میان پرتوهای رنگی متعلق به نور سرخ است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): مقایسه انرژی پرتوهای مرئی به صورت زیر است: نور آبی < نور زرد < نور سرخ: مقایسه انرژی

بنابراین دماهای 175°C ، 80°C و 275°C را می‌توان به ترتیب به وسایل (ب)، (الف) و (پ) نسبت داد. گزینه (۲): هر چه طول موج یک پرتو بیشتر باشد، میزان انحراف آن هنگام عبور از منشور کمتر است.

نور سبز < نور زرد: مقایسه میزان شکست هنگام عبور از منشور

گزینه (۴): طول موج نور آبی کمتر از نور زرد است، پس در گستره امواج الکترومغناطیس، نور آبی به پرتوهای ایکس نزدیک‌تر است و اختلاف طول موج آن با پرتوهای ایکس کمتر از میزان اختلاف طول موج نور زرد با پرتوهای ایکس است.



$$\lambda_A = 2\lambda_B$$

B ۱۲۱ ۱ بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مطابق نمودار طول موج‌ها داریم:

پس اگر طول موج A، 600nm باشد، طول موج B، 300nm است. طول موج نور مرئی در بازه 400 تا 700 نانومتر است. پس موج B در گستره پرتوهای فرابنفش بوده و نامرئی است. عبارت (ب): طول موج پرتوی B نصف پرتوی A است. بنابراین اگر پرتوی A پرتویی از ناحیه مرئی (400 تا 700 نانومتر) باشد، طول موج پرتوی B می‌تواند بین 200 تا 350 نانومتر باشد که در ناحیه فرابنفش قرار می‌گیرد. عبارت (پ): طول موج پرتوی B نصف طول موج پرتوی A است. بنابراین اگر طول موج پرتوی A برابر 100 نانومتر باشد، آن‌گاه طول موج پرتوی B برابر 50 نانومتر خواهد بود. پس پرتوی B پرتویی فرابنفش است.

C ۱۲۲ ۱ فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در یون M^{2-} ، رابطه $e = p + 2$ برقرار است. بنابراین:

$$n - e = 39, n + e = 211 \Rightarrow n = 125, e = 86$$

عدد اتمی این عنصر 84 است. عبارت (ب): ابتدا نسبت جرم مولی B به A را به دست می‌آوریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{A عنصر } m \text{ گرم} \\ \text{B عنصر } m \text{ گرم} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{\frac{m}{\text{جرم مولی A}} \times N_A}{\frac{m}{\text{جرم مولی B}} \times N_A} = \frac{\text{جرم مولی B}}{\text{جرم مولی A}} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{\text{جرم مولی B}}{\text{جرم مولی A}} \Rightarrow \text{جرم مولی B} = \frac{4}{3} \times \text{جرم مولی A}$$

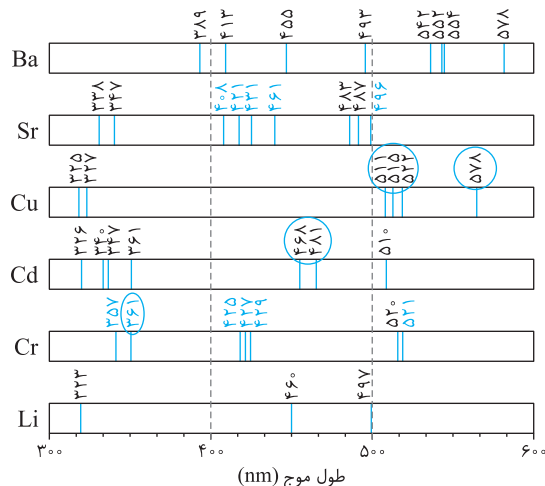
پس جرم $\frac{1}{6}$ مول A و $\frac{1}{8}$ مول B را حساب کرده و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی A} \times \frac{1}{6} = \text{جرم مولی A} \times \frac{1}{6} \times \frac{4}{3} = \text{جرم مولی A} \times \frac{2}{9} = \text{جرم مولی A} \times \frac{1}{8} \times \frac{4}{3} = \text{جرم مولی A} \times \frac{1}{6} \times \frac{4}{3} = \text{جرم مولی A} \times \frac{2}{9}$$

عبارت (پ): این مقایسه براساس میزان انرژی این پرتوها انجام شده و هرچه انرژی بیشتر باشد، طول موج کمتر است. هرچه انرژی یک پرتوی رنگی بیشتر باشد، هنگام عبور از منشور میزان انحراف بیشتری پیدا می‌کند؛ بنابراین مقایسه انجام شده صدق می‌کند. هرچه طول موج یک پرتوی رنگی بیشتر باشد، طول موج آن با طول موج پرتوهای X (که انرژی بیشتر و طول موج کمتری نسبت به پرتوهای مرئی دارند) اختلاف بیشتری دارد؛ در نتیجه مقایسه صحیح به صورت «زرد > سبز > نیلی» است. فاصله میان دو قله متوالی همان طول موج است. بنابراین مقایسه انجام شده تنها در ۱ مورد از موارد ذکر شده صادق است. عبارت (ت): طول موج پرتوهای سبز از طول موج پرتوهای زرد کوتاه‌تر است؛ بنابراین اگر پرتوی (A) مربوط به پرتوی زرد باشد، پرتوی (B) مربوط به پرتوی سبز خواهد بود.

A ۱۲۳ ۲ در اثر عبور نور نشر شده از شعله ترکیب یک عنصر از منشور، الگویی خطی و غیرپیوسته از خطوط رنگی به دست می‌آید که به آن طیف نشری خطی آن عنصر می‌گویند.

A ۱۲۴ ۳ به کمک طیف نشری خطی یک ماده، می‌توان به عناصر موجود در آن پی برد. در طیف نشری خطی نمونه مورد نظر، طیف فلزات D و F قابل مشاهده است و می‌توان گفت این فلزات در نمونه مورد نظر یافت می‌شود.



A ۱۲۵ ۱ با توجه به شکل مقابل که خطوط طیفی نمونه (۱) با دایره و خطوط طیفی نمونه (۲) با رنگ دیگری مشخص شده، می‌توان نتیجه گرفت که نمونه (۱) حاوی فلزهای Cu، Cr و Cd بوده و نمونه (۲) حاوی فلزهای Sr و Cr است.

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): هر سه فلز موجود در نمونه (۱) با حرف انگلیسی C آغاز می‌شوند.

گزینه (۲): در نمونه (۱) برخلاف نمونه (۲)، عنصر Cu وجود دارد. گزینه (۴): در میان فلزات داده شده، در نمونه (۱) تعداد بیشتری فلز به نسب به نمونه (۲) وجود دارد.

۲ ۱۲۶ A موارد اول و پنجم درست هستند. بررسی رنگ همه مواد:

- رنگ شعله فلز سدیم، بخار آن و ترکیب‌های گوناگون آن زرد رنگ است.
- رنگ شعله فلز مس و ترکیب‌های گوناگون آن سبز رنگ است.
- رنگ شعله لیتیم و ترکیب‌های گوناگون آن سرخ رنگ است.
- نور نشر شده از لامپ نئون سرخ فام است.
- رنگ شعله زرد است.
- رنگ شعله گاز شهری آبی رنگ است.

۲ ۱۲۷ B در آزمایش رنگ شعله می‌توان از خود فلز یا نمک فلز در حالت جامد و یا محلول نمک فلز در آب یا اتانول استفاده کرد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): نور نشر شده از شعله یک عنصر می‌تواند شامل پرتوهای الکترومغناطیسی در گستره مرئی و غیرمرئی (فرابنفش، فروسرخ و ...) باشد. گزینه (۳): طیف نشری خطی برای شناسایی عنصرهای نافلزی نیز کاربرد دارد. گزینه (۴): رنگ شعله فلز لیتیم و همه ترکیب‌های آن مانند لیتیم نیترات، لیتیم سولفات، لیتیم کلرید و ... سرخ رنگ است.

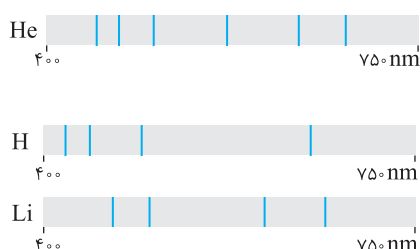
۲ ۱۲۸ B طیف‌های نشری خطی شماره (۱) تا (۴) به ترتیب مربوط به عنصرهای هیدروژن، هلیوم، سدیم و لیتیم است. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): رنگ شعله فلز لیتیم و ترکیب‌های گوناگون آن، سرخ رنگ است. گزینه (۲): از نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ رنگ استفاده می‌شود (نه سدیم!). گزینه (۳): هلیوم جزء گازهای نجیب بوده و در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار دارد. این عنصر همانند دیگر گازهای نجیب تمایلی به انجام واکنش‌های شیمیایی ندارد. گزینه (۴): هیدروژن فراوان‌ترین عنصر سازنده سیاره مشتری است.

نکته ترکیبی طیف نشری خطی عناصر هیدروژن، هلیوم، لیتیم و سدیم: در کتاب درسی، طیف نشری خطی چهار عنصر هیدروژن، هلیوم، لیتیم و سدیم نمایش داده شده است:

در مورد هر عنصر، به نکات زیر توجه نمایید:

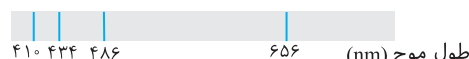
- **هیدروژن: (الف)** فراوان‌ترین عنصر سازنده مشتری است و بیش از ۹۰ درصد این سیاره را هیدروژن تشکیل می‌دهد. (ب) پس از مهبانگ به دنبال به وجود آمدن ذرات زیراتمی پروتون، نوترون و الکترون، عناصر هیدروژن و هلیوم پا به عرصه جهان گذاشتند. (پ) نخستین عنصر ساخته شده در روند تشکیل عنصرها در انفجار بزرگ (مهبانگ) است. (ت) گرما و نور خیره‌کننده خورشید به علت واکنش هسته‌ای تبدیل هیدروژن به هلیوم است. (ث) این عنصر ۷ ایزوتوپ دارد که ۳ ایزوتوپ اول (سبک‌تر) طبیعی هستند؛ در حالی که ۴ ایزوتوپ سنگین‌تر ساختگی هستند.
- در میان ایزوتوپ‌های هیدروژن، ۵ رادیوایزوتوپ وجود دارد که ترتیب پایداری آن‌ها به صورت ${}^1\text{H} < {}^2\text{H} < {}^3\text{H} < {}^4\text{H} < {}^5\text{H} < {}^6\text{H} < {}^7\text{H}$ می‌باشد و دو ایزوتوپ ${}^1\text{H}$ و ${}^2\text{H}$ آن کاملاً پایدار است. (ج) هیدروژن نخستین و سبک‌ترین عنصر جدول تناوبی است. (چ) خط با رنگ‌های قرمز، آبی، نیلی و بنفش وجود دارد.
- **هلیوم: (الف)** فراوان‌ترین گاز نجیب سیاره مشتری و دومین عنصر فراوان این سیاره است. (ب) این عنصر پس از تولید ذرات زیراتمی به دنبال مهبانگ به طور مستقیم از ذرات زیراتمی پدید آمد و پس از آن در ستاره‌ها طی واکنش‌های هسته‌ای از اتم‌های هیدروژن پدید می‌آید. (پ) هلیوم همانند هیدروژن در تشکیل سحابی‌ها و ستاره‌ها نقش دارد. (ت) در ستاره‌ها عناصری همچون لیتیم و کربن به طور مستقیم از هلیوم تولید می‌شوند. (ث) در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هلیوم، ۶ نوار رنگی دیده می‌شود.
- **لیتیم: (الف)** جزء نخستین عنصرهایی است که از واکنش‌های هسته‌ای هلیوم در ستاره‌ها تولید می‌شود. (ب) یک نمونه طبیعی از لیتیم شامل ۲ ایزوتوپ ${}^6\text{Li}$ و ${}^7\text{Li}$ است که درصد فراوانی آن‌ها به ترتیب برابر ۶٪ و ۹۴٪ می‌باشد. (پ) رنگ شعله لیتیم و ترکیبات آن سرخ است. (ت) در ناحیه مرئی طیف نشری خطی لیتیم همانند هیدروژن ۴ خط رنگی وجود دارد.
- **سدیم: (الف)** سومین عنصر گروه اول و دومین فلز قلیایی است. (ب) رنگ شعله سدیم و ترکیبات آن زرد است. (پ) نور زرد رنگ لامپ‌هایی که شب‌هنگام آژادراه‌ها، بزرگراه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازد به علت وجود بخار سدیم در آن‌ها است. (ت) طیف نشری خطی آن در ناحیه مرئی حاوی ۷ خط رنگی است.

۳ ۱۲۹ B فقط عبارت (ب) نادرست است. طیف‌های نشری خطی از بالا به پایین مربوط به عنصرهای هیدروژن، هلیوم، سدیم و لیتیم است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): طیف نشری خطی هیدروژن و لیتیم در گستره مرئی هر یک دارای ۴ خط یا طول موج رنگی است. عبارت (ب): طیف نشری خطی عنصر سدیم با ۷ خط یا طول موج رنگی، دارای بیشترین خطوط رنگی در میان این چهار طیف است. عبارت (پ): کوتاه‌ترین طول موج رنگی مربوط به رنگ بنفش است که در طیف نشری خطی هیدروژن دیده می‌شود. عبارت (ت): طیف نشری خطی هلیوم در گستره مرئی، دارای ۶ خط یا طول موج رنگی است.



۴ ۱۳۰ B همه مطالب به جز مورد چهارم، درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: رنگ شعله فلز لیتیم و همه ترکیب‌های آن به رنگ سرخ است. عبارت دوم: طیف نشری خطی هلیوم در گستره مرئی، شامل شش خط یا طول موج رنگی است.

عبارت سوم: از لامپ نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های نورانی سرخ فام استفاده می‌شود. **عبارت چهارم:** طول موج رنگی آبی کوتاه‌تر از رنگ سرخ است، پس نسبت طول موج آبی به طول موج قرمز، کوچک‌تر از یک است. **عبارت پنجم:** نور زرد لامپ‌هایی که شب‌هنگام، آژادراه‌ها، بزرگراه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازند به دلیل وجود بخار سدیم در آن‌هاست. **عبارت ششم:** طیف نشری خطی هیدروژن همانند طیف نشری خطی لیتیم شامل چهار خط یا نوار رنگی است.

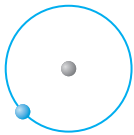


۴ ۱۳۱ B طیف نشری خطی هیدروژن دارای ۴ خط است که در فاصله ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر، نوار رنگی وجود ندارد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): رنگ شعله لیتیم و ترکیب‌های آن سرخ رنگ و رنگ شعله سدیم و ترکیب‌های آن زرد رنگ است. طول موج نور سرخ بیشتر از نور زرد است، از این رو انرژی نور سرخ کمتر از نور زرد می‌باشد. گزینه (۲): ایزوتوپ‌های یک عنصر در شمار پروتون‌ها و الکترون‌ها یکسان‌اند و در شمار نوترون‌ها با یکدیگر تفاوت دارند. خطوط طیف نشری خطی ایزوتوپ‌های یک عنصر یکسان است. گزینه (۳): رنگ شعله فلز مس و ترکیب‌های آن سبز رنگ است، اما این بدان معنی نیست که هر ترکیبی که در شعله، رنگ سبز ایجاد کند قطعاً حاوی عنصر مس است.

۳ ۱۳۲ B همه موارد به جز مورد (ت) نادرست‌اند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): رنگ شعله عناصری که در یک گروه از جدول تناوبی قرار دارند، یکسان نیست. به عنوان مثال لیتیم و سدیم هم گروه هستند ولی رنگ شعله لیتیم سرخ و سدیم زرد است. عبارت (ب): بیشترین درصد فراوانی در میان عناصر سازنده سیاره مشتری، متعلق به عناصر هیدروژن و هلیوم است که در ناحیه مرئی طیف نشری خطی خود به ترتیب دارای ۴ و ۶ خط طیفی هستند. عبارت (پ): طیف نشری خطی سدیم، در گستره مرئی، شامل ۷ خط رنگی است.



۱۳۳۳ ۱ عناصر لیتیم و هلیوم در ناحیه مرئی طیف نشری خطی خود به ترتیب دارای ۴ و ۶ نوار رنگی هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):** به عنوان مثال نقص، عدد اتمی لیتیم بیشتر از عدد اتمی هلیوم است، اما تعداد خطوط رنگی در طیف نشری خطی هلیوم بیشتر است. **گزینه (۳):** هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فرد و ویژه خود را دارد و مانند اثر انگشت می‌توان از آن برای شناسایی عنصر استفاده کرد. توجه داشته باشید که تعداد خطوط موجود در طیف نشری خطی، منحصر به فرد نبوده و عناصر مختلف می‌توانند تعداد خطوط طیفی یکسانی در طیف خود داشته باشند. **گزینه (۴):** نور خورشید پس از عبور از منشور تجزیه می‌شود و گستره‌ای پیوسته از رنگ‌ها را ایجاد می‌کند. این گستره رنگی شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است.



اتم هیدروژن در مدل بور

۱۳۳۴ ۴ اتم هیدروژن به عنوان ساده‌ترین اتم، تنها دارای یک پروتون در هسته و یک الکترون پیرامون آن است و در گستره مرئی از طیف نشری خطی به دست آمده از اتم‌های آن، وجود چهار خط یا نوار رنگی با طول موج و انرژی معین تأیید شده است. از آنجا که هر نوار رنگی در طیف نشری خطی، نوری با طول موج و انرژی معین را نشان می‌دهد، نیلز بور بر این باور بود که از بررسی تعداد و جایگاه آن‌ها، می‌توان اطلاعات ارزشمندی از ساختار اتم هیدروژن به دست آورد. او پس از پژوهش‌های بسیار توانست مدلی برای اتم هیدروژن ارائه کند. اگرچه مدل بور با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند، اما توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عناصر را نداشت.

*** توجه:** نیلز بور با در نظر گرفتن اینکه الکترون در اتم هیدروژن انرژی معینی دارد؛ مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد. مدل اتمی بور اگرچه عمر زیادی نداشت ولی گام مهمی برای بهبود نگرش دانشمندان نسبت به ساختار اتم بود. پس از وی، دانشمندان به دنبال توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عناصر و نیز چگونگی نشر نور از اتم‌ها، ساختاری لایه‌ای برای اتم ارائه کردند.

۱۳۳۵ ۳ عبارتهای (ب) و (ت) درست است. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف):** مدل بور تنها قادر به توجیه طیف نشری خطی عنصر هیدروژن بود و توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عناصر را نداشت. **عبارت (پ):** همانطور که در عبارت (الف) گفتیم، بور تنها قادر به توجیه طیف نشری خطی عنصر هیدروژن بود و توانست مدلی برای اتم هیدروژن ارائه دهد.

۱۳۳۶ ۳ **بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱):** مطابق این مدل هر بخش پرنرنگ در شکل، نشان دهنده مهم‌ترین بخش از یک لایه الکترونی است که الکترون‌های آن لایه، بیشتر وقت خود را در آن فاصله از هسته سپری می‌کنند. در واقع براساس این مدل، الکترون در هر لایه‌ای که باشد، در همه نقاط اطراف هسته حضور می‌یابد اما در بخش پرنرنگ هر لایه احتمال حضور بیشتری دارد. **گزینه (۲):** از آنجا که مدل اتمی بور فقط توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه نماید بنابراین دانشمندان برای توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عناصر و چگونگی نشر نور توسط اتم‌ها، این ساختار لایه‌ای را برای اتم ارائه کردند. **گزینه (۴):** براساس این مدل، الکترون‌ها در اتم برای تبادل انرژی هنگام انتقال بین لایه‌ها با محدودیت مشابهی همانند بالا رفتن از پلکان یا نردبان (نه سطح شیبدار یا سربالایی) مواجه هستند.

۱۳۳۷ ۲ عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف):** در مدل لایه‌ای، دادوستد انرژی به صورت کوانتومی یا پیمانه‌ای است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایه دیگر، انرژی را به صورت پیمانه‌ای یا بسته‌های معین، جذب یا نشر می‌کند. **عبارت (ب):** انرژی همانند ماده، در نگاه ماکروسکوپی، پیوسته اما در نگاه میکروسکوپی گسسته یا کوانتومی است. **عبارت (پ):** در مدل کوانتومی الکترون‌ها با جذب مقادیر معینی انرژی، از لایه‌ای به لایه بالاتر انتقال می‌یابند که این مقدار انرژی دقیقاً برابر با تفاوت سطح انرژی لایه‌های مبدأ و مقصد است. **عبارت (ت):** الکترون برای جابه‌جایی از لایه‌ای به لایه بالاتر مقادیر معینی انرژی جذب می‌کند و هنگام جابه‌جایی از لایه‌ای به لایه پایین‌تر، مقادیر معینی نور با طول موج معین نشر می‌کند.

۱۳۳۸ ۱ **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف):** براساس مدل کوانتومی، الکترون‌ها در هر لایه آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است، به طوری که گفته می‌شود اتم در حالت پایه قرار دارد. **عبارت (ب):** در مدل کوانتومی، انرژی الکترون‌ها در اتم با افزایش فاصله از هسته فزونی می‌یابد. **عبارت (پ):** در مدل لایه‌ای، دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون از یک لایه به لایه دیگر، کوانتومی یا گسسته است. به عبارت دیگر الکترون‌ها تنها می‌توانند مقادیر معینی انرژی داشته باشند.

۱۳۳۹ ۴ عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (الف):** اتم‌های برانگیخته پرنرنگی و ناپایدارند، از این رو تمایل دارند دوباره به از دست دادن انرژی به حالت پایدارتر و در نهایت حالت پایه برگردند. **عبارت (ب):** از آنجا که برای الکترون، نشر نور مناسب‌ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است، الکترون‌ها در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کنند. **عبارت (پ):** هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوی نشر شده هنگام بازگشت الکترون از لایه بالاتر به لایه پایین‌تر را نشان می‌دهد. **عبارت (ت):** انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هسته هر اتم، ویژه همان اتم بوده و به عدد اتمی (تعداد پروتون‌های هسته) آن وابسته است.

۱۳۴۰ ۳ از آنجا که هیچ کس نمی‌تواند جایی میان پله‌های نردبان بایستد، الکترون‌ها نیز میان دو لایه، انرژی معین و تعریف شده‌ای ندارند. این شیوه نردبانی دریافت یا از دست دادن انرژی توسط الکترون‌ها را شیوه کوانتومی می‌نامند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** بور با بررسی طیف نشری خطی اتم هیدروژن، توانست اطلاعات ارزشمندی از ساختار اتم به دست آورد ولی از لایه‌های الکترونی صحبتی نکرد. وجود لایه الکترونی در اتم‌ها پس از بور و در مدل لایه‌ای (کوانتومی) مطرح شد و ارتباطی با مدل بور ندارد. **گزینه (۲):** انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هسته هر اتم ویژه همان اتم بوده و به عدد اتمی آن وابسته است. **گزینه (۴):** الکترون در هر لایه‌ای که باشد در تمام نقاط پیرامون هسته حضور می‌یابد، اما در محدوده‌های مشخصی از یک لایه، احتمال حضور بیشتری دارد.

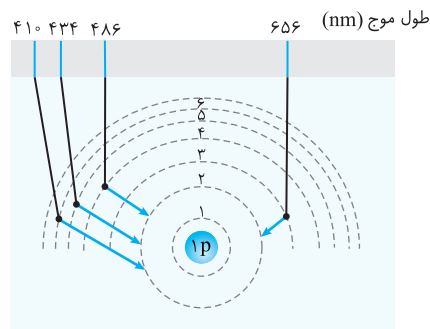
۱۳۴۱ ۱ همه عبارتهای درست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست: عبارت اول و سوم:** شیمی‌دان‌ها با دادن انرژی به اتم‌ها و دریافت پرتوهای گسیل شده از آن‌ها از درون آن باخبر می‌شوند و با تعیین دقیق طول موج نوارهای یاد شده می‌توان به تصویر دقیقی از انرژی لایه‌های الکترونی و در واقع آرایش الکترونی اتم دست یافت. در واقع هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون‌ها را از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر نشان می‌دهد. از آنجا که انرژی لایه‌های الکترونی پیرامون هسته هر اتم، ویژه همان اتم بوده و به عدد اتمی آن وابسته است، پس انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آن‌ها در اتم عنصرهای گوناگون، متفاوت است و انتظار می‌رود هر عنصر، طیف نشری خطی منحصر به فردی ایجاد کند. **عبارت دوم:** در اتم برانگیخته هیدروژن، هر چه فاصله الکترون از لایه اول بیشتر باشد، هنگام انتقال به حالت پایه (یعنی لایه اول)، انرژی نور آزاد شده بیشتر و طول موج آن کوتاه‌تر خواهد بود. **عبارت چهارم:** بر اساس مدل کوانتومی، انرژی دادوستد شده هنگام انتقال الکترون در اتم، کوانتومی است و انرژی در پیمانه‌های معینی، جذب یا نشر می‌شود. **عبارت پنجم:** مدل لایه‌ای اتم بر مبنای کوانتومی بودن دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون، از یک لایه به لایه دیگر است. اگر چنین نبود و الکترون هنگام انتقال به صورت غیرکوانتومی عمل می‌کرد، تعیین انرژی لایه‌ها و زیرلایه‌ها و دستیابی به آرایش الکترونی اتم ممکن نبود.

۱۳۴۲ ۴ اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی با افزایش n کم می‌شود. یعنی اختلاف سطح انرژی لایه $n=2$ با لایه $n=3$ کمتر از اختلاف سطح انرژی لایه $n=1$ با لایه $n=2$ است. از طرفی میزان انرژی لازم برای انتقال الکترون از لایه‌ای به لایه بالاتر، برابر با تفاوت سطح انرژی دو لایه است. پس برای انتقال الکترون از لایه $n=2$ به $n=3$ انرژی کمتری نسبت به انتقال از لایه $n=1$ به $n=2$ نیاز است.

۱۳۴۳ ۱ شکل داده شده مربوط به چگونگی ایجاد چهار نوار رنگی ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم‌های هیدروژن است؛ زیرا در هسته آن یک پروتون وجود دارد. **بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):** نوارهای رنگی موجود در شکل، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون از لایه بالاتر به لایه‌های پایین‌تر (نه صرفاً یک لایه پایین‌تر) را نشان می‌دهد. **گزینه (۲):** بر اساس مدل کوانتومی اتم، الکترون‌ها در اتم برانگیخته هنگام بازگشت به لایه‌های پایین‌تر، انرژی معینی (به اندازه اختلاف سطح انرژی میان دو لایه) از دست می‌دهند.

*** توجه:** از آنجا که برای الکترون نشر نور مناسب‌ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است، الکترون‌ها در اتم برانگیخته هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کنند.

گزینه (۳): نوارهای رنگی طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به بازگشت الکترون از لایه‌های ۶، ۵، ۴، ۳ به لایه $n=2$ است. هر چه تفاوت انرژی بین دو لایه بیشتر باشد، انرژی آزاد شده بیشتر است؛ بنابراین در بین این ۴ نوار، بیشترین انرژی و کمترین طول موج متعلق به انتقال الکترون از لایه ۶ به لایه ۲ می‌باشد. **گزینه (۴):** طبق مدل کوانتومی، انرژی الکترون‌ها در اتم با افزایش فاصله از هسته، افزایش می‌یابد.



۱۴۴ B ۳: عبارت‌های اول و دوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** با توجه به شکل مقابل که مربوط به لایه‌های الکترونی و چگونگی ایجاد نوارهای رنگی در طیف نشری خطی اتم هیدروژن است، اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی یکسان نبوده و با دور شدن از هسته اتم و افزایش n (عدد کوانتومی اصلی)، این اختلاف کمتر می‌شود. به عبارت دیگر مثلاً اختلاف سطح انرژی لایه دوم و سوم بیشتر از این اختلاف در میان لایه‌های سوم و چهارم است. به همین دلیل نیز در طیف نشری خطی اتم هیدروژن، با افزایش طول موج، فاصله بین خطوط رنگی افزایش می‌یابد. **عبارت دوم:** در طیف نشری خطی هیدروژن با انتقال الکترون از لایه $n=6$ به لایه $n=2$ نوری به رنگ بنفش با طول موج ۴۱۰ nm ایجاد می‌شود. **عبارت سوم:** انرژی لایه‌ها و تفاوت انرژی میان آن‌ها در اتم عنصرهای گوناگون متفاوت است. **عبارت چهارم:** هر بخش پرنرنگ در ساختار لایه‌ای، نشان دهنده ناحیه‌ای است که احتمال حضور الکترون در آن بیشتر است.

۱۴۵ B ۴: در انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر حالت‌های مختلفی وجود دارد. برای نمونه در اتم هیدروژن، الکترون برانگیخته که در لایه ششم قرار دارد با از دست دادن انرژی به لایه‌های پایین‌تر برمی‌گردد، حال این لایه ممکن است حالت پایه ($n=1$) باشد یا به لایه‌های بالاتری مانند $n=3$ که حالت پایه نیست بازگردد. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** با دور شدن الکترون از هسته، انرژی آن افزایش می‌یابد. **گزینه (۲):** در اتم هیدروژن و هلیوم، وجود الکترون یا الکترون‌ها در لایه $n=1$ حالت پایه به شمار می‌رود و در دیگر اتم‌ها در حالت پایه، در لایه‌های بالاتر نیز الکترون وجود دارد. **گزینه (۳):** در ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن، کمترین مقدار انرژی به نوار قرمز رنگ مربوط است که بیشترین طول موج را دارد.

۱۴۶ B ۱: عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** میزان انرژی جذب یا نشر شده هنگام انتقال الکترون بین دو لایه با هم مساوی و برابر اختلاف سطح انرژی دو لایه است. **عبارت (ب):** اختلاف انرژی دو لایه در انتقال (۲) بیشتر از انتقال (۱) است. پس پرتوی حاصل از انتقال (۲) انرژی بیشتر و طول موج کوتاه‌تری دارد. **عبارت (پ):** هر چه از هسته دور شویم، سطح انرژی لایه‌ها بالاتر می‌رود اما تفاوت سطح انرژی لایه‌های متوالی کمتر می‌شود. **عبارت (ت):** در طیف نشری خطی هیدروژن، پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه $n=3$ ، در محدوده فروسرخ قرار می‌گیرد. **عبارت (ث):** در سایر اتم‌ها به‌جز هیدروژن و هلیوم، در حالت پایه، الکترون‌ها در لایه‌های بالاتر نیز قرار می‌گیرند.

۱۴۷ B ۲: **بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):** شکل صورت سؤال، چگونگی ایجاد چهار نوار رنگی ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. **گزینه (۲):** طیف نشری خطی یک عنصر وابسته به تعداد پروتون‌های هسته و آرایش الکترونی آن عنصر است و شمار نوترون‌ها تأثیری بر طیف نشری خطی ندارد، به همین دلیل ایزوتوپ‌های یک عنصر، طیف نشری خطی یکسانی دارند. **گزینه (۳):** اختلاف سطح انرژی لایه $n=4$ با $n=3$ بیشتر از اختلاف انرژی لایه $n=6$ با $n=5$ است، پس در طیف نشری خطی عنصر هیدروژن تفاوت طول موج پرتوهای قرمز و آبی بیشتر از این اختلاف در پرتوهای نیلی و بنفش است. **گزینه (۴):** با توجه به اینکه در این شکل که مربوط به طیف نشری خطی اتم هیدروژن است، پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایه هفتم به لایه دوم را نمی‌بینیم، پس حتماً این پرتو در ناحیه غیرمرئی قرار می‌گیرد و چون انرژی بالاتری نسبت به انتقال از لایه ششم به دوم دارد، پس حتماً در ناحیه فرابنفش قرار می‌گیرد.

۱۴۸ B ۲: فقط مورد چهارم، جمله را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد: مورد اول:** طیف نشری خطی هیدروژن در گستره مرئی دارای ۴ خط است که حاصل بازگشت الکترون‌ها از لایه‌های ۶، ۵، ۴، ۳ به لایه $n=2$ است.

*** توجه:** پرتوی نشر شده هنگام انتقال الکترون از لایه ۶ به لایه ۲ در محدوده پرتوهای فرابنفش قرار می‌گیرد.

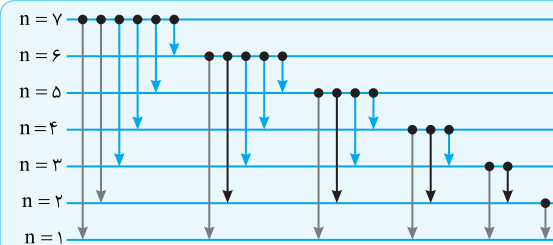
مورد دوم: در اتم هیدروژن، بازگشت الکترون از لایه ۵ به لایه ۲ نوری نیلی با طول موج ۴۳۴ نانومتر ایجاد می‌کند. **مورد سوم:** در اتم هیدروژن، بازگشت الکترون از لایه ۴ به لایه ۲ نوری آبی با طول موج ۴۸۶ نانومتر ایجاد می‌کند. **مورد چهارم:** بازگشت الکترون از لایه ۳ به لایه ۲، نوری قرمز رنگ با طول موج ۶۵۶ نانومتر در طیف نشری خطی هیدروژن ایجاد می‌کند. **مورد پنجم:** طیف نشری خطی هیدروژن در ناحیه مرئی حاصل بازگشت الکترون‌ها از لایه‌های ۳ تا ۶ به لایه ۲ است. پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایه ۷ به لایه ۲ در ناحیه فرابنفش قرار می‌گیرد.

۱۴۹ B ۳: هر چه فاصله بین دو لایه بیشتر باشد، انرژی ساطع شده حاصل از انتقال، بیشتر خواهد بود؛ بنابراین انرژی انتقال از a به c بیشتر است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** در اتم هیدروژن لایه اول حالت پایه است، با انتقال الکترون به لایه‌های بالاتر، حالت برانگیخته پیدا می‌کند. انتقال از f به لایه اول به سوم است و الکترون حالت برانگیخته خواهد داشت. **گزینه (۲):** در اتم هیدروژن انتقال از لایه پنجم به لایه دوم، رنگ نیلی گسیل می‌کند که طول موج آن برابر با ۴۳۴ نانومتر است. **گزینه (۴):** انتقال از لایه‌های بالاتر به لایه اول (مانند d) در ناحیه فرابنفش و انتقال از لایه‌های بالاتر به لایه چهارم (مانند e) در ناحیه فروسرخ قرار می‌گیرند.

۱۵۰ B ۳: بیشترین انرژی و کمترین طول موج در گستره مرئی طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به رنگ بنفش با طول موج ۴۱۰ نانومتر است. این پرتو حاصل بازگشت الکترون از لایه ۶ به لایه ۲ است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** مدل بور با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند. **گزینه (۲):** اختلاف سطح انرژی لایه ۵ به لایه ۲ بیشتر از اختلاف سطح انرژی لایه ۴ به لایه ۲ است. پس نور نشر شده هنگام انتقال الکترون از لایه ۴ به لایه ۲ طول موج بلندتر و انرژی کمتری دارد. **گزینه (۴):** در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن، هر چه به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر و انرژی بیشتر می‌رویم، خطوط رنگی به هم نزدیک‌تر می‌شوند. با توجه به شکل مقابل که مربوط به ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن است، مقایسه فاصله خطوط طیفی به صورت $X < Y < Z$ است.

*** نکته:** در توجیه این پدیده می‌توان گفت که اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی با افزایش n کمتر می‌شود. مثلاً اختلاف سطح انرژی لایه ۴ به لایه ۳ کمتر از اختلاف سطح انرژی لایه ۳ به لایه ۲ است.

۱۵۱ فقط عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در هنگام بازگشت الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر، هر چه اختلاف سطح انرژی میان دو لایه‌ای که الکترون بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود بیشتر باشد، نور نشر شده، انرژی بیشتر و طول موج کمتری خواهد داشت اما انتقال‌هایی که به لایه دوم می‌آیند، مرئی هستند. **عبارت دوم:** در طیف نشری خطی هیدروژن، کمترین طول موج متعلق به رنگ بنفش با طول موج 410 nm است که مربوط به انتقال الکترون از لایه ۶ به لایه ۲ است. **عبارت سوم:** در طیف نشری خطی هیدروژن، انتقال الکترون از لایه ۳ به ۲، نور سرخ با طول موج 656 nm و انتقال الکترون از لایه ۴ به ۲ نور آبی با طول موج 486 nm ایجاد می‌کند. از طرفی می‌دانیم که میزان انحراف نور در منشور با طول موج نور رابطه معکوس دارد، پس میزان انحراف نور سرخ کمتر از نور آبی است. **عبارت چهارم:** در طیف نشری خطی هیدروژن، انتقال الکترون از لایه ۵ به لایه ۲ با آزادسازی نور نیلی رنگ با طول موج 434 nm همراه است.

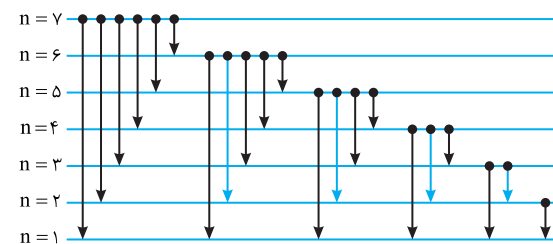
۱۵۲

نکته در اثر برانگیخته شدن اتم هیدروژن، با بازگشت آن به حالت پایه، امکان ایجاد ۲۱ نوع پرتو با طول موج و انرژی متفاوت وجود دارد که در شکل مقابل انتقال اتمی که سبب ایجاد این ۲۱ نوع پرتو می‌شود، رسم شده است. در این شکل، انتقالاتی را که سبب ایجاد پرتوهای فرابنفش می‌شوند با رنگ طوسی، انتقالاتی را که باعث ایجاد پرتوهای مرئی می‌شوند با رنگ سیاه و انتقالاتی را که سبب ایجاد پرتوهای فروسرخ می‌شوند با رنگ آبی مشخص کرده‌ایم. (۷ پرتوی فرابنفش، ۴ پرتوی مرئی و ۱۰ پرتوی فروسرخ). برای جمع‌بندی مطالب بالا خواهیم داشت:

بازگشت الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه اول $\leftarrow$ نشر پرتوی فرابنفش
 بازگشت الکترون از لایه‌های سوم تا ششم به لایه دوم $\leftarrow$ نشر پرتوی مرئی
 بازگشت الکترون از لایه هفتم به لایه دوم $\leftarrow$ نشر پرتوی فرابنفش
 بازگشت الکترون از لایه‌های بالاتر به لایه‌های سوم تا ششم $\leftarrow$ نشر پرتوی فروسرخ

فقط عبارت (ت) درست است. پرانرژی‌ترین پرتو در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن مربوط به رنگ بنفش است که حاصل انتقال الکترون از لایه $n=6$ به $n=2$ است و طول موجی در حدود 410 nm دارد. **بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت (الف):** انتقال الکترون از لایه $n=5$ به $n=2$ پرتوی نیلی با طول موج 434 nm نانومتر در طیف نشری خطی هیدروژن ایجاد می‌کند. **عبارت (ب):** در اتم هیدروژن انتقال الکترون از لایه $n=5$ به $n=2$ (انتقال A)، پرتوی مرئی ایجاد می‌کند. از طرفی انتقال الکترون از لایه $n=6$ به $n=3$ (انتقال C) انرژی کمتری نسبت به انتقال A آزاد می‌کند. پس نور حاصل از انتقال C انرژی کمتر و طول موج بلندتری از نور حاصل از انتقال A دارد. **عبارت (پ):** در اتم هیدروژن، انتقال الکترون از لایه $n=7$ به $n=1$ (انتقال B) همانند انتقال C نامرئی است، ولی برخلاف آن در محدوده فرابنفش قرار می‌گیرد.

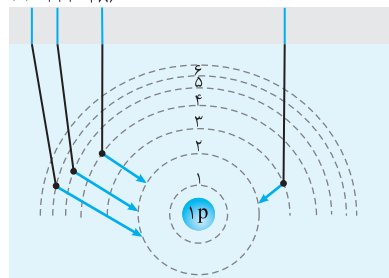
۱۵۳ فقط عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در اتم هیدروژن هر چه به سمت لایه‌های بالاتر می‌رویم، اختلاف سطح انرژی لایه‌های متوالی کمتر می‌شود. بنابراین انرژی آزاد شده در انتقال الکترون از لایه $n=5$ به لایه $n=3$ کمتر از انرژی مورد نیاز برای برانگیخته کردن الکترون از لایه $n=2$ به لایه $n=4$ است. همچنین حتی اگر پرتوی حاصل از یک انتقال بزرگ‌تر از انرژی لازم برای برانگیخته کردن الکترون از لایه $n=2$ به لایه $n=4$ باشد، باز هم الکترون از جای خود جابه‌جا نمی‌شود؛ زیرا برای انجام این انتقال باید پرتویی دقیقاً به اندازه تفاوت سطح انرژی لایه‌های دوم و چهارم به الکترون داده شود. **عبارت دوم:** انرژی الکترون‌ها با افزایش فاصله از هسته افزایش می‌یابد. توجه کنید که به دلیل کمتر بودن تفاوت سطح انرژی لایه‌های دورتر از هسته، نور حاصل از انتقال الکترون از لایه ۷ به ۶ طول موجی بلندتر و انرژی کمتری نسبت به سایرین دارد. **عبارت سوم:** انحراف نور هنگام عبور از منشور، با طول موج نور رابطه عکس دارد. در میان پرتوهای مرئی اتم هیدروژن، نور حاصل از انتقال الکترون از لایه ۶ به ۲ دارای کمترین طول موج است، پس بیشترین میزان انحراف در منشور نیز مربوط به همین نور است. **عبارت چهارم:** اتم‌های برانگیخته پرانرژی و ناپایدارند؛ از این‌رو تمایل دارند با از دست دادن انرژی و نشر نور با طول موج معین، به حالت پایدارتر برگردند؛ ولی یک الکترون که مثلاً در لایه هفتم وجود دارد، لزوماً با از دست دادن یک پرتو، به لایه اول (حالت پایه هیدروژن) برنمی‌گردد و ممکن است ابتدا به لایه سوم انتقال یابد و سپس از لایه ۳ به ۱ برگردد و طی این فرایند با آزاد کردن ۲ پرتو به حالت پایه برگشته است.



۱۵۴ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در طیف نشری خطی اتم هیدروژن در مجموع ۲۱ نشر داریم که تنها ۴ مورد از آن‌ها در گستره مرئی قرار دارند. در شکل مقابل، تمام انتقال‌های الکترونی در اتم هیدروژن مشخص شده است. انتقالاتی که با رنگ آبی رسم شده، پرتوهایی در ناحیه مرئی ایجاد می‌کند.

$$\frac{4}{21} \times 100 \approx 19\% \text{ درصد پرتوهای مرئی}$$

طول موج (nm) ۶۵۶ ۴۸۶ ۴۳۴ ۴۱۰



عبارت (ب): در اتم هیدروژن، انتقال الکترون از لایه $n=5$ به لایه $n=2$ نوری نیلی رنگ با طول موج 434 nm ایجاد می‌کند. **عبارت (پ):** در اتم هیدروژن انتقال الکترون از لایه‌های $n=3, 4, 5, 6$ به لایه $n=2$ نوری در محدوده مرئی ایجاد می‌کند؛ اما انتقال الکترون از هر لایه به لایه اول، پرتویی در ناحیه فرابنفش ایجاد می‌کند. پس پرتوی حاصل از انتقال الکترون از لایه $n=3$ به لایه $n=1$ در ناحیه فرابنفش قرار می‌گیرد. **عبارت (ت):** به علت اینکه در اتم هیدروژن، با دور شدن از هسته، تفاوت انرژی لایه‌های متوالی کاهش می‌یابد، در طیف نشری خطی هیدروژن، هرچه به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر می‌رویم، فاصله نوارهای رنگی کمتر می‌شود. **عبارت (ث):** با توجه به طیف نشری خطی هیدروژن، در محدوده 500 تا 600 nm خط رنگی وجود ندارد.

۱۵۵ لایه اول دارای یک زیرلایه از نوع s با گنجایش ۲ الکترون و لایه دوم دارای دو زیرلایه از نوع s و p با گنجایش ۶ الکترون است. لایه دوم برخلاف لایه اول یکپارچه نیست. **بررسی گزینه (۴):** اتم عنصرهای دوره دوم دارای دو لایه هستند. در اتم این عنصرها هر دو لایه دارای الکترون بوده به طوری که لایه اول پر شده و لایه دوم در حال پر شدن است.

نکته ترکیبی عدد کوانتومی اصلی: ۱- این عدد مشخص کننده سطح انرژی الکترون و به نوعی آدرس لایه الکترونی است. ۲- مقدار آن اعداد طبیعی ۱ تا ۷ را شامل می شود. ۳- عدد کوانتومی اصلی آخرین الکترون موجود در آرایش الکترونی تمامی عناصر یک دوره به هم برابر است. ۴- گنجایش هر لایه با عدد کوانتومی اصلی n برابر $2n^2$ الکترون است. به جز عبارت سوم، بقیه عبارت ها درست هستند. در اطراف هسته هر اتم ۷ لایه الکترونی وجود دارد. این لایه ها از داخل به بیرون از ۱ تا ۷ شماره گذاری می شوند. عدد کوانتومی اصلی (n) در یک اتم، شماره لایه را نشان می دهد. بررسی عبارت ها: عبارت اول: انرژی الکترون ها با دور شدن از هسته افزایش می یابد؛ بنابراین هر چه مقدار n بزرگتر باشد. الکترون در لایه دورتری از هسته قرار گرفته و انرژی بیشتری نیز دارد. عبارت دوم: با افزایش مقدار n ، فاصله لایه های الکترونی از هسته افزایش یافته و در نتیجه لایه بزرگتر می شود. عبارت سوم: هر چه فاصله بین دو لایه که انتقال الکترون میان آن دو صورت می گیرد، بیشتر باشد، اختلاف انرژی آن دو لایه بیشتر و در نتیجه انرژی پرتو جذب یا نشر شده نیز بیشتر خواهد بود. می دانیم که در امواج الکترومغناطیسی، هر چه انرژی پرتویی بیشتر باشد، طول موج آن کمتر خواهد بود. عبارت چهارم: همان طور که در عبارت اول گفتیم، انرژی الکترون با افزایش فاصله از هسته، افزایش می یابد. همچنین هر چه انرژی یک الکترون بیشتر باشد، آن الکترون ناپایدارتر خواهد بود. عبارت پنجم: گنجایش لایه های الکترونی از رابطه $2n^2$ به دست می آید؛ بنابراین هر چه مقدار n بزرگتر باشد، گنجایش آن لایه نیز بیشتر خواهد بود. عبارت ششم: حداکثر شمار زیرلایه های که می تواند در هر لایه وجود داشته باشد برابر با عدد کوانتومی اصلی آن لایه، یعنی همان n است.

نکته ترکیبی عدد کوانتومی فرعی: ۱- مشخص کننده نوع زیرلایه ها است. ۲- عدد کوانتومی فرعی آخرین الکترونی که اتم پذیرفته است برای تمامی عناصر یک دسته ($d, p, s, \dots$) یکسان است. ۳- هر عدد کوانتومی فرعی را با نماد مخصوص به خود نمایش می دهند. ۴- گنجایش هر زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی l برابر $4l+2$ است. ۵- هر لایه الکترونی با عدد کوانتومی اصلی n ، دارای n عدد زیرلایه است که عدد کوانتومی فرعی آن ها از صفر شروع می شود و حداکثر به $n-1$ می رسد. ۶- برای مقایسه سطح انرژی دو زیرلایه، نخست مقدار $n+l$ آن ها را مقایسه می کنیم. اگر این مقدار برای زیرلایه ای کمتر از دیگری باشد، این زیرلایه سطح انرژی پایین تری دارد و زودتر الکترون دریافت می کند، اما اگر با هم برابر باشند سراغ مقدار n آن ها می رویم. در این حالت زیرلایه ای اول الکترون دریافت می کند که مقدار n آن کمتر باشد که نشان دهنده اولویت دریافت الکترون با زیرلایه با سطح انرژی کمتر است. عبارت های چهارم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت اول: در مدل کوانتومی اتم، نماد هر زیرلایه معین با دو عدد کوانتومی مشخص می شود؛ به دیگر سخن، هر زیرلایه را می توان با نماد nl نمایش داد. عبارت دوم: مقدار مجاز l برای زیرلایه های یک لایه با عدد کوانتومی اصلی n ، از ۰ تا $(n-1)$ است. برای نمونه مقدار مجاز l برای زیرلایه های لایه دوم برابر صفر و یک است. عبارت سوم: لایه الکترونی دوم دارای دو زیرلایه s و p است که گنجایش آن ها به ترتیب برابر ۲ و ۶ الکترون است.

عدد کوانتومی فرعی	نماد	دسته	λ	d	f
۰	s	p	۱	۲	۳
۱	p	d	۲	۳	۴
۲	d	f	۳	۴	۵

عبارت چهارم: گنجایش هر زیرلایه را می توان از رابطه $4l+2$ به دست آورد. l عدد کوانتومی فرعی است. ($l \geq 0$) عبارت پنجم: لایه چهارم دارای چهار زیرلایه s, p, d و f است که عدد کوانتومی فرعی آن ها به ترتیب برابر صفر، ۱، ۲ و ۳ است که مجموع آن ها برابر ۶ است.

۱۵۸ ۳ A عبارت های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت های نادرست: عبارت (الف): در مدل کوانتومی اتم، انرژی الکترون ها با افزایش فاصله آن ها از هسته، افزایش می یابد. در واقع هر چه الکترون در لایه های دورتری از هسته قرار داشته باشد، انرژی آن بیشتر است. عبارت (ت): هر زیرلایه را به کمک دو عدد کوانتومی اصلی (n) و عدد کوانتومی فرعی (l) تعریف می کنند. اما دقت کنید که در نشان دادن نماد یک زیرلایه، ابتدا عدد کوانتومی اصلی و سپس عدد کوانتومی فرعی نمایش داده می شود؛ بنابراین نماد هر زیرلایه به صورت nl خواهد بود.

۱۵۹ ۴ B زیرلایه ای با گنجایش ۱۴ الکترون زیرلایه f است که در لایه های الکترونی چهارم و به بعد مشاهده می شود. بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): در عنصرهای دوره سوم، هر سه لایه دارای الکترون است، به طوری که لایه اول و دوم پر شده و لایه سوم در حال پر شدن است. گزینه (۲): لایه الکترونی اول تنها شامل یک زیرلایه s با گنجایش ۲ الکترون است. در نتیجه برخلاف لایه های دیگر یکپارچه است. زیرلایه d با عدد کوانتومی فرعی $l=2$ حداکثر گنجایش ۱۰ الکترون را دارد. $4l+2=4 \times 2+2=10$ حداکثر گنجایش یک زیرلایه d است. گزینه (۳): عنصرهای جدول تناوبی را می توان براساس زیرلایه در حال پر شدن در چهار دسته به صورت روبه رو طبقه بندی کرد.

۱۶۰ ۱ B فقط مورد (ب) جمله را به درستی کامل نمی کند. بررسی هریک از موارد: مورد (الف): زیرلایه d با عدد کوانتومی فرعی $l=2$ ، حداکثر گنجایش ۱۰ الکترون دارد در حالی که زیرلایه s با عدد کوانتومی فرعی $l=0$ ، حداکثر گنجایش ۲ الکترون را دارد. مورد (ب): زیرلایه p با عدد کوانتومی فرعی $l=1$ ، حداکثر گنجایش ۶ الکترون را دارد. دوره دوم شامل ۸ عنصر است. مورد (پ): زیرلایه ای با عدد کوانتومی فرعی $l=4$ ، حداکثر گنجایش ۱۸ الکترون را دارد. لایه الکترونی سوم، دارای سه زیرلایه s, p و d است که گنجایش آن ها به ترتیب برابر ۲، ۶ و ۱۰ است که در مجموع گنجایش لایه سوم برابر ۱۸ می باشد.

نکته گنجایش لایه الکترونی با عدد کوانتومی اصلی (n) را می توان به طور مستقیم از رابطه $2n^2$ محاسبه کرد.

مورد (ت): زیرلایه f ($l=3$) حداکثر گنجایش ۱۴ الکترون را دارد. دوره ششم جدول تناوبی شامل عنصرهای شماره ۵۵ تا ۸۶ (۳۲ عنصر) است.

۱۶۱ ۳ B زیرلایه ای با عدد کوانتومی فرعی $l=4$ ، در صورت وجود، حداکثر گنجایش ۱۸ الکترون را دارد. $4l+2=4 \times 4+2=18$ گنجایش زیرلایه

*** توجه** گنجایش زیرلایه ها، مستقل از n است.

بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): مقدار مجاز l برای زیرلایه های یک لایه با عدد کوانتومی اصلی n ، از ۰ تا $(n-1)$ است. پس لایه الکترونی سوم دارای سه زیرلایه s, p و d با اعداد کوانتومی فرعی $l=0, l=1, l=2$ است. گزینه (۲): در یک لایه با عدد کوانتومی اصلی n حداکثر مقدار مجاز عدد کوانتومی فرعی (l) برای زیرلایه برابر $(n-1)$ است. پس زیرلایه $3f$ ($l=3$ و $n=3$) وجود خارجی ندارد. گزینه (۴): زیرلایه $l=2$ با عدد کوانتومی فرعی $l=2$ حداکثر گنجایش ۱۰ الکترون را دارد. این زیرلایه در لایه الکترونی سوم و لایه های بعد از آن دیده می شود.

B ۱۶۲ ۳ حداکثر مجاز برای عدد کوانتومی فرعی (l) در یک لایه با عدد کوانتومی اصلی n، برابر n-۱ است؛ بنابراین آخرین زیرلایه موجود در لایه الکترونی ششم با عدد کوانتومی اصلی n=۶، دارای عدد کوانتومی فرعی l=۵ خواهد بود. همچنین گنجایش هر زیرلایه از رابطه $4l+2$ به دست می آید؛ بنابراین گنجایش زیرلایه با l=۵ برابر $22(5+2)$ می باشد. همچنین گنجایش الکترونی هر لایه اصلی از رابطه $2n^2$ به دست می آید؛ بنابراین حداکثر گنجایش الکترونی در لایه ای با n=۳ برابر $18(2 \times 3^2)$ است. در نهایت اختلاف خواسته شده در صورت سؤال برابر $4(22-18)$ خواهد بود. اختلاف به دست آمده با عبارت های (ب)، (پ)، و (ت) برابر نیست. حال به بررسی هر یک از عبارت ها می پردازیم: **عبارت (الف):** در ناحیه مرئی طیف نشری خطی اتم هیدروژن، ۴ نوار رنگی با طول موج های ۴۱۰، ۴۳۴، ۴۸۶ و ۶۵۶ نانومتر وجود دارد. **عبارت (ب):** در دوره چهارم جدول دوره ای ۱۸ عنصر از دسته های s، p و d وجود دارد. **عبارت (پ):** در اتم ها چهار زیرلایه s، p، d و f با اعداد کوانتومی ۰، ۱، ۲ و ۳ وجود دارد. چهارمین زیرلایه از لحاظ عدد کوانتومی فرعی، زیرلایه f است که گنجایش ۱۴ الکترون دارد. **عبارت (ت):**

$${}_{29}^{64}\text{Cu}^{2+}: p=29, \quad e=p-2=29-2=27, \quad n=A-p=64-29=35$$

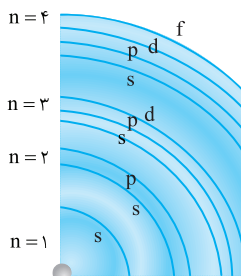
بنابراین اختلاف شمار الکترون ها و نوترون ها در این گونه برابر ۸ (۳۵-۲۷) است. **عبارت (ث):** هیدروژن در مجموع دارای هفت ایزوتوپ است که از میان آن ها، ۳ ایزوتوپ ${}^1\text{H}$ ، ${}^2\text{H}$ و ${}^3\text{H}$ طبیعی و چهار ایزوتوپ ${}^4\text{H}$ ، ${}^5\text{H}$ ، ${}^6\text{H}$ و ${}^7\text{H}$ ساختگی هستند.

شمار زیرلایه ها	نماد زیرلایه ها	عدد کوانتومی (n)
۱	۱s	n=۱
۲	۲s	n=۲
	۲p	
۳	۳s	n=۳
	۳p	
	۳d	

B ۱۶۳ ۲ عبارت های (ب) و (ث) نادرست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** تعداد زیرلایه های هر لایه الکترونی با عدد کوانتومی اصلی (n)، برابر n است. مثلاً لایه دوم با n=۲، دارای دو زیرلایه (۲p، ۲s) و لایه سوم با n=۳، دارای سه زیرلایه (۳d، ۳p، ۳s) است. **عبارت (ب):** طبق رابطه $2n^2$ ، لایه چهارم حداکثر گنجایش ۳۲ الکترون و لایه سوم حداکثر گنجایش ۱۸ الکترون را دارد؛ پس نسبت خواسته شده برابر $1/77(32/18)$ است. **عبارت (پ):** گنجایش زیرلایه ها برحسب عدد کوانتومی فرعی ($l \geq 0$) دنباله ای عددی به صورت ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ... می سازد. فرمول عمومی این دنباله به صورت $4l+2$ است و اختلاف هر دو جمله متوالی آن برابر ۴ می باشد. **عبارت (ت):** مجموع تعداد زیرلایه های موجود در سه لایه الکترونی اول، برابر ۶ است. زیرلایه ۴p با l=۱ نیز حداکثر گنجایش ۶ الکترون را دارد. **عبارت (ث):** عدد کوانتومی فرعی هفتمین نوع زیرلایه برابر ۶ است؛ پس گنجایش این زیرلایه برابر است با:

$$4l+2=4(6)+2=26$$

گنجایش لایه دوم و سوم به ترتیب برابر ۸ و ۱۸ الکترون است که در مجموع برابر ۲۶ (۱۸+۸) می باشد.



B ۱۶۴ ۴ زیرلایه های f و p که به ترتیب دارای اعداد کوانتومی فرعی l=۳ و l=۱ هستند، به ترتیب حداکثر گنجایش ۱۴ و ۶ الکترون را دارند. دوره دوم شامل ۸ عنصر است. **بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱):** دوره چهارم شامل ۱۸ عنصر است. حداکثر گنجایش لایه چهارم با n=۴ برابر ۳۲ الکترون می باشد. **گزینه (۲):** گنجایش لایه چهارم برابر ۳۲ (۲×۴²) الکترون ولی مجموع گنجایش سه لایه اول برابر ۲۸ است.

$$2(1)^2 + 2(2)^2 + 2(3)^2 = 28$$

مجموع گنجایش سه لایه اول اتم

گزینه (۳): مطابق شکل روبه رو، زیرلایه p لایه دوم (۲p)، سومین زیرلایه از سمت هسته بوده و مقدار n+l برای این زیرلایه برابر ۳ (۲+۱) است.

C ۱۶۵ ۴ همه عبارت ها درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):** در ناحیه مرئی طیف نشری خطی هیدروژن، نور قرمز با طول موج ۶۵۶nm، کم انرژی ترین پرتو و نور بنفش با طول موج ۴۱۰nm، پرانرژی ترین پرتو است.

عبارت (ب): در اتم هیدروژن، انتقال الکترون از لایه n=۴ به لایه n=۲ پرتویی آبی رنگ با طول موج ۴۸۶nm ایجاد می کند. رنگ شعاع فلز مس و ترکیب های گوناگون آن سبز است. **عبارت (پ):** در طیف نشری خطی هیدروژن انتقال الکترون از لایه سوم به لایه دوم پرتوی قرمز رنگ و از لایه چهارم به لایه دوم پرتوی آبی رنگ ایجاد می کند. **عبارت (ت):** گنجایش زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی (l) از رابطه $4l+2$ و گنجایش لایه اصلی با عدد کوانتومی اصلی (n) از رابطه $2n^2$ به دست می آید:

$$2n^2=18 \Rightarrow \text{گنجایش لایه الکترونی با } n=3$$

عبارت (ث): در میان زیرلایه ها، زیرلایه های s، p، d، f و ۴d دارای n+l برابر ۶ هستند ولی از میان آن ها ۳f مجاز نیست و در یک اتم وجود ندارد؛ زیرا در لایه سوم فقط سه زیرلایه s، p و d وجود دارد و زیرلایه f وجود ندارد.

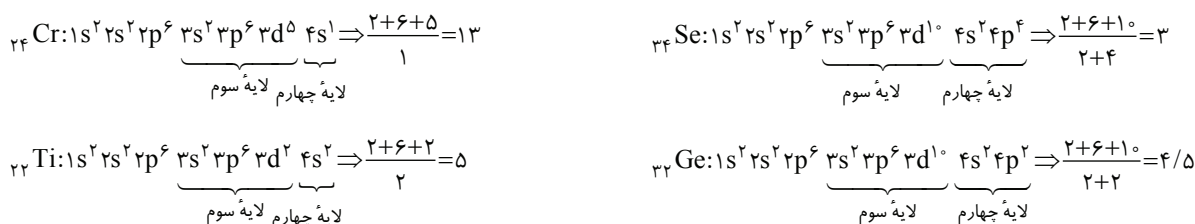
A ۱۶۶ ۳ طبق قاعده آفبا، در اتم عنصرهای دوره سوم تنها دو زیرلایه ۳s و ۳p در حال پر شدن است و زیرلایه ۳d در عنصرهای دوره چهارم شروع به پر شدن می کند. **عبارت های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت های (الف) و (ت):** مطابق قاعده آفبا، هنگام افزودن الکترون به زیرلایه ها، نخست زیرلایه های نزدیک تر به هسته پر می شوند که دارای انرژی کمتری هستند و سپس زیرلایه های بالاتر پر خواهند شد. **عبارت (ب):** انرژی زیرلایه ها به n و n+l وابسته است به طوری که اگر n+l برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه با n بزرگتر، انرژی بیشتری دارد، پس در تیر پر می شود. **عبارت (پ):** داده های طیف سنجی نشان می دهد که آرایش الکترونی برخی اتم ها از قاعده آفبا پیروی نمی کند. برای نمونه هر یک از اتم های کروم (۲۴Cr) و مس (۲۹Cu) در بیرونی ترین زیرلایه خود تنها یک الکترون دارند.

A ۱۶۸ ۴ اگر چه ترتیب پر شدن زیرلایه های یک اتم براساس قاعده آفباست، ولی نحوه قرارگیری زیرلایه های حاوی الکترون در اطراف هسته اتم براساس n می باشد. آرایش الکترونی اتم ${}_{33}\text{As}$ به صورت روبه رو است:

$${}_{33}\text{As}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2 4p^3$$

اگر از هسته به سمت بیرون حرکت کنیم، بیست و سومین الکترون در زیرلایه ۳d (n=۳) و سی و یکمین الکترون در زیرلایه ۴p (n=۴) و (l=۱) قرار دارد.

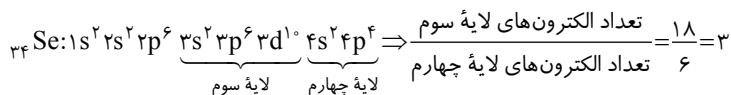
۲۱۶۹ A روش اول (بررسی گزینه‌ها): آرایش الکترونی اتم‌ها و نسبت خواسته شده در آن‌ها به صورت زیر است:



روش دوم: برای حل سریع‌تر تست، توجه داشته باشید که تا وقتی که زیرلایه‌های ۳s و ۳p از الکترون پر نشوند، یعنی در لایه سوم ۸ الکترون وجود نداشته باشد، لایه چهارم شروع به پر شدن نمی‌کند. در چنین شرایطی نسبت تعداد الکترون‌های لایه سوم به چهارم برابر $\frac{4}{2}$ یا $\frac{8}{4}$ است.



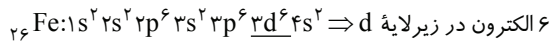
از طرفی تا زمانی که زیرلایه ۳d از الکترون پر نشود، الکترون وارد زیرلایه ۴p نمی‌شود، پس زمانی که در لایه سوم ۱۸ الکترون وجود دارد، زیرلایه ۴p شروع به پر شدن می‌کند. در این شرایط اگر قرار باشد، نسبت شمار الکترون‌های لایه سوم به چهارم برابر ۳ باشد، پس تعداد الکترون‌ها در لایه چهارم باید $\frac{18}{3} = 6$ باشد، پس آرایش لایه چهارم به صورت $4s^2 4p^4$ خواهد بود. عنصری با آرایش لایه آخر $4s^2 4p^4$ ، سلنیم (Se) است.



۲۱۷۰ B انرژی زیرلایه‌ها به $n+l$ وابسته است، به طوری که هر چه این مقدار برای زیرلایه‌ای کوچک‌تر باشد، آن زیرلایه انرژی کمتر و پایداری بیشتری دارد و زودتر از الکترون اشغال می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): دوره چهارم شامل عنصرهای شماره ۱۹ تا ۳۶ است که در بین آن‌ها، آرایش الکترونی عنصرهای شماره ۲۴ و ۲۹، یعنی کروم و مس، از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند.

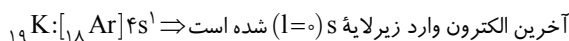
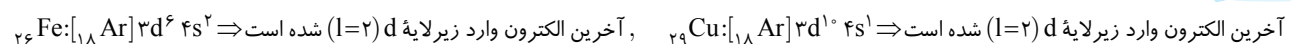


گزینه (۳): قاعده آفبا آرایش الکترونی اتم اغلب عنصرها را به درستی پیش‌بینی می‌کند، اما برای اتم برخی عنصرهای جدول نارسایی دارد. امروزه به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته، آرایش الکترونی چنین اتم‌هایی را با دقت تعیین می‌کنند. گزینه (۴): زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی ۲ همان زیرلایه d است:

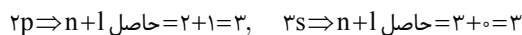


زیرلایه با عدد کوانتومی فرعی ۱ همان زیرلایه p است:

۲۱۷۱ B آرایش الکترونی فشرده این سه عنصر به صورت زیر است:

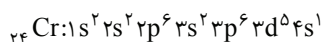


بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): تنها دو زیرلایه ۳s و ۳p دارای مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی ۳ هستند (دقت کنید که در اتم زیرلایه ۱d و ۰f وجود ندارد).

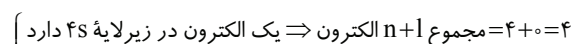


گزینه (۲): آرایش الکترونی فشرده کروم (${}_{24}\text{Cr}$) به صورت مقابل است:

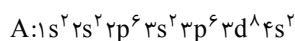
عنصر کروم در آخرین زیرلایه خود (۴s) دارای یک الکترون است. اما دقت کنید که آرایش الکترونی آن از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند. گزینه (۳): ترتیب پر شدن زیرلایه‌ها به مقدار $n+l$ و n آن‌ها بستگی دارد. به گونه‌ای که هر چه حاصل $n+l$ کوچک‌تر باشد، آن زیرلایه زودتر الکترون می‌گیرد. اما دقت کنید که پس از پر شدن زیرلایه‌ها، ترتیب قرارگیری آن‌ها براساس عدد کوانتومی اصلی آن‌ها (n) خواهد بود. هر چه مقدار عدد کوانتومی اصلی زیرلایه‌ای کوچک‌تر باشد، آن زیرلایه زودتر نوشته می‌شود.



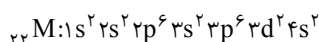
۲۱۷۲ B آرایش الکترونی اتم کروم (${}_{24}\text{Cr}$) به صورت مقابل است:



لایه ظرفیت اتم کروم به صورت $3d^5 4s^1$ است.



۲۱۷۳ B در آغاز با توجه به اینکه در چهار لایه از اتم A الکترون وجود دارد آرایش الکترونی اتم عنصر A را می‌نویسیم:



در نتیجه در تنها زیرلایه d موجود ($l=2$)، هشت الکترون قرار دارد. اکنون آرایش الکترونی ${}_{22}\text{M}$ را می‌نویسیم:

در آرایش الکترونی اتم ${}_{22}\text{M}$ ، چهار زیرلایه دو الکترونی s و یک زیرلایه دو الکترونی d مشاهده می‌شود، پس نسبت خواسته شده برابر است با:

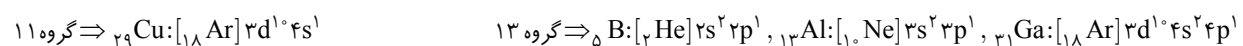
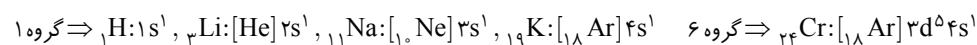
$$\frac{1}{5} = 1/5$$

۱۷۴ B عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): ایزوتوپهای یک عنصر عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوتی دارند، در حالی که ${}^{60}_{27}\text{Co}$ و ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ عدد جرمی یکسان و عدد اتمی متفاوتی دارند، پس ایزوتوپ یکدیگر نیستند. عبارت (ب): در اتم ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ، پروتون ۲۷ و نوترون (۶۰-۲۷) وجود دارد. تفاوت شمار نوترونها و پروتونهای این عنصر برابر ۶ است.

عبارت (پ): آرایش الکترونی عنصر ${}^{60}_{27}\text{Co}$ به صورت زیر است: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$ $\Rightarrow$ $\begin{cases} l=0 \text{ (زیرلایه s)} & \text{شمار الکترونهای با } l=0 \\ l=1 \text{ (زیرلایه p)} & \text{شمار الکترونهای با } l=1 \end{cases}$

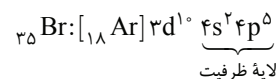
بنابراین مجموع شمار الکترونهای موجود در زیرلایههای با $l=0$ و $l=1$ (یعنی s و p) برابر $20(1+1)$ است. عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم ${}^{60}_{27}\text{Co}$ به صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$ است. شمار الکترونهای زیرلایه d در اتم ${}^{60}_{27}\text{Co}$ برابر ۵ است و با توجه به آرایش الکترونی ${}^{60}_{27}\text{Co}$ که در بالا رسم شده، در زیرلایه d اتم ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ۷ الکترون وجود دارد. بنابراین اختلاف شمار الکترونهای زیرلایه d در این دو عنصر برابر $2(5-7)$ است.

۱۷۵ B در میان عناصر جدول دوره‌ای، عناصر گروه‌های ۱، ۱۱ و ۱۳ جدول دوره‌ای در آخرین زیرلایه خود دارای یک الکترون هستند؛ بنابراین در میان ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای، عناصر هیدروژن (${}^1_1\text{H}$)، لیتیم (${}^3_3\text{Li}$)، سدیم (${}^{11}_{11}\text{Na}$) و پتاسیم (${}^{19}_{19}\text{K}$) از گروه ۱، عناصر کروم (${}^{24}_{24}\text{Cr}$) و مس (${}^{40}_{40}\text{Cu}$) به ترتیب از گروه‌های ۷ و ۱۱ و عناصر بور (${}^5_5\text{B}$)، آلومینیم (${}^{13}_{13}\text{Al}$) و گالیم (${}^{31}_{31}\text{Ga}$) از گروه ۱۳ در آخرین زیرلایه خود، تنها یک الکترون دارند. به آرایش الکترونی این ۹ عنصر توجه کنید:



۱۷۶ B مطابق قاعده آفبا، زیرلایه d ($n+l=5$) دارای انرژی کمتری نسبت به δp ($n+l=6$) بوده و به همین علت زیرلایه d زودتر از زیرلایه δp الکترون پر می‌شود؛ بنابراین هر گاه زیرلایه δp در حال پر شدن باشد، زیرلایه d می‌بایست پیش از آن از الکترون پر شده باشد. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۲): انرژی هر لایه (الکترون) در اتم، به عدد اتمی آن اتم وابسته است؛ به همین دلیل جابه‌جایی الکترون، حتی بین لایه‌های یکسان، در اتم‌های متفاوت، پرتو با طول موج‌های متفاوت ایجاد می‌کند. گزینه (۳): زیرلایه d ($l=2$) از عنصر اسکاندیم (${}^{21}_{21}\text{Sc}$) شروع به پر شدن می‌کند؛ بنابراین عناصری با عدد اتمی ۱ تا ۲۰، دارای الکترون در این زیرلایه نیستند. گزینه (۴): انرژی هر زیرلایه به $n+l$ و n آن زیرلایه وابسته است؛ به طوری که ابتدا به مقایسه $n+l$ پرداخته و در صورت برابر بودن این مقدار، از مقایسه n برای مقایسه سطح انرژی زیرلایه‌ها استفاده می‌کنیم؛ بنابراین با مقایسه میان زیرلایه $6s$ ($n+l=6+0=6$) و $4d$ ($n+l=4+2=6$) می‌توان بیان داشت که از آن جایی که $n+l$ برای هر دو زیرلایه یکسان است، پس زیرلایه $6s$ به دلیل بیشتر بودن مقدار n ، انرژی بیشتری دارد.

۱۷۷ B رفتار شیمیایی هر اتم به تعداد الکترونهای ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان هشت‌تایی شدن لایه ظرفیت و دست‌یابی به آرایش گاز نجیب را مبنای میزان واکنش‌پذیری آن دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند و پایدارتر شوند. شمار الکترونهای ظرفیتی در آرایش الکترونی فشرده اتم عنصرهای اصلی و واسطه مشخص است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): آرایش الکترونی اتم هیدروژن (${}^1_1\text{H}$) را نمی‌توان به صورت فشرده (با استفاده از گاز نجیب) مشخص کرد. گزینه (۳): در نوشتن آرایش الکترونی فشرده عنصرهای دسته p، علاوه بر لایه ظرفیت (الکترونهای زیرلایه‌های s و p لایه آخر)، زیرلایه d لایه ماقبل آخر نیز نوشته می‌شود؛ برای نمونه، برای عنصر ${}^{35}_{35}\text{Br}$ داریم:



گزینه (۴): در عناصر گروهی که زیرلایه p آن‌ها در حال پر شدن است، رقم یکان شماره گروه با شماره الکترونهای ظرفیت آن اتم برابر است؛ به عبارت دیگر داریم: $10 + \text{شمار الکترونهای ظرفیتی اتم عنصر} = \text{شماره گروه عنصر}$

۱۷۸ B عبارتهای (الف) و (ث) نادرست هستند. در دوره چهارم جدول تناوبی، عنصر کروم (${}^{24}_{24}\text{Cr}$) از گروه ۶ جدول تناوبی و عنصر سلنیم (${}^{34}_{34}\text{Se}$) از گروه ۱۶ جدول تناوبی، دارای ۶ الکترون ظرفیت هستند. آرایش الکترونی فشرده این دو عنصر به صورت زیر است:



دقت کنید که در عناصر دسته p از دوره چهارم به بعد، زیرلایه d جزء لایه ظرفیت محسوب نمی‌شود. بررسی عبارتهای (الف): با توجه به آرایش الکترونی این دو عنصر، کروم دارای ۱۳ الکترون و سلنیم دارای ۱۸ الکترون در لایه سوم خود هستند.



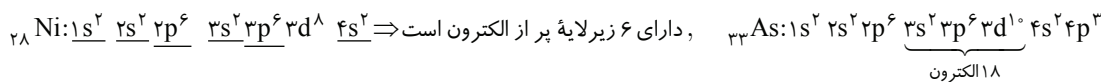
عبارت (ب): کروم (${}^{24}_{24}\text{Cr}$)، دارای دو زیرلایه $4s$ و $3d$ نیمه‌پر است. عبارت (پ): سلنیم (${}^{34}_{34}\text{Se}$) دارای ۴ الکترون در آخرین زیرلایه خود، یعنی $4p$ است. عبارت (ت): عنصر کروم از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند. عبارت (ث): مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترونهای لایه ظرفیت این دو عنصر به صورت زیر است:

$${}^{24}_{24}\text{Cr}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترونهای لایه ظرفیت} = \underbrace{5(3+2)}_{3d} + \underbrace{1(4+0)}_{4s} = 25 + 4 = 29$$

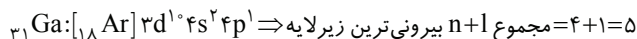
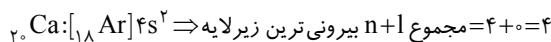
$${}^{34}_{34}\text{Se}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4 \Rightarrow \text{مجموع } n+l \text{ الکترونهای لایه ظرفیت} = \underbrace{2(4+0)}_{4s} + \underbrace{4(4+1)}_{4p} = 8 + 20 = 28$$

همان‌طور که مشاهده کردید، مجموع $n+l$ الکترونهای لایه ظرفیت هیچ‌کدام از این دو عنصر برابر ۲۶ نیست.

B ۱۷۹ ۱ فقط عبارت چهارم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: آرایش الکترونی دو عنصر ${}_{28}\text{Ni}$ و ${}_{33}\text{As}$ به صورت زیر است:



عنصر ${}_{33}\text{As}$ دارای ۱۸ الکترون در لایه سوم خود است. همچنین ${}_{28}\text{Ni}$ ، ۶ زیرلایه پر شده از الکترون دارد. عبارت دوم: در میان عناصر دوره سوم جدول دوره‌ای، در دما و فشار اتاق، ۲ عنصر کمر و آگون به صورت گازی هستند. عبارت سوم: حداکثر گنجایش الکترونی هر لایه از رابطه $2n^2$ به دست می‌آید؛ بنابراین لایه‌ای با $n=3$ حداکثر گنجایش $(2 \times 3^2) = 18$ الکترون را دارد. همچنین سه زیرلایه s ، p و d دارای مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی ۵ هستند. اگر چه مجموع n و l برای زیرلایه $2f$ برابر ۵ است ولی چنین زیرلایه‌ای مجاز نیست و اصلاً وجود ندارد، زیرا لایه دوم فقط زیرلایه s و p دارد. عبارت چهارم: آرایش الکترونی فشرده دو عنصر ${}_{20}\text{Ca}$ و ${}_{31}\text{Ga}$ به صورت مقابل خواهد بود:



بنابراین حاصل $n+l$ بیرونی‌ترین زیرلایه این دو عنصر با یکدیگر برابر نیست.

B ۱۸۰ ۲

نکته ترکیبی

دسته بندی عناصر: عنصرها را براساس آخرین زیرلایه‌ای که الکترون پذیرفته است در چهار دسته قرار می‌دهند:

- دسته s: شامل عناصر گروه‌های اول و دوم و عنصر هلیوم است. این دسته ۱۴ عنصر دارد و همه الکترون‌های ظرفیت عناصر آن مربوط به زیرلایه s هستند.
- دسته p: شامل عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ به جز هلیوم است. این دسته ۳۶ عنصر دارد و اکثر نافلزها به همراه تمامی شبه‌فلزها و برخی از فلزها در آن یافت می‌شوند؛ بنابراین تنوع خواص عناصر در آن زیاد است. الکترون‌های ظرفیت عناصر دسته p شامل الکترون‌های آخرین زیرلایه‌های s و p آرایش الکترونی است. عناصر این دسته در دوره‌های دوم تا هفتم قرار دارند.
- دسته d: عناصر گروه‌های ۳ تا ۱۰ جدول تناوبی را در برمی‌گیرد. شامل ۴۰ عنصر است که همگی فلزند. الکترون‌های ظرفیت این عناصر شامل الکترون‌های آخر زیرلایه s به همراه الکترون‌های زیرلایه d لایه ماقبل آخر آن می‌شود. عناصر این دسته در دوره‌های چهارم تا هفتم قرار دارند.
- دسته f: عناصر این دسته تماماً در گروه سوم قرار دارند، همانند دسته d همگی فلز هستند و در دوره‌های ۶ و ۷ جدول تناوبی یافت می‌شوند.

عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): هلیوم اگر چه عنصری از دسته s است ولی به همراه ۳۶ عنصر دسته p در گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ جدول دوره‌ای قرار گرفته‌اند. عبارت (ب): دسته d شامل گروه‌های ۳ تا ۱۰ (گروه) و دوره‌های ۴ تا ۷ جدول تناوبی (۴ دوره) است و جمعاً ۴۰ عنصر را در خود جای داده است. عبارت (پ): در دوره‌های اول تا چهارم جدول تناوبی به ترتیب ۲، ۸، ۱۸ و ۳۶ عنصر وجود دارد که در مجموع برابر ۳۶ عنصر می‌شود. شمار عنصرهای دسته p نیز برابر ۳۶ عنصر است. عبارت (ت): دسته s ، d و f به ترتیب شامل ۱۴، ۴۰ و ۲۸ عنصر هستند.

B ۱۸۱ ۳

عناصر لیتیم (Li)، بریلیوم (Be) و نئون (Ne) از دوره دوم و عناصر سدیم (Na)، منیزیم (Mg)، آلومینیم (Al)، سیلیسیم (Si)، کلر (Cl) و آرگون (Ar) از دوره سوم، دارای نماد شیمیایی دوحرفی هستند؛ بنابراین در مجموع ۹ عنصر از دوره‌های دوم و سوم جدول دارای نماد شیمیایی دوحرفی اند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): گروه‌های ۴ تا ۱۲ جدول تناوبی، هر یک شامل ۴ عنصر بوده و همگی از دسته d هستند. در سایر گروه‌های جدول تناوبی، بیش از ۴ عنصر وجود دارد. * توجه: عناصر دسته f جدول تناوبی که شامل ۲۸ عنصر هستند، جزو گروه ۳ جدول به شمار می‌آیند. در واقع گروه سوم جدول تناوبی با ۳۲ عنصر (۲۸ عنصر از دسته f و ۴ عنصر از دسته d)، بزرگ‌ترین گروه جدول تناوبی به شمار می‌رود.

گزینه (۲): عناصر دسته f شامل ۱۴ عنصر در دوره ششم (عناصر ۵۷ تا ۷۰) و ۱۴ عنصر در دوره هفتم (عناصر ۸۹ تا ۱۰۲) جدول تناوبی هستند که در مجموع در این دسته ۲۸ عنصر وجود دارد. گزینه (۴): نخستین عنصر ساخته شده توسط بشر، تکنسیم (${}_{93}\text{Tc}$) بوده و آرایش الکترونی فشرده این عنصر به صورت ${}_{43}\text{Tc}: [{}_{36}\text{Kr}] 4d^5 5s^2$ است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، آخرین الکترون وارد زیرلایه d این عنصر شده است؛ بنابراین این عنصر جزو عناصر دسته d جدول تناوبی به شمار می‌آید.

B ۱۸۲ ۲

۲ دانستن جایگاه یک عنصر در جدول دوره‌ای، می‌توان به شماره دوره و شماره گروه آن عنصر پی برد، همچنین می‌توان فهمید که عدد اتمی این عنصر چند است و چون در یک اتم، شمار پروتون‌ها و الکترون‌ها با یکدیگر مساوی بوده و برابر عدد اتمی است، می‌توان به شمار پروتون‌ها و الکترون‌های آن اتم نیز پی برد. این در حالی است که شمار نوترون‌های اتم مشخص نمی‌شود، به عدد جرمی (مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها) و تعداد ایزوتوپ (هم‌مکان‌های یک عنصر نیز نمی‌توان پی برد. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها، رفتار شیمیایی آن‌ها را تعیین می‌کند. به الکترون‌های موجود در لایه ظرفیت، الکترون‌های ظرفیت اتم گفته می‌شود.

B ۱۸۳ ۴

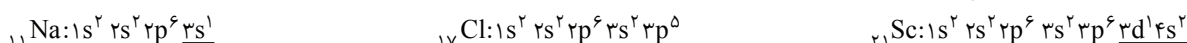
گزینه (۲): در عنصرهای گروه‌های ۱ تا ۱۲، شماره گروه با تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت برابر است. در عنصرهای گروه‌های ۱۳ تا ۱۸، شماره گروه برابر است با (۱۰ + تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت)، به عبارت دیگر، تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت برابر با یکان شماره گروه عنصرها است. البته به جز He که دو الکترون ظرفیت دارد ولی در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار گرفته است!

نکته ترکیبی

شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر هر دسته:

• دسته s: ۱ و ۲ الکترون ظرفیت • دسته p: ۳ تا ۸ الکترون ظرفیت • دسته d: ۳ تا ۱۲ الکترون ظرفیت • دسته f: ۳ تا ۱۴ الکترون ظرفیت

گزینه (۳): لایه ظرفیت عنصرهای دسته s و p ، بیرونی‌ترین لایه اتم این عنصرها است، در حالی که در عنصرهای دسته d ، لایه ظرفیت علاوه بر بیرونی‌ترین لایه، زیرلایه d لایه ماقبل آخر را نیز شامل می‌شود. به عنوان مثال:



* توجه: ضابطه کلی لایه ظرفیت در عنصرهای دسته s به صورت ns ، در عنصرهای دسته p به صورت $ns np$ و در عنصرهای دسته d به صورت $(n-1)d ns$ است.

گزینه (۴): به عنوان مثال در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای، عنصر هلیوم دارای ۲ الکترون ظرفیت است ولی سایر عناصر این گروه (${}_{18}\text{Ar}$ ، ${}_{86}\text{Kr}$ و ...) دارای ۸ الکترون ظرفیت هستند.

نسبت خواسته شده را برای چهار عنصر محاسبه می‌کنیم. بیشترین نسبت متعلق به عنصر روی ($_{30}\text{Zn}$) است.

شمار الکترون‌های لایه ظرفیت شمار زیرلایه‌های اشغال شده	نماد و آرایش الکترونی عنصر
$\frac{2+3}{3} \approx 1/66$	$_{7}\text{N}: 1s^2 \underline{2s^2 2p^3}$
$\frac{2+4}{5} = 1/2$	$_{16}\text{S}: 1s^2 \underline{2s^2 2p^6 3s^2 3p^4}$
$\frac{2+10}{7} \approx 1/71$	$_{30}\text{Zn}: 1s^2 \underline{2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2}$
$\frac{2+5}{8} = 0/875$	$_{35}\text{Br}: 1s^2 \underline{2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5}$

ابتدا آرایش الکترونی دو عنصر $_{24}\text{M}$ و $_{28}\text{A}$ را رسم کرده و شمار الکترون‌های با $l=1$ و مجموع شمار الکترون‌های با $l=0$ و $l=2$ را برای هر کدام به دست می‌آوریم:

عنصر	آرایش الکترونی	شمار الکترون‌های با $l=1$	مجموع شمار الکترون‌های با $l=0$ و $l=2$
$_{24}\text{M}$	$1s^2 \underline{2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1}$	۱۲	$7+5=12$
$_{28}\text{A}$	$1s^2 \underline{2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2}$	۱۲	$8+8=16$

بنابراین بین دو عنصر $_{24}\text{M}$ و $_{28}\text{A}$ باید $_{24}\text{M}$ را انتخاب کنیم. در لایه ظرفیت عنصر $_{24}\text{M}$ همانند لایه ظرفیت $_{16}\text{X}$ ، تعداد ۶ الکترون وجود دارد:



ابتدا از آرایش الکترونی فشرده $_{19}\text{K}$ ، مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی لایه ظرفیت آن را به دست می‌آوریم:

$$_{19}\text{K}: [_{18}\text{Ar}] \underline{4s^1} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه ظرفیت} = 1(\underbrace{4+0}_{4s}) = 4$$

لایه ظرفیت

اکنون آرایش الکترونی عناصر (الف) تا (ث) را رسم کرده و مجموع $n+1$ الکترون‌های لایه آخر آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$$_{31}\text{A}: [_{18}\text{Ar}] \underline{3d^1 4s^2 4p^1} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 2(\underbrace{4+0}_{4s}) + 1(\underbrace{4+1}_{4p}) = 13$$

لایه آخر

عبارت (الف):

$$_{22}\text{B}: [_{18}\text{Ar}] \underline{3d^5 4s^1} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 1(\underbrace{4+0}_{4s}) = 4$$

لایه آخر

عبارت (ب):

$$_{25}\text{C}: [_{18}\text{Ar}] \underline{3d^5 4s^2} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 2(\underbrace{4+0}_{4s}) = 8$$

لایه آخر

عبارت (پ):

$$_{27}\text{D}: [_{18}\text{Ar}] \underline{3d^7 4s^2} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 2(\underbrace{4+0}_{4s}) = 8$$

لایه آخر

عبارت (ت):

$$_{29}\text{E}: [_{18}\text{Ar}] \underline{3d^1 4s^1} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های لایه آخر} = 1(\underbrace{4+0}_{4s}) = 4$$

لایه آخر

عبارت (ث):

بنابراین مجموع $n+1$ الکترون‌های لایه آخر دو عنصر $_{24}\text{B}$ و $_{29}\text{E}$ با مجموع $n+1$ الکترون‌های ظرفیت $_{19}\text{K}$ برابر است.

ابتدا آرایش الکترونی فشرده هر یک از این عناصر را رسم می‌کنیم و حاصل $n+1$ را برای الکترون‌های ظرفیت آن‌ها به دست می‌آوریم:

$$_{24}\text{Cr}: [_{18}\text{Ar}] \underline{3d^5 4s^1} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 5(\underbrace{3+2}_{3d}) + 1(\underbrace{4+0}_{4s}) = 29$$

لایه ظرفیت

$$_{15}\text{P}: [_{10}\text{Ne}] \underline{3s^2 3p^3} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(\underbrace{3+0}_{3s}) + 3(\underbrace{3+1}_{3p}) = 18$$

لایه ظرفیت

$$_{22}\text{Ti}: [_{18}\text{Ar}] \underline{3d^2 4s^2} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(\underbrace{3+2}_{3d}) + 2(\underbrace{4+0}_{4p}) = 18$$

لایه ظرفیت

$$_{9}\text{F}: [_{1}\text{He}] \underline{2s^2 2p^5} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(\underbrace{2+0}_{2s}) + 5(\underbrace{2+1}_{2p}) = 19$$

لایه ظرفیت

$$_{34}\text{Se}: [_{18}\text{Ar}] \underline{3d^{10} 4s^2 4p^4} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(\underbrace{4+0}_{4s}) + 4(\underbrace{4+1}_{4p}) = 28$$

لایه ظرفیت

$$_{16}\text{S}: [_{10}\text{Ne}] \underline{3s^2 3p^4} \Rightarrow \text{مجموع } n+1 \text{ الکترون‌های ظرفیت} = 2(\underbrace{3+0}_{3s}) + 4(\underbrace{3+1}_{3p}) = 22$$

لایه ظرفیت

مجموع $n+1$ الکترون‌های ظرفیت در دو عنصر $_{22}\text{Ti}$ و $_{15}\text{P}$ با یکدیگر برابر است.

B ۱۸۸ ۴ آرایش الکترونی دو عنصر ${}_{24}\text{Cr}$ و ${}_{29}\text{Cu}$ به صورت زیر خواهد بود:



در هر دوی این عناصر ۷ زیرلایه از الکترون اشغال شده است. / ${}_{24}\text{Cr}$ دارای ۵ الکترون در زیرلایه $3d$ ($l=2$) و ${}_{29}\text{Cu}$ دارای ۱۰ الکترون در زیرلایه $3d$ است. هر دوی این عناصر دارای ۳ زیرلایه دو الکترونی ($1s^2$ ، $2s^2$ ، $3s^2$) هستند. / شمار الکترون‌های زیرلایه‌های s هر دوی این عناصر برابر ۷ است. / شمار الکترون‌های ظرفیت ${}_{24}\text{Cr}$ برابر ۶ و ${}_{29}\text{Cu}$ برابر ۱۱ است. / در لایه آخر هر دوی این عناصر یک الکترون وجود دارد. / آرایش الکترونی این دو عنصر از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند. / آخرین زیرلایه هر دوی این عناصر مشابه و به صورت $4s^1$ بوده و به همین دلیل مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی الکترون‌های این زیرلایه در هر دوی آن‌ها یکسان و برابر $4(1+0)$ است.

B ۱۸۹ ۴ همه عبارت‌ها درست است. در لایه سوم به ترتیب زیرلایه‌های $3s$ ، $3p$ و $3d$ الکترون می‌پذیرند. عنصری که در لایه سوم خود ۱۰ الکترون داشته باشد،

در زیرلایه‌های $3s$ و $3p$ آن به ترتیب ۲ و ۶ الکترون وجود دارد و زیرلایه $3d$ آن دارای ۲ الکترون است.

پس آرایش الکترونی این اتم به صورت مقابل است:

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): این عنصر جزء عنصرهای دسته d بوده و لایه ظرفیت آن به صورت $3d^2 4s^2$ است. شماره گروه این عنصر برابر با تعداد الکترون‌های

لایه ظرفیت آن (۴) می‌باشد. عبارت (ب): در این اتم جمعاً ۵ زیرلایه دارای ۲ الکترون هستند.

عبارت (پ): دسته d با ۴۰ عنصر دارای بیشترین تعداد عنصر است. عبارت (ت): با توجه به آرایش الکترونی عنصر مورد نظر، خواهیم داشت:

$$\frac{\text{تعداد الکترون‌های لایه چهارم}}{\text{تعداد الکترون‌های لایه دوم}} = \frac{2}{2+6} = \frac{1}{4}$$

B ۱۹۰ ۲ آرایش اتم منگنز، به صورت مقابل است:



لایه ظرفیت

هر اتم منگنز دارای ۷ الکترون ظرفیت است؛ بنابراین برای حل این تست، ابتدا حجم قطعه منگنز را محاسبه کرده و تعداد مول الکترون‌های ظرفیت موجود در اتم منگنز این قطعه را به دست می‌آوریم:

$$(\text{ظرفیت}) 1 \text{ mol } e^- \approx \frac{(\text{ظرفیت}) 1 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol Mn}} \times \frac{1 \text{ mol Mn}}{55 \text{ g Mn}} \times \frac{55 \text{ g Mn}}{1 \text{ cm}^3} \times 64 \text{ cm}^3 = 64 \text{ cm}^3 (\text{ظرفیت}) 1 \text{ mol } e^-$$

C ۱۹۱ ۲ عبارت‌های اول، سوم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: همان‌طور که می‌دانید، هر زیرلایه را با نماد nl نمایش می‌دهند، به طوری که

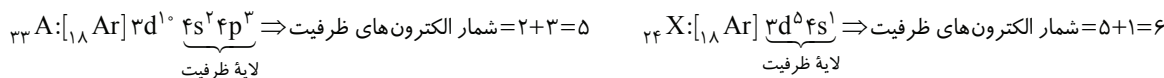
n عدد کوانتومی اصلی و برابر ضرب زیرلایه است و l عدد کوانتومی فرعی است و برای زیرلایه‌های s ، p ، d و f به ترتیب برابر ۰، ۱، ۲ و ۳ است. اکنون حاصل $n+l$ را برای زیرلایه‌های $4d$ و $3s$ محاسبه می‌کنیم:

$$\text{نسبت } n+l \text{ برابر زیرلایه } 4d \text{ به } 3s \text{ برابر } \frac{6}{3} \text{ است. عبارت دوم: } n=A-p=140-58=82, \quad e=p- \text{بار یون} = 58-3=55, \quad p=58, \quad {}_{58}^{140}\text{Zr}^{3+}$$

تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها در این یون برابر ۲۷ ($55-82$) است. عبارت سوم: آرایش الکترونی عنصر مورد نظر به صورت زیر است:



با توجه به آرایش الکترونی عنصر D ، زیرلایه‌های $2p$ ، $3p$ و $3d$ دارای ۶ الکترون هستند. عبارت چهارم: آرایش الکترونی فشرده دو عنصر به صورت زیر است:



لایه ظرفیت

لایه ظرفیت

عبارت پنجم: براساس قاعده آفبا، ابتدا زیرلایه‌هایی که انرژی کمتری داشته و به هسته نزدیک‌تر هستند، پر می‌شوند. انرژی زیرلایه‌ها به مقدار n و $n+l$ آن‌هاست، به گونه‌ای که زیرلایه با $n+l$ کوچک‌تر، انرژی کمتری داشته و سریع‌تر پر می‌شود. همچنین اگر $n+l$ دو زیرلایه برابر باشند، زیرلایه‌ای که n کوچک‌تری دارد، زودتر الکترون می‌گیرد. حاصل $n+l$ برای زیرلایه‌های $4s$ و $3d$ به ترتیب برابر ۴ و ۵ است؛ بنابراین در عناصر واسطه دوره چهارم، زیرلایه $4s$ زودتر از زیرلایه $3d$ از الکترون اشغال می‌شود.

C ۱۹۲ ۳ بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): در دوره چهارم جدول تناوبی در مجموع ۱۸ عنصر وجود دارد که از این ۱۸ عنصر، سه عنصر ${}_{29}\text{Cu}$ ، ${}_{24}\text{Cr}$ و ${}_{27}\text{Co}$ دارای

زیرلایه نیمه‌پر $4s^1$ ، عنصر ${}_{25}\text{Mn}$ دارای زیرلایه نیمه‌پر $3d^5$ ، عنصر ${}_{33}\text{As}$ دارای زیرلایه نیمه‌پر $4p^3$ است. برای تمرین آرایش الکترونی این پنج عنصر را بنویسید.

گزینه (۲): در عناصر گروه‌های ۱ تا ۱۲ دوره چهارم جدول تناوبی به ترتیب ۱ تا ۱۲ الکترون ظرفیت وجود دارد. شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ دوره چهارم نیز به ترتیب ۳ تا ۸ الکترون است؛ بنابراین شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ برابر با شمار این الکترون‌ها در عناصر گروه‌های ۳ تا ۸ است و در مجموع ۱۲ عنصر با تعداد الکترون‌های ظرفیت متفاوت در این دوره داریم.

* توجه: شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های ۳ تا ۸ دسته d جدول تناوبی برابر شمار این الکترون‌ها در عناصر گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ دسته p (به جز ${}^4\text{He}$) است.

گزینه (۳): در دوره چهارم جدول تناوبی، شمار الکترون‌های ظرفیت عناصر گروه‌های ۱ تا ۱۲ از چپ به راست افزایش می‌یابد. اما از گروه ۱۲ به گروه ۱۳، تعداد الکترون‌های ظرفیت از ۱۲ به ۳ کاهش می‌یابد و از گروه ۱۳ تا ۱۸ دوباره افزایش می‌یابد؛ پس شمار الکترون‌های ظرفیت در عناصر دوره چهارم جدول دوره‌ای، از چپ به راست همواره افزایش نمی‌یابد.

گزینه (۴): از ۱۸ عنصر دوره چهارم جدول تناوبی، تنها دو عنصر پتاسیم (${}_{19}\text{K}$) و وانادیم (${}_{23}\text{V}$) دارای نماد شیمیایی تک‌حرفی هستند.

نکته ترکیبی دربارهٔ عناصر دورهٔ چهارم جدول تناوبی به نکات زیر توجه کنید: ۱- عناصری که حداقل یک زیرلایهٔ نیمه‌پر دارند: ${}_{19}\text{K}$ ، ${}_{24}\text{Cr}$ ، ${}_{29}\text{Cu}$ و ${}_{33}\text{As}$

۲- عناصری که تنها یک زیرلایهٔ نیمه‌پر دارند: ${}_{19}\text{K}$ ، ${}_{29}\text{Cu}$ و ${}_{33}\text{As}$ -۳- عنصری که دارای بیش از یک زیرلایهٔ نیمه‌پر است: ${}_{24}\text{Cr}$ -۴- عنصری که آخرین الکترونی که می‌پذیرند در یک زیرلایهٔ نیمه‌پر قرار دارد: ${}_{19}\text{K}$ ، ${}_{24}\text{Cr}$ و ${}_{33}\text{As}$ -۵- عناصری که دارای زیرلایهٔ $3d$ پر هستند: ${}_{29}\text{Cu}$ ، ${}_{30}\text{Zn}$ ، ${}_{31}\text{Ga}$ ، ${}_{32}\text{Ge}$ ، ${}_{33}\text{As}$ ، ${}_{34}\text{Se}$ ، ${}_{35}\text{Br}$ و ${}_{36}\text{Kr}$ -۶- عنصری که آرایش الکترونی آن‌ها به زیرلایهٔ تک الکترون ختم می‌شود: ${}_{19}\text{K}$ ، ${}_{24}\text{Cr}$ ، ${}_{29}\text{Cu}$ و ${}_{31}\text{Ga}$ -۷- عنصری که ۸ الکترون ظرفیت دارند: ${}_{36}\text{Kr}$ ، ${}_{37}\text{Br}$ ، ${}_{38}\text{Se}$ ، ${}_{39}\text{As}$ ، ${}_{40}\text{Ge}$ ، ${}_{41}\text{Ga}$ ، ${}_{42}\text{Zn}$ ، ${}_{43}\text{Cu}$ / ${}_{25}\text{Mn}$ و ${}_{24}\text{Cr}$ -۸- عنصری که آرایش الکترونی آن‌ها از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند: ${}_{24}\text{Cr}$ و ${}_{29}\text{Cu}$ -۹- عنصری که شمار الکترون‌های $l=2$ برابر دارند: ${}_{24}\text{Cr}$ و ${}_{25}\text{Mn}$ / ${}_{29}\text{Cu}$ و ${}_{30}\text{Zn}$ ، ${}_{31}\text{Ga}$ ، ${}_{32}\text{Ge}$ ، ${}_{33}\text{As}$ ، ${}_{34}\text{Se}$ ، ${}_{35}\text{Br}$ و ${}_{36}\text{Kr}$ -۱۰- عنصری که در میان فراوان‌ترین عناصر سیارهٔ زمین دیده می‌شوند: ${}_{26}\text{Fe}$ و ${}_{28}\text{Ni}$ -۱۱- عنصری که مجموع $n+l$ الکترون‌های ظرفیت اتم آن، برابر عدد اتمی است: ${}_{23}\text{V}$

$${}_{23}\text{V}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underbrace{3d^3 4s^2}_{\text{لایه ظرفیت}} \Rightarrow \text{مجموع } n+l = 3(3+2) + 2(4+0) = 23$$

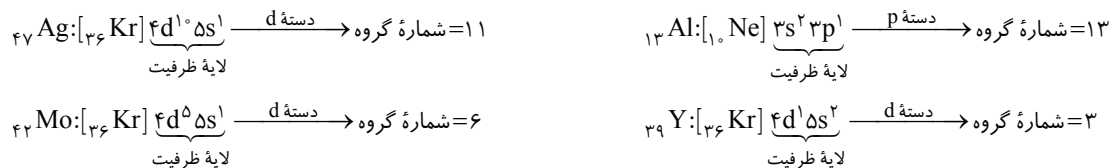
A ۱۹۳ ۲ ${}_{33}\text{As}$ و ${}_{15}\text{P}$ هر دو در گروه ۱۵ و ${}_{19}\text{K}$ و ${}_{35}\text{Br}$ هر دو در تناوب چهارم جدول قرار دارند. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** ${}_{5}\text{B}$ در گروه ۱۳ و ${}_{32}\text{Ge}$ در گروه ۱۴ قرار دارد. ${}_{37}\text{Rb}$ و ${}_{52}\text{Te}$ هر دو متعلق به تناوب پنجم هستند. **گزینه (۳):** ${}_{10}\text{Ne}$ و ${}_{36}\text{Kr}$ هر دو در گروه ۱۸ قرار دارند. ${}_{53}\text{I}$ متعلق به تناوب پنجم و ${}_{56}\text{Ba}$ متعلق به تناوب ششم است. **گزینه (۴):** ${}_{21}\text{Sc}$ در گروه ۳ و ${}_{13}\text{Al}$ در گروه ۱۳ قرار دارد. ${}_{26}\text{Fe}$ متعلق به تناوب چهارم و ${}_{17}\text{Cl}$ متعلق به تناوب سوم است.

B ۱۹۴ ۴ آرایش الکترونی ${}_{31}\text{Ga}$ و لایهٔ ظرفیت آن به صورت مقابل است: $3 = \text{تعداد الکترون‌های ظرفیت}$

با توجه به توضیحات متن تست، شمار الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم عنصر A نیز برابر ۳ است. حال شروع به رسم آرایش الکترونی عنصر A می‌کنیم، به شرطی که این عنصر دارای ۸ الکترون در زیرلایه‌های S (با عدد کوانتومی $l=0$) باشد و در لایهٔ ظرفیت خود ۳ الکترون داشته باشد.

$$A: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underbrace{3d^1 4s^2}_{\text{لایه ظرفیت}}$$

با توجه به آرایش الکترونی عنصر A، این عنصر همان ${}_{21}\text{Sc}$ است که در دورهٔ چهارم و گروه سوم جدول تناوبی قرار دارد. در زیر آرایش الکترونی فشردهٔ عناصر موجود در گزینه‌ها رسم شده است و با توجه به الکترون‌های ظرفیت آن‌ها، شمارهٔ گروه هر کدام تعیین شده است:



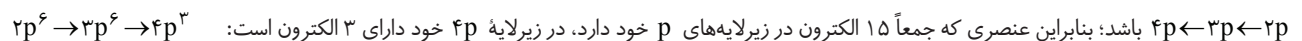
B ۱۹۵ ۳ عبارت (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. آرایش الکترونی این دو عنصر به صورت زیر می‌باشد:



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عنصر Mg متعلق به دستهٔ s و عنصر Ni متعلق به دستهٔ d است. دستهٔ s، ۱۴ عنصر و دستهٔ d، ۴۰ عنصر دارد. **عبارت (ب):** شمارهٔ گروه عنصر Mg، ۲ و شمارهٔ گروه عنصر Ni، ۱۰ است. **عبارت‌های (پ) و (ت):** ۸ الکترون با $n=2$ و ۶ الکترون با $l=0$ $\Rightarrow \text{Mg}: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 \Rightarrow l=0$

۱۶ الکترون با $n=3$ و ۸ الکترون با $l=2 \Rightarrow \text{Ni}: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 3d^8 / 4s^2 \Rightarrow l=2$

B ۱۹۶ ۱ **بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف):** عدد کوانتومی فرعی زیرلایه‌های p برابر ۱ است. طبق قاعدهٔ آفبا ترتیب پر شدن زیرلایه‌های p باید به صورت



پس آرایش الکترونی فشردهٔ اتم مورد نظر به صورت مقابل است:

$$X: [\text{Ar}] \underbrace{3d^1 4s^2 4p^3}_{\text{لایه ظرفیت}}$$

این عنصر متعلق به دستهٔ p است و شمارهٔ گروه آن برابر ۱۵ (تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت $l=0$) است. **پرسش (ب):** نخستین عنصر دستهٔ p، عنصری است که اولین زیرلایهٔ p آن الکترون می‌پذیرد:

نخستین عنصر دستهٔ d، عنصری است که اولین زیرلایهٔ d آن الکترون می‌پذیرد:

اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۱۶ (۲۱-۵) است. **پرسش (پ):** حداکثر مقدار مجاز l برای یک زیرلایه برابر $(n-1)$ است. بنابراین l باید کوچک‌تر از n

باشد: $n=7, l=0 \Rightarrow 7s$ $n=6, l=1 \Rightarrow 6p$ $n=5, l=2 \Rightarrow 5d$ $n=4, l=3 \Rightarrow 4f$ $n=3, l=4 \Rightarrow 3g$

B ۱۹۷ ۱ **روش اول:** ابتدا براساس اطلاعات صورت سؤال، عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها) عنصر X را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} n+p=79 \\ n-e=9 \\ e=p+2 \end{cases} \Rightarrow n-(p+2)=9 \Rightarrow n-p=11 \Rightarrow \begin{cases} n+p=79 \\ n-p=11 \end{cases} \Rightarrow p=34$$

روش دوم:

$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت تعداد نوترون ها و الکترون ها})}{2} \Rightarrow Z = \frac{79 - (9) + (-2)}{2} = 34$$

عدد اتمی گازهای نجیب آرگون و کریپتون به ترتیب برابر ۱۸ و ۳۶ است. این دو عنصر گازهای نجیب دوره‌های سوم و چهارم هستند. از آنجا که عدد اتمی عنصر مورد نظر ما برابر ۳۴ است، پس این عنصر در دوره چهارم قرار دارد. توجه داشته باشید که شماره دوره این عنصر را می‌توان با آرایش الکترونی آن نیز تعیین کرد ولی این روش

بسیار وقت گیر است. به این منظور، از آرایش الکترونی عنصر مورد نظر استفاده می‌کنیم:

$${}_{34}\text{X}: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^1 4s^2 4p^4 \Rightarrow \text{شماره دوره} = 4$$

لایه ظرفیت

عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): طبق قاعده آفبا، تا وقتی که لایه‌های اول و دوم یک اتم به‌طور کامل از الکترون پر نشود، لایه سوم شروع به پر شدن نمی‌کند و تا زمانی که زیرلایه ۴s الکترون نگیرد، زیرلایه ۳d شروع به پر شدن نمی‌کند. با توجه به این توضیحات، آرایش الکترونی این

عنصر را رسم می‌کنیم (دقت کنید که در چنین شکل‌هایی، هر دایره پر رنگ نشان‌دهنده یک لایه الکترونی است):

$$A: \underbrace{1s^2}_{\text{لایه اول}} / \underbrace{2s^2 2p^6}_{\text{لایه دوم}} / \underbrace{3s^2 3p^6 3d^1}_{\text{لایه سوم}} / \underbrace{4s^2}_{\text{لایه چهارم}}$$

با توجه به آرایش الکترونی عنصر A، عدد اتمی آن برابر ۲۸ است. عبارت‌های (ب) و (پ): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، این عنصر در زیرلایه ۳d^۱ = ۲ که همان زیرلایه ۳d است، دارای ۸ الکترون بوده و این زیرلایه پر نشده است. عبارت (ت): آرایش الکترونی فشرده این عنصر به‌صورت زیر است:

$A: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^1 4s^2 \Rightarrow \text{شماره دوره} = 4$ ، شماره گروه = ۱۰

لایه ظرفیت

آرایش الکترونی بیرونی‌ترین زیرلایه در عناصر دوره دوم جدول تناوبی به صورت زیر است:

شماره گروه	۱	۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
نماد عنصر	${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$	${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	${}_{10}\text{Ne}$
آرایش الکترونی بیرونی‌ترین زیرلایه	$2s^1$	$2s^2$	$2p^1$	$2p^2$	$2p^3$	$2p^4$	$2p^5$	$2p^6$

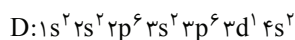
با توجه به اینکه مجموع شمار الکترون‌ها در بیرونی‌ترین زیرلایه اتم این دو عنصر برابر ۹ است، این دو عنصر می‌توانند « ${}_7\text{N}$ و « ${}_8\text{O}$ و « ${}_9\text{F}$ باشند. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): شمار الکترون‌های ظرفیت در اتم ${}_8\text{O}$ و ${}_9\text{F}$ به ترتیب برابر با ۶ و ۷ بوده و تفاوت آن‌ها برابر یک است. گزینه (۲): در عناصر ${}_{10}\text{Ne}$

و ${}_7\text{N}$ ، آخرین زیرلایه اتم به ترتیب پر و نیمه‌پر است. گزینه (۳): نسبت عدد اتمی ${}_7\text{N}$ به ${}_{10}\text{Ne}$ برابر با $7/10$ است. گزینه (۴): در عناصر ${}_8\text{O}$ و ${}_9\text{F}$ ، تفاوت عدد اتمی برابر با یک و در عناصر ${}_7\text{N}$ و ${}_{10}\text{Ne}$ تفاوت عدد اتمی برابر با ۳ است که در هر دو حالت، تفاوت عدد اتمی دو عنصر، عددی فرد است.

در آرایش الکترونی اتم عنصر Y، زیرلایه ۳d، آخرین زیرلایه‌ای است که الکترون می‌گیرد؛ بنابراین این عنصر که همان کروم است در دسته d قرار دارد.

عنصر ${}_{45}\text{Rh}$ نیز در دسته d جدول دوره‌ای قرار گرفته است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): لایه ظرفیت عنصر D به صورت $4s^2 4p^3$ است؛ از این‌رو این عنصر در دوره چهارم و گروه پانزدهم ($10+2+3=15$) قرار دارد. گزینه (۲): در آرایش الکترونی اتم عنصر Y: زیرلایه‌های ۴s و ۳d نیمه‌پر هستند و در آرایش الکترونی اتم عنصر D نیز زیرلایه ۴p نیمه‌پر است. گزینه (۳): در آرایش الکترونی عنصر X، همه زیرلایه‌ها از الکترون پر شده‌اند، در حالی که در آرایش الکترونی عنصر D، همه زیرلایه‌ها به‌جز زیرلایه ۴p از الکترون پر شده‌اند.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): D، نماد شیمیایی عنصری از دسته d است که در زیرلایه ۳d آن یک الکترون وجود دارد.



با شمارش الکترون‌ها و با توجه به اینکه در اتم‌ها تعداد پروتون‌ها با تعداد الکترون‌ها برابر است، می‌توان نتیجه گرفت که عدد اتمی عنصر D برابر ۲۱ می‌باشد.

عبارت (ب): عدد اتمی عنصر A برابر ۱۲ است. آرایش الکترونی اتم A به‌صورت زیر است:

$${}_{12}\text{A}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow I=0 \text{، تعداد الکترون‌های } 2+2+2=6 \text{، } I=1 \text{، تعداد الکترون‌های } 6$$

عبارت (پ): آرایش الکترونی عنصر ${}_{28}\text{B}$ و ${}_{21}\text{D}$ به‌صورت زیر است:

$${}_{21}\text{D}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2, {}_{28}\text{B}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2 \Rightarrow \frac{\text{تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت B}}{\text{تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت D}} = \frac{8+2}{1+2} = 3/3$$

لایه ظرفیت

عبارت (ت): عدد اتمی عنصر C برابر ۷ است. برای پی بردن به هم‌گروهی دو عنصر، از دو روش می‌توان استفاده کرد: روش اول: آرایش الکترونی دو عنصر را نوشته

$${}_7\text{N}: 1s^2 2s^2 2p^3 \Rightarrow \text{شماره گروه} = 10 + (\text{تعداد الکترون‌های ظرفیت}) = 10 + (2+3) = 15$$

و آرایش لایه ظرفیت آن‌ها را مقایسه می‌کنیم:

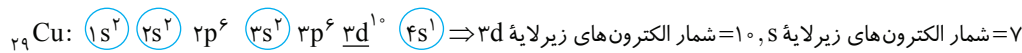
$${}_{34}\text{Se}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2 4p^4 \Rightarrow \text{شماره گروه} = 10 + (\text{تعداد الکترون‌های ظرفیت}) = 10 + (2+4) = 16$$

نماد گاز نجیب	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn	Og
عدد اتمی	۲	۱۰	۱۸	۳۶	۵۴	۸۶	۱۱۸

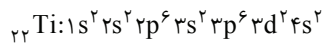
روش دوم: برای مشخص کردن عدد اتمی عنصرهای هم‌گروه می‌توان از عدد اتمی گاز نجیب قبل یا بعد عنصر استفاده نمود. به این منظور باید عدد اتمی گازهای نجیب را به خاطر داشته باشید. برای عنصرهای دسته p اگر اختلاف عدد اتمی دو یا چند عنصر از گاز نجیب بعدشان یا یکدیگر یکسان

باشد: آن عنصرها هم‌گروه هستند. عبارت (ث): با توجه به آرایش عناصر B و A، در عنصر B، ۱۶ الکترون با $n=3$ و در عنصر A، ۶ الکترون با $I=1$ وجود دارد.

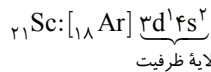
۲۰۲ B موارد دوم، سوم و چهارم درست هستند. عنصر مورد نظر، همان مس (${}_{45}\text{Cu}$) است. همان طور که در زیر مشاهده می کنید، در این عنصر ۱۰ الکترون در زیرلایه $3d$ (با اعداد کوانتومی $n=3$ و $l=2$) و ۷ الکترون در زیرلایه های s (با اعداد کوانتومی $l=0$) وجود دارد:



بررسی موارد: مورد اول و دوم: مس فلزی از دسته d بوده که دارای ۱۱ الکترون ظرفیت است؛ بنابراین این عنصر در گروه ۱۱ جدول دوره ای قرار دارد. از آنجا که بزرگترین شماره دوره برابر ۴ است، پس این عنصر در دوره چهارم جدول دوره ای قرار دارد. مورد سوم: آرایش الکترونی ${}_{22}\text{Ti}$ به صورت زیر است:



در هر دو عنصر ${}_{45}\text{Cu}$ و ${}_{22}\text{Ti}$ ، ۱۲ الکترون دارای $l=1$ هستند، یعنی در زیرلایه های p قرار دارند. مورد چهارم: آرایش الکترونی فشرده اسکاندیم (${}_{21}\text{Sc}$) به صورت مقابل است. شمار الکترون های ظرفیت در این عنصر برابر سه است.



شمار الکترون ها در آخرین زیرلایه ${}_{45}\text{Cu}$ برابر یک است؛ بنابراین نسبت مورد نظر عبارت، برابر $\frac{1}{3}$ است.

۲۰۳ C قسمت اول: ابتدا به کمک اعداد جرمی و نسبت فراوانی ها، جرم اتمی میانگین این عنصر را به دست می آوریم: (فراوانی ${}_{64}\text{M}$ ، ${}_{66}\text{M}$ و ${}_{68}\text{M}$ را به ترتیب

$$F_1 + F_2 + F_3 = 100, F_1 = 2F_2, F_1 = 2F_3 \Rightarrow F_1 + \frac{1}{2}F_1 + \frac{1}{2}F_1 = 100 \Rightarrow 2F_1 = 100 \Rightarrow F_1 = 50, F_2 = 25, F_3 = 25 \quad (F_1, F_2 \text{ و } F_3 \text{ در نظر می گیریم})$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{100} = \frac{(64 \times 50) + (66 \times 25) + (68 \times 25)}{100} = \frac{3200 + 1650 + 1700}{100} = \frac{6550}{100} = 65.5 = 65/\Delta \text{ amu}$$

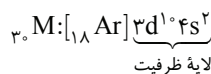
روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100}(M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100}(M_3 - M_1) + \dots \Rightarrow \bar{M} = 64 + \frac{25}{100}(66 - 64) + \frac{25}{100}(68 - 64) = 64 + 0.5 + 1 = 65.5/\Delta \text{ amu}$$

روش دوم (تستی):

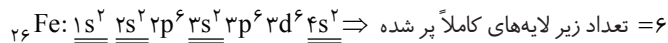
قسمت دوم: با توجه به اینکه در ایزوتوپ سبک تر، یعنی ${}_{64}\text{M}$ ، شمار نوترون ها به عدد اتمی (پروتون ها) برابر $\frac{17}{15}$ است. ابتدا شمار پروتون ها (عدد اتمی) عنصر M را به دست می آوریم:

$${}_{64}\text{M}: n + p = 64, \frac{n}{p} = \frac{17}{15} \Rightarrow \frac{17}{15}p + p = 64 \Rightarrow \frac{32}{15}p = 64 \Rightarrow p = 30$$

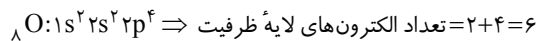


سپس آرایش الکترونی عنصر ${}_{30}\text{M}$ را رسم می کنیم:

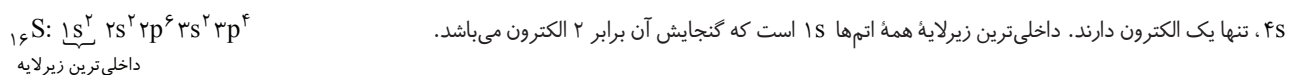
همان طور که مشاهده می کنید این عنصر دارای ۱۲ الکترون ظرفیت است.



۲۰۴ C



بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): در دوره چهارم جدول دوره ای، عنصرهای ${}_{24}\text{Cr}$ و ${}_{45}\text{Cu}$ از قاعده آفبا پیروی نمی کنند و در بیرونی ترین زیرلایه خود، یعنی زیرلایه

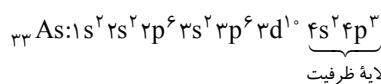


گزینه (۲): در دوره چهارم، عنصرهای ${}_{45}\text{Cu}$ و ${}_{30}\text{Zn}$ از دسته d و هر ۶ عنصر موجود در دسته p زیرلایه $3d$ کاملاً پر دارند (جمعاً ۸ عنصر). خارجی ترین زیرلایه



اتم نیکل (${}_{28}\text{Ni}$) دارای ۲ الکترون است:

گزینه (۴): چهار عنصر ${}_{19}\text{K}$ ، ${}_{24}\text{Cr}$ ، ${}_{45}\text{Cu}$ و ${}_{31}\text{Ga}$ از دوره چهارم، در آخرین زیرلایه خود یک الکترون دارند. سی و سومین عنصر جدول دوره ای همان ${}_{33}\text{As}$



است که ۵ الکترون ظرفیت دارد:

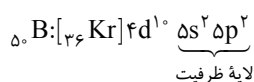
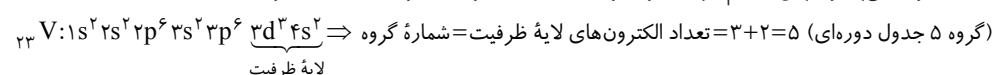
۲۰۵ C فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): انرژی زیرلایه ها به $n+1$ وابسته است؛ به طوری که اگر این مقدار برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه با n بزرگ تر، انرژی بیشتری دارد.

عبارت (ب): آرایش الکترونی عنصر ${}_{32}\text{Ge}$ به صورت زیر بوده و مجموع $n+1$ زیرلایه های $3d$ و $4p$ برابر ۵ است:

نماد	n	l	n+l
زیرلایه			
3d	3	2	5
4s	4	0	4
4p	4	1	5
5s	5	0	5

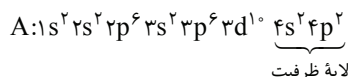
$${}_{32}\text{Ge}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2 \Rightarrow \frac{\text{تعداد الکترون های موجود در زیرلایه های } 3d \text{ و } 4p}{\text{تعداد کل الکترون ها}} \times 100 = \frac{12}{32} \times 100 = 37.5\%$$

عبارت (ب): اتم هلیم (${}_{2}\text{He}$) گاز نجیب دوره اول بوده و در گروه ۱۸ جدول تناوبی قرار دارد. در حالی که این اتم متعلق به دسته s است و در لایه ظرفیت خود ۲ الکترون دارد. عبارت (ت): طبق قاعده آفبا، زیرلایه $3d$ بعد از پر شدن کامل زیرلایه $3p$ الکترون می پذیرد، پس در اتم مورد نظر، زیرلایه $3p$ ، ۶ الکترون و زیرلایه $3d$ ، ۳ الکترون دارد.



۲۰۶ B ابتدا آرایش الکترونی فشرده ${}_5\text{B}$ را رسم می کنیم.

B. عنصری از دسته p بوده و دارای ۴ الکترون ظرفیت است؛ پس در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد، همچنین نخستین عنصری که زیرلایه ۳d آن نیمه‌پر است، همان کروم (Cr) می‌باشد که در دوره چهارم جدول قرار دارد. در نتیجه عنصر A نیز در دوره چهارم جدول قرار داشته (۴ = شماره لایه ظرفیت) و آرایش الکترونی لایه ظرفیت آن به صورت $4s^2 4p^2$ است:

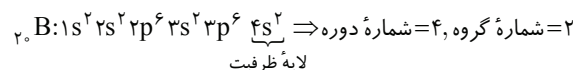


عنصر A دارای ۱۴ الکترون در زیرلایه‌های p خود است؛ بنابراین مقدار x برابر با ۱۴ خواهد بود. همچنین دو زیرلایه ۳d و ۴p دارای $n+1 \geq 5$ هستند و مجموع شمار الکترون‌های موجود در آن‌ها برابر ۱۲ است. در نتیجه مقدار y نیز برابر ۱۲ بوده و میان x و y رابطه « $x-y=2$ » برقرار است.

$$Z + 186 = \text{تعداد ذره‌های زیراتمی}, \quad 186 - 2Z = \text{اختلاف تعداد پروتون و نوترون}, \quad Z = \text{تعداد پروتون}$$

$$\Rightarrow \frac{186 + Z}{186 - 2Z} = 7/25 \Rightarrow Z = 75$$

پس تعداد الکترون‌های عنصر B برابر $20 - \left(\frac{75}{3}\right)$ است. آرایش الکترونی این عنصر به صورت زیر است:



موارد اول، سوم و چهارم ایزوتوپ‌های ${}_{32}^{76}\text{Ge}$ هستند. ایزوتوپ‌ها عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند. باید در هر گونه عدد اتمی و عدد جرمی را محاسبه کنیم:

$$\begin{cases} p+n=76 \\ n-e=12 \end{cases} \xrightarrow{p=e} \begin{cases} p+n=76 \\ n-p=12 \end{cases} \Rightarrow n=44, p=32, Z=32$$

گونه A:

گونه مورد نظر، ${}_{32}^{76}\text{A}$ است و یکی از ایزوتوپ‌های ${}_{32}^{76}\text{Ge}$ است.

$$\begin{cases} p+n=75 \\ (p+e)-n=24 \end{cases} \xrightarrow{p=e} \begin{cases} p+n=75 \\ 2p-n=24 \end{cases} \Rightarrow p=33, n=42 \Rightarrow Z=33, A=42+33=75$$

گونه B:

گونه مورد نظر، ${}_{33}^{75}\text{D}$ است که ایزوتوپ ${}_{32}^{76}\text{Ge}$ نیست. چون عدد اتمی متفاوتی دارد. گونه C: عنصری با عدد اتمی ۲۹ تا ۳۸، تعداد ۱۰ الکترون با $l=2$ ($3d^1$) دارند. در بین این عناصر، عنصری با عدد اتمی ۳۲، ۴ الکترون ظرفیت دارد؛ پس عدد اتمی گونه C با ${}_{32}^{76}\text{Ge}$ برابر است. عدد جرمی گونه C برابر $72 + (32+40)$ است. بنابراین گونه C همان ${}_{32}^{72}\text{Ge}$ است و یکی از ایزوتوپ‌های ${}_{32}^{76}\text{Ge}$ است. گونه D: فراوان‌ترین عنصر تشکیل دهنده زمین، آهن است که در تناوب چهارم قرار دارد و C در گروه ۱۴ قرار گرفته است؛ بنابراین گونه D در گروه ۱۴ و تناوب ۴ قرار دارد و عدد اتمی آن برابر ۳۲ است.

$$A = p + n = 32 + 42 = 74 \Rightarrow 10 + 32 + 42 = 84 = \text{شمار نوترون‌ها}$$

گونه مورد نظر ${}_{32}^{74}\text{D}$ است و یکی از ایزوتوپ‌های ${}_{32}^{76}\text{Ge}$ می‌باشد.

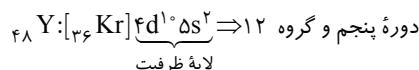
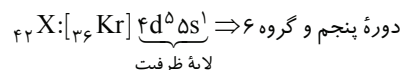
C ۲۰۹ ۱ فقط عبارت چهارم درست است. در رابطه با اتم A، می‌دانیم که زیرلایه ۴p همواره پس از پر شدن زیرلایه ۴s شروع به پر شدن می‌کند؛ بنابراین تعداد

الکترون‌های موجود در این زیرلایه، ۳ برابر گنجایش زیرلایه ۴s بوده و برابر ۶ است. آرایش الکترونی این عنصر به صورت مقابل خواهد بود: $A: [18\text{Ar}] 3d^1 4s^2 4p^6$ بنابراین این عنصر گاز نجیب کریپتون (${}_{36}^{79}\text{Kr}$) بوده و در دوره چهارم و گروه هجدهم جدول قرار دارد. در رابطه با اتم B نیز می‌دانیم که در عناصر دسته d دوره چهارم جدول، زیرلایه ۳d پس از زیرلایه ۴s شروع به پر شدن می‌کند؛ بنابراین با توجه به ۵ برابر بودن شمار الکترون‌های این زیرلایه نسبت به زیرلایه ۴s، دو حالت برای آرایش الکترونی آن ممکن است:

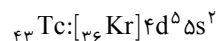
$$\text{حالت (۱): } B: [18\text{Ar}] 3d^5 4s^1 \Rightarrow {}_{34}^{78}\text{B} \Rightarrow \text{گروه ۶ و دوره چهارم}$$

$$\text{حالت (۲): } B: [18\text{Ar}] 3d^1 4s^2 \Rightarrow {}_{30}^{73}\text{B} \Rightarrow \text{گروه ۱۲ و دوره چهارم}$$

با توجه به اطلاعات داده شده، به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم: عبارت اول: دیدیم که عنصر A، گاز نجیب دوره چهارم جدول تناوبی بوده و عدد اتمی آن برابر ۳۶ است. عبارت دوم: عنصر A همان گاز نجیب ${}_{36}^{79}\text{Kr}$ است اما توجه کنید که اتم B، عنصری از دسته d در دوره چهارم جدول تناوبی است. دقت کنید که زیرلایه d نخستین بار در عناصر دوره چهارم پر می‌شود. عبارت سوم: عنصر B می‌تواند دو عنصر با عددهای اتمی ۲۴ و ۳۰ باشد که در حالت اول (یعنی B) شمار الکترون‌های موجود در زیرلایه $l=0$ (s) آن برابر با ۷ و در حالت دوم (یعنی B) برابر با ۸ است. عبارت چهارم: آرایش الکترونی فشرده دو عنصر ${}_{48}\text{Y}$ و ${}_{47}\text{X}$ به صورت زیر است:



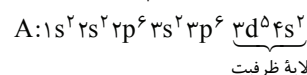
عنصر B نیز همانند دو عنصر ${}_{48}\text{Y}$ و ${}_{47}\text{X}$ در گروه ۶ یا ۱۲ از دوره چهارم جدول قرار دارد و می‌تواند با یکی از این دو عنصر هم‌گروه باشد.



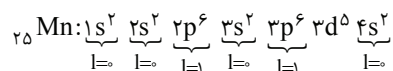
C ۲۱۰ ۱ عبارت‌های (ت) و (ث) درست هستند. آرایش الکترونی فشرده تکنسیم به صورت مقابل است:

از آنجا که عنصر A دارای ۸ الکترون در زیرلایه $l=0$ (s) است، یعنی زیرلایه‌های ۱s، ۲s، ۳s، ۴s پر شده‌اند و ۵s هنوز پر نشده است؛ از این رو عنصر A در

دوره چهارم جدول تناوبی قرار داشته است و شمار الکترون‌های ظرفیت آن همانند تکنسیم برابر ۷ بوده است. در زیر آرایش الکترونی عنصر A رسم شده است:



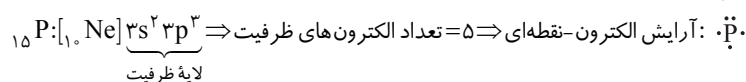
بنابراین عنصر A همان ${}_{25}\text{Mn}$ بوده است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عدد اتمی عنصر مورد نظر برابر ۲۵ بوده و گاز نجیب دوره پنجم نیز Xe است. اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر با $29(25-54)$ است، اما آخرین عنصر دسته d دوره چهارم، Zn با عدد اتمی ۳۰ است. عبارت (ب): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، این عنصر دارای ۷ الکترون ظرفیت است. عبارت (پ): ابتدا آرایش الکترونی ${}_{25}\text{Mn}$ را رسم کرده و عدد کوانتومی هر زیرلایه‌ای که از الکترون پر شده را تعیین می‌کنیم:



مجموع عدد کوانتومی فرعی زیرلایه‌هایی از این عنصر که از الکترون پر شده‌اند، برابر ۲ است. عبارت (ت): بیرونی‌ترین زیرلایه این اتم $4s$ است که دارای عدد کوانتومی اصلی ۴ و عدد کوانتومی فرعی صفر است؛ بنابراین حاصل $n+1$ و $n-1$ برای این زیرلایه یکسان و برابر ۴ خواهد بود. عبارت (ث): زیرلایه‌های $3p$ و $4s$ دارای $n+1$ برابر ۴ و زیرلایه $3d$ دارای $n+1$ برابر ۵ است. از ۲۵ الکترون موجود در این عنصر، ۱۳ الکترون آن در زیرلایه‌های $3p$ ، $4s$ و $3d$ قرار گرفته‌اند؛ بنابراین ۵۲٪ ($\frac{13 \times 100}{25}$) الکترون‌های این عنصر در زیرلایه‌های با $n+1 \geq 4$ قرار دارند.

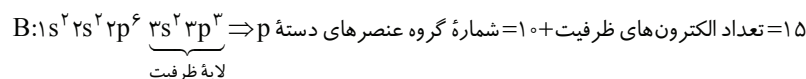
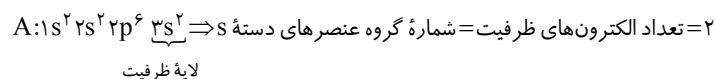
گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک‌اتمی یافت می‌شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند. از این رو باید دارند. در لایه ظرفیت این اتم‌ها هشت الکترون وجود دارد، البته به‌جز هلیوم (${}^4\text{He}$) که در تنها لایه الکترونی خود دو الکترون دارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که بین پایداری و آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای باشد، به‌طوری که اگر آرایش الکترونی لایه ظرفیت گونه‌ای همانند آرایش الکترونی لایه ظرفیت یک گاز نجیب باشد، آن گونه واکنش‌پذیری چندانی ندارد.

بررسی گزینه‌ها: گزینه‌های (۲) و (۴): در آرایش الکترون-نقطه‌ای، الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود. در عنصرهای دسته s، الکترون‌های ظرفیت، همان الکترون‌های بیرونی‌ترین زیرلایه هستند، اما در عنصرهای دسته p و d، علاوه بر الکترون‌های بیرونی‌ترین زیرلایه، الکترون‌های زیرلایه‌ای که قبل از آن نیز جزء الکترون‌های ظرفیت محسوب می‌شود.



گزینه (۳): اگر آرایش الکترونی لایه ظرفیت گونه‌ای، همانند آرایش الکترونی لایه ظرفیت یک گاز نجیب باشد، آن گونه واکنش‌پذیری چندانی ندارد. آرایش هشت‌تایی و دوتایی گاز نجیب در آرایش الکترون-نقطه‌ای به‌ترتیب به‌صورت ۴ جفت و ۱ جفت نقطه در اطراف نماد عنصر نمایش داده می‌شود.

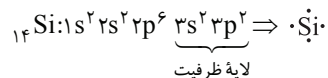
گزینه (۲): عبارت‌های (الف)، (پ) و (ث) درست هستند. با توجه به تعداد نقطه‌های پیرامون نماد شیمیایی اتم‌ها، عنصر A دارای ۲ الکترون ظرفیت و عنصر B دارای ۵ الکترون ظرفیت است. از آنجا که هر دو عنصر در تناوب سوم جدول دوره‌ای قرار دارند، می‌توان نتیجه گرفت که لایه ظرفیت عنصر A به‌صورت $3s^2$ و لایه ظرفیت عنصر B به‌صورت $3s^2 3p^3$ است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شماره گروه اتم‌ها را می‌توان از آرایش الکترونی محاسبه کرد:



عبارت (ب): عنصر A متعلق به دسته s و عنصر B متعلق به دسته p است. عبارت (پ): عنصر A با از دست دادن ۲ الکترون و ایجاد کاتیون دو بار مثبت (A^{2+}) به آرایش گاز نجیب قبل از خود (${}_{18}\text{Ar}$) و عنصر B با دریافت ۳ الکترون و ایجاد آنیون سه بار منفی (B^{3-}) به آرایش گاز نجیب پس از خود (${}_{18}\text{Ar}$) می‌رسد.

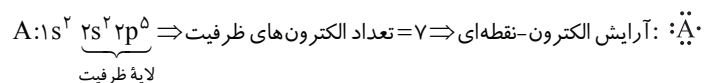


عبارت (ت): عنصر B در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود ($\cdot \cdot \cdot$) دارای ۳ الکترون جفت‌نشده است. عنصر قبل از عنصر B در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار دارد و آرایش الکترونی و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به‌صورت مقابل است:

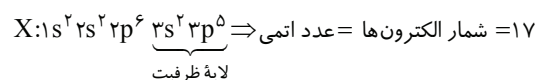


پس عنصر قبل از B در جدول دوره‌ای دارای ۴ الکترون جفت‌نشده است. عبارت (ث): با توجه به آرایش الکترونی عناصر A و B می‌توان دریافت که عدد اتمی این دو عنصر به ترتیب برابر ۱۲ و ۱۵ است و میان این دو در جدول دوره‌ای، ۲ عنصر دیگر با اعداد اتمی ۱۳ و ۱۴ وجود دارد.

گزینه (۲): عدد کوانتومی فرعی (l) برای زیرلایه p، برابر ۱ است. اولین زیرلایه p که الکترون می‌پذیرد زیرلایه $2p$ است. پس آرایش الکترونی این اتم به‌صورت زیر می‌باشد:



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در آرایش الکترون-نقطه‌ای، تعداد نقاط پیرامون نماد شیمیایی عنصر، برابر تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت است. گزینه (۳): عنصر X دارای ۷ الکترون ظرفیت است و در دوره سوم جدول دوره‌ای قرار دارد. پس آرایش الکترونی آن به‌صورت زیر است. عنصر X همان ${}_{17}\text{Cl}$ است.



گزینه (۴): عنصری با آرایش الکترون-نقطه‌ای $\cdot \cdot \cdot X$ ، با از دست دادن دو الکترون ظرفیت خود و ایجاد کاتیون X^{2+} ، به آرایش گاز نجیب قبل از خود می‌رسد.

۲۱۵ ۱ فقط مورد (الف) جمله را به درستی کامل می کند. بررسی هر کدام از موارد: مورد (الف): عنصر ${}_{14}\text{Si}$ متعلق به گروه ۱۴ جدول تناوبی است و در لایه

ظرفیت خود ۴ الکترون دارد. پس آرایش الکترون-نقطه ای این عنصر به صورت $\text{Si} \cdot$ است. لایه ظرفیت

* توجه در میان عنصرهای دسته s و p، بیشترین تعداد الکترون جفت نشده متعلق به عنصرهای گروه ۱۴ جدول تناوبی است. مورد (ب): در آرایش الکترون-نقطه ای اتم Mg برخلاف اتم N، الکترون های جفت شده وجود ندارد.



مورد (پ): اتم ${}_{35}\text{Br}$ در آرایش الکترون-نقطه ای خود، دارای ۳ جفت الکترون و ۱ الکترون جفت نشده است. لایه ظرفیت

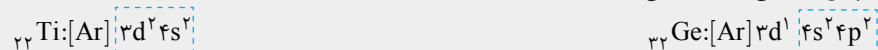
مورد (ت): اتم ${}_{16}\text{S}$ در آرایش الکترون-نقطه ای خود دارای ۴ الکترون جفت شده و اتم ${}_{20}\text{Ca}$ در آرایش الکترون-نقطه ای خود دارای ۲ الکترون جفت نشده است.



۲۱۶ ۴ عبارت گزینه (۴) برخلاف دیگر گزینه ها نادرست است. بررسی گزینه ها: گزینه های (۱)، (۲) و (۳): از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون، نشانه ای از رفتار شیمیایی اتم هاست. رفتار شیمیایی اتم ها به شمار الکترون های لایه ظرفیت آن ها بستگی دارد به طوری که می توان دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای رفتار آن ها دانست. در واقع اتم ها می توانند با دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون، به آرایش یک گاز نجیب برسند تا پایدارتر شوند. گزینه (۴): در عناصر گروه ۱۸ جدول دوره ای، آرایش الکترون-نقطه ای هلیوم برخلاف سایر عناصر این گروه به صورت «He» است.

نکته ترکیبی شباهت ها و تفاوت های آرایش الکترون-نقطه ای و لایه آخر اتم ها:

• لایه ظرفیت: به الکترون های بیرونی ترین (نه آخرین!) لایه هر اتم لایه ظرفیت می گویند. این الکترون ها برخلاف الکترون های دیگر در تعیین خواص شیمیایی اتم نقش دارند و در واکنش های شیمیایی اتم نیز همین الکترون ها درگیر می شوند. در جدول تناوبی، عناصری که لایه ظرفیت مشابه داشته باشند در یک گروه قرار می گیرند (البته به جز هلیوم که در گروه ۱۸ قرار گرفته) و خواص شیمیایی مشابهی هم دارند؛ البته منظور از لایه ظرفیت مشابه، صرفاً شمار الکترون های برابر نیست و علاوه بر برابری تعداد الکترون های ظرفیت، دو عنصر باید زیر لایه های حاوی الکترون های ظرفیت مشابهی داشته باشند. مثلاً ${}_{32}\text{Ge}$ و ${}_{22}\text{Ti}$ شمار الکترون های ظرفیت برابری دارند اما لایه های ظرفیت آن ها متفاوت است و به دنبال آن خواص شیمیایی کاملاً متفاوتی دارند:



برای عناصر گروه های ۱ تا ۱۲ شمار الکترون های ظرفیت برابر شماره گروه و برای عناصر گروه های ۱۳ تا ۱۸ برابر یکان شماره گروه است (به جز هلیوم).

• آرایش الکترون-نقطه ای: نحوه قرارگیری الکترون های ظرفیت را نشان می دهد و نخستین بار توسط لوویس ارائه شد؛ بنابراین به آرایش لوویس نیز معروف است. به کمک ساختار لوویس می توان رفتار شیمیایی یک عنصر را به طور کلی پیش بینی کرد و با استفاده از آن می توان علت تفاوت رفتار عنصرها را توجیه کرد و به نوعی مکمل آرایش الکترونی لایه ظرفیت است. عناصری که در آرایش الکترون-نقطه ای آن ها همه الکترون ها به صورت جفت هستند، واکنش ناپذیر بوده یا واکنش پذیری اندکی دارند. عناصر گروه ۱۸ جدول دوره ای (گازهای نجیب) چنین آرایش الکترون-نقطه ای دارند.

• آرایش الکترونی لایه آخر: به آرایش الکترونی لایه ای از اتم گفته می شود که بزرگ ترین عدد کوانتومی اصلی (n) را دارد و با آخرین لایه ای از اتم که الکترون پذیرفته متفاوت است.

مثال در اتم آهن داریم: آخرین لایه ای که الکترون گرفته، $4s^2$ ؛ آرایش لایه آخر $\text{Fe}:[\text{Ar}] 3d^6 4s^2 \Rightarrow$

۲۱۷ ۳ فقط عبارت (ب) نادرست است. در ساختار لایه ای اتم، هر بخش پر رنگ تر نشان دهنده یک لایه الکترونی است؛ بنابراین خواهیم داشت:

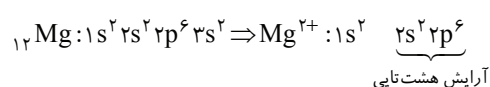
A: تنها در لایه اول این اتم، ۲ الکترون وجود دارد: $A: 1s^2 \Rightarrow {}_2\text{He}$

B: لایه اول این اتم پر بوده و لایه دوم آن دارای ۸ الکترون است: $B: 1s^2 2s^2 2p^6 \Rightarrow {}_{10}\text{Ne}$

C: لایه اول و دوم از الکترون پر بوده و در لایه سوم آن ۲ الکترون وجود دارد: $C: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow {}_{12}\text{Mg}$

D: لایه اول و دوم از الکترون پر بوده و لایه سوم حاوی ۱۶ الکترون و در لایه چهارم، ۲ الکترون وجود دارد: $D: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2 \Rightarrow {}_{28}\text{Ni}$

بررسی عبارت ها: عبارت (الف): اتم C همان منیزیم از گروه ۲ جدول تناوبی است که با از دست دادن دو الکترون، به آرایش هشتایی گاز نجیب نئون می رسد:



عبارت (ب): عنصر C جزو عناصر گروه دوم و دسته s جدول تناوبی است، اما عنصر D همان ${}_{28}\text{Ni}$ است که در گروه ۱۰ و عناصر دسته d جدول قرار گرفته است.

عبارت (پ): اتم های A و B به ترتیب گازهای نجیب دوره های اول (هلیوم ${}_{2}\text{He}$) و دوم (${}_{10}\text{Ne}$) جدول تناوبی هستند. عناصر گروه ۱۸ (گازهای نجیب) از لحاظ

شیمیایی پایدار بوده و تمایلی به شرکت در واکنش شیمیایی ندارند. عبارت (ت): همان طور که گفته شد، آرایش الکترونی عنصر D به صورت زیر است. در اتم های این

عنصر تنها لایه های اول و دوم به طور کامل از الکترون پر شده اند. $D: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$

۳ ۲۱۸ B عبارتهای (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): اتم‌ها می‌توانند با گرفتن یا از دست دادن و یا از طریق به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب دست یابند. عبارت (ب): اغلب اتم‌هایی که شمار الکترون‌های ظرفیت آن‌ها برابر یا کمتر از ۳ است در شرایط مناسب با از دست دادن همه الکترون‌های ظرفیت خود به آرایش گاز نجیب دست یافته و کاتیون پایدار ایجاد می‌کنند.

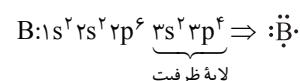
*** توجه** بریلیم (Be) و بور (B) به ترتیب دارای ۲ و ۳ الکترون ظرفیت هستند، اما یون تک‌اتمی پایدار ایجاد نمی‌کنند.

عبارت (پ): اتم عنصرهای گروه‌های ۱ و ۲ در شرایط مناسب به ترتیب با از دست دادن ۱ و ۲ الکترون ظرفیت خود به آرایش گاز نجیب دوره قبل از خود می‌رسند. عبارت (ت): اتم‌های عنصر خانه ۱۳ با از دست دادن ۳ الکترون و ایجاد یون سه بار مثبت به آرایش گاز نجیب نئون و اتم‌های عنصر خانه ۱۵ با گرفتن ۳ الکترون و ایجاد یون سه بار منفی به آرایش گاز نجیب آرگون می‌رسند. پس اندازه بار یون‌های تک‌اتمی حاصل از این دو عنصر با هم برابر است.

۳ ۲۱۹ B اتم A همان بور (B) است. اتم بور در ترکیب با دیگر اتم‌ها یون تشکیل نمی‌دهد. اتم $\ddot{\text{B}}^+$: با گرفتن ۲ الکترون و ایجاد آنیون (B^{2-}) به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسد. عنصرهای غیرفلزی و شبه‌فلزی گروه ۱۴ جدول تناوبی که دارای ۴ الکترون ظرفیت هستند، یون تشکیل نمی‌دهند و با به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی پایدار دست می‌یابند. اتم D همان اتم هلیم (He) است و یون تشکیل نمی‌دهد.

۴ ۲۲۰ C همه عبارتهای درست هستند. اتم A با از دست دادن ۳ الکترون و اتم B با گرفتن ۲ الکترون به آرایش گاز نجیب آرگون با عدد اتمی ۱۸ دست یافته‌اند. پس اتم A دارای ۲۱ الکترون و اتم B دارای ۱۶ الکترون است. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۵ (۲۱-۱۶) است.

عبارت (ب): آرایش الکترونی عنصر B به صورت روبه‌رو است:



عبارت (پ):

$$\left. \begin{aligned} {}_{11}\text{A}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2 \Rightarrow I=0 &= 2+2+2+2=8 \\ {}_{16}\text{B}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 \Rightarrow I=10 &= 6+4=10 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{اختلاف} = 10-8=2$$

عبارت (ت): در عنصر A و B به ترتیب ۶ و ۴ زیرلایه از الکترون پر شده است. (دور زیرلایه‌های کاملاً پر دایره رسم شده است.)



عبارت (ث): A و B به ترتیب دارای عدد اتمی ۲۱ و ۱۶ هستند و این دو عنصر به ترتیب در گروه‌های ۳ و ۱۶ جدول دوره‌ای قرار دارند. اختلاف شماره گروه این دو عنصر برابر ۱۳ (۱۶-۳) است.

۲ ۲۲۱ B موارد (الف) و (ت)، عبارت داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. آرایش الکترونی فشرده یون‌ها و عناصر ذکر شده در تست به صورت زیر است:

مورد (الف): ۵ الکترون در زیرلایه آخر $\Rightarrow {}_{17}\text{Cl}: [10\text{Ne}] 3s^2 3p^5$ زیرلایه آخر

مورد (ب): ۵ الکترون در زیرلایه آخر $\Rightarrow {}_{53}\text{I}: [36\text{Kr}] 4d^{10} 5s^2 5p^5$ زیرلایه آخر

مورد (پ): ۳ الکترون در زیرلایه آخر $\Rightarrow {}_{15}\text{P}: [10\text{Ne}] 3s^2 3p^3$ زیرلایه آخر

مورد (ت): ۲ الکترون در زیرلایه آخر $\Rightarrow {}_6\text{C}: [2\text{He}] 2s^2 2p^2$ زیرلایه آخر

۴ ۲۲۲ C با توجه به تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها، آرایش الکترون-نقطه‌ای آن‌ها را تعیین می‌کنیم:

$\ddot{\text{X}}^+ \Rightarrow 6 = \text{تعداد الکترون‌های ظرفیت} \Rightarrow {}_{34}\text{Y}: [18\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^4$ لایه ظرفیت

$\ddot{\text{X}}^+ \Rightarrow 3 = \text{تعداد الکترون‌های ظرفیت} \Rightarrow {}_{13}\text{X}: [10\text{Ne}] 3s^2 3p^1$ لایه ظرفیت

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): لایه ظرفیت و آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم‌های O و Ca به صورت زیر است:

${}_{20}\text{Ca}: [18\text{Ar}] 4s^2 \Rightarrow \text{Ca}^0 \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌های جفت نشده} = 2$

${}_8\text{O}: 1s^2 2s^2 2p^4 \Rightarrow \ddot{\text{O}} \Rightarrow \text{تعداد جفت الکترون‌ها} = 2$ لایه ظرفیت

گزینه (۲): با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای و شماره دوره این دو اتم، آرایش الکترونی آن‌ها را می‌نویسیم:

$\ddot{\text{X}}^0 \Rightarrow 3 = \text{دوره} \Rightarrow {}_{15}\text{P}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

$\ddot{\text{Y}}^0 \Rightarrow 2 = \text{دوره} \Rightarrow {}_6\text{C}: 1s^2 2s^2 2p^2$

عدد اتمی X برابر ۱۷ و عدد اتمی Y برابر ۷ است. پس اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۱۰ (۱۷-۷) است. **گزینه (۳):** عدد اتمی سیلیسیم برابر ۱۴ است.

به آرایش الکترونی آن توجه کنید: ${}_{14}\text{Si}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 \Rightarrow I=0 = 2+2+2=6$

این عنصر دارای ۴ الکترون ظرفیت است، پس آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت $\ddot{\text{Si}}^0$ است. نسبت خواسته شده برابر است با: $\frac{\text{تعداد الکترون‌های با } I=0}{\text{تعداد الکترون‌های جفت نشده}} = \frac{6}{4} = 1.5$

۱ ۲۲۳ B عبارتهای (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای: عبارت (الف): عنصر F با گرفتن یک الکترون و ایجاد آنیون F^- به آرایش هشت‌تایی گاز

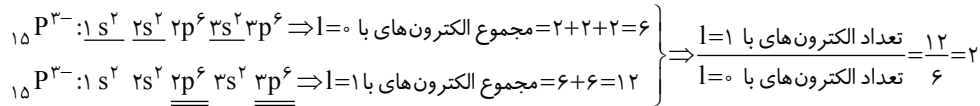
نجیب هم‌تناوب خود، یعنی نئون (${}_{10}\text{Ne}$) و عنصر K با از دست دادن تنها الکترون ظرفیت خود و ایجاد کاتیون K^+ به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب تناوب قبل از خود، یعنی آرگون (${}_{18}\text{Ar}$) می‌رسد.

عبارت (ب): هر دو عنصر دارای دو الکترون ظرفیت هستند، اما عنصر هلیوم جزء گازهای نجیب بوده و واکنش ناپذیر است و آرایش دوتایی دارد.

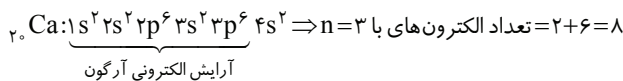


عبارت (پ): آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم مورد نظر به صورت X° است. این اتم ۳ الکترون ظرفیت دارد، پس متعلق به گروه ۱۳ جدول تناوبی است. شکل کلی آرایش الکترونی لایه ظرفیت عنصرهای گروه ۱۳ به صورت ns^2np^1 بوده و در بیرونی‌ترین زیرلایه عنصرهای این گروه، یک الکترون وجود دارد. عبارت (ت): عنصرهای Be، B، و C در واکنش با دیگر اتم‌ها یون تک‌اتمی پایدار تشکیل نمی‌دهند و با به اشتراک گذاشتن الکترون پایدارتر می‌شوند.

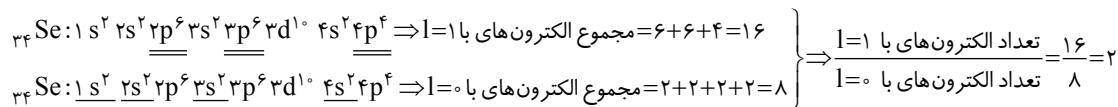
۲۲۴ (B) آرایش الکترونی P^{3-} به صورت زیر است:



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): همه عنصرهای گروه دوم به جز بریلیم (Be) و بور (B) با تشکیل یون پایدار به آرایش گاز نجیب می‌رسند. گزینه (۲): اتم X با از دست دادن ۲ الکترون و ایجاد یون X^{2+} به آرایش گاز نجیب Ar رسیده است، پس عنصر X همان Ca می‌باشد.



گزینه (۳): اتم X با گرفتن ۲ الکترون و ایجاد یون X^{2-} به آرایش گاز نجیب Kr رسیده است. پس عنصر X، ۳۴ الکترون دارد.



۲۲۵ (B) آرایش الکترونی عنصرهای A و B به صورت زیر است:



بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عنصر A دارای ۸ الکترون و عنصر B دارای ۷ الکترون در زیرلایه‌های $l=0$ (زیرلایه s) هستند. گزینه (۲): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عنصر A همان کلسیم از گروه دوم و عنصر B همان مس از گروه ۱۱ جدول تناوبی هستند. گزینه (۳): آرایش الکترونی کاتیون‌های این دو عنصر به صورت مقابل است:



با توجه به آرایش‌های رسم شده، کاتیون Cu^{2+} برخلاف Ca^{2+} به آرایش گاز نجیب نمی‌رسد. گزینه (۴): با توجه به آرایش الکترونی عناصر A و B، در اتم عنصر A برخلاف عنصر B، زیرلایه ۴s نیمه‌پر است.

۲۲۶ (C) ابتدا جرم اتمی هر یک از ایزوتوپ‌های عنصر M را به کمک جرم اتمی میانگین آن به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} M_1 = A \\ M_2 = A + 2 \\ \bar{M} = 63/5 \end{cases} \quad \begin{cases} F_1 + F_2 = 100 \\ \frac{F_1}{F_2} = 3 \end{cases} \Rightarrow 4F_2 = 100 \Rightarrow F_2 = 25, F_1 = 75$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{100} \Rightarrow 63/5 = \frac{(A \times 75) + ((A+2) \times 25)}{100} \Rightarrow 6350 = 75A + 25A + 50 \Rightarrow 100A = 6300 \Rightarrow A = 63$$

روش اول (تشریحی):

عدد جرمی ایزوتوپ‌های M برابر ۶۳ و ۶۵ است.

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) \Rightarrow 63/5 = A + \frac{25}{100} ((A+2) - A) \Rightarrow 63/5 = A + 0/5 \Rightarrow A = 63$$

روش دوم (تستی):

عدد جرمی ایزوتوپ‌های M برابر ۶۳ و ۶۵ است. همان‌طور که می‌دانید، هر چه درصد فراوانی ایزوتوبی از یک عنصر در مخلوطی طبیعی از ایزوتوپ‌های آن بیشتر باشد، پایداری آن ایزوتوپ نیز بیشتر است؛ بنابراین ایزوتوپ پایدارتر این عنصر، M^{63} است. اکنون تعداد پروتون‌های این عنصر را که همان عدد اتمی است به دست می‌آوریم:

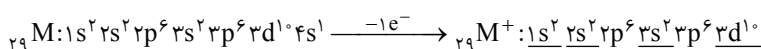
$${}^{63}\text{M} \Rightarrow \begin{cases} n + p = 63 \\ n - p = 5 \end{cases} \Rightarrow n = 34, p = 29$$

روش اول (تشریحی):

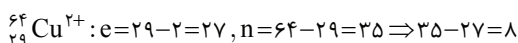
$$Z = \frac{A - (\text{تفاوت نوترون و پروتون})}{2} = \frac{63 - 5}{2} = 29$$

روش دوم (تستی):

بنابراین عدد اتمی این عنصر برابر ۲۹ است و آرایش الکترونی آن به صورت زیر خواهد بود:

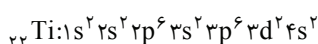


در کاتیون M^+ ، ۱۰ الکترون با $l=2$ (در زیرلایه ۳d) و ۶ الکترون با $l=0$ (زیرلایه‌های s) وجود دارد که نسبت آن‌ها برابر $\frac{5}{3}$ است.



۲۲۷ (B) عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:

عبارت دوم: آرایش الکترونی عنصر Ti^{2+} به صورت زیر است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در این اتم، ۷ زیرلایه از الکترون اشغال شده است.



عبارت سوم: آرایش الکترونی Cr^{2+} به صورت مقابل است:

در لایه الکترونی سوم این یون، دوازده الکترون وجود دارد. عبارت چهارم: آرایش الکترونی یون Sc^{3+} به صورت مقابل است: $Sc^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ همان طور که می بینید، در این یون، ۵ زیرلایه از الکترون پر شده اند.

(C) ۲۲۸ ۱ آرایش الکترونی عنصری با ۱۶ الکترون در زیرلایه های با $l=1$ (زیرلایه p) به صورت مقابل است:

بررسی گزینه ها: گزینه (۱): لایه ظرفیت این عنصر، به صورت $4s^2 4p^4$ بوده و دارای ۶ الکترون ظرفیت است؛ بنابراین آرایش الکترون-نقطه ای آن به صورت $\ddot{X}:$ می باشد.

آنیون S^{2-} به آرایش گاز نجیب آرگون (Ar) رسیده است و دارای ۸ الکترون ظرفیت است:



لایه ظرفیت

گزینه (۲): این عنصر در گروه ۱۶ و دوره چهارم جدول قرار داشته و یک نافلز است. نافلزها از طریق گرفتن و یا به اشتراک گذاشتن الکترون، به آرایش گاز نجیب بعد از خود می رسند.

گزینه (۳): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عدد اتمی این عنصر برابر ۳۴ بوده و در نتیجه در خانه ۳۴ جدول دوره ای قرار دارد. گزینه (۴): همان طور که گفتیم، این عنصر با

گرفتن ۲ الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب هم دوره خود (Kr) می رسد؛ بنابراین:



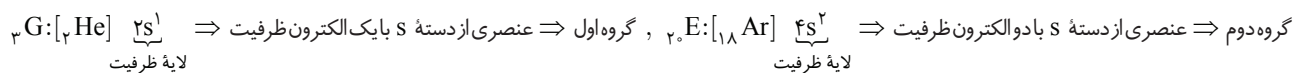
$n=45$

در نتیجه عدد جرمی این عنصر برابر ۷۹ بوده و جرم اتمی آن نیز حدوداً برابر ۷۹ amu است.

(B) ۲۲۹ ۳ عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): آرایش الکترونی اتمهای B و D و یونهای حاصل از آنها به صورت زیر است:



هر دوی این یونها به آرایش پایدار گاز نجیب آرگون (Ar) می رسند. عبارت (ب): آرایش الکترونی فشرده این عنصرها به صورت زیر است:



لایه ظرفیت

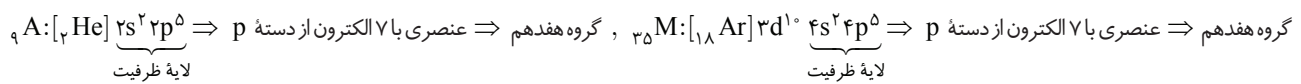
لایه ظرفیت

عبارت (پ): آرایش الکترونی فشرده عنصر E به صورت مقابل است: گروه دوم $\Rightarrow$ عنصری از دسته s با دو الکترون ظرفیت $E: [Ar] 4s^2$

لایه ظرفیت

بنابراین آرایش الکترون-نقطه ای E به صورت $E:$ خواهد بود. دقت کنید که عنصر X همان هلیوم است که دارای ۲ الکترون ظرفیت است و چون لایه اول آن پر شده است،

پس پایدار است و در گروه ۱۸ جدول تناوبی قرار دارد. عبارت (ت): آرایش الکترونی فشرده دو عنصر A و M نام برده شده به صورت زیر است:



لایه ظرفیت

لایه ظرفیت

عنصر A در گروه هفدهم قرار داشته و با تشکیل آنیون پایدار یک بار منفی به آرایش گاز نجیب نئون (Ne) می رسد: $A^-: [He] 2s^2 2p^6 \Rightarrow Ne$

(B) ۲۳۰ ۲ ابتدا آرایش الکترونی اتم عنصر X را به دست می آوریم:

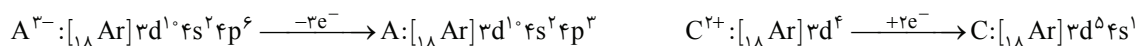
بنابراین عنصر X، همان عنصر کروم (Cr) است. عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): در آرایش الکترونی اتم عنصر کروم،

زیرلایه های $4s^1$ و $3d^5$ نیمه پر هستند. عبارت (ب): در آرایش الکترونی لایه ظرفیت عنصر کروم ($3d^5 4s^1$)، بزرگترین n برابر ۴ بوده، پس در دوره چهارم قرار دارد

و دارای ۶ الکترون ظرفیتی است، بنابراین در گروه ششم قرار گرفته است. عبارت (پ): آرایش الکترونی فشرده عنصر کروم به صورت $[Ar] 3d^5 4s^1$ است. عبارت (ت):

آرایش الکترونی کامل آن به صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ است که دارای ۷ زیرلایه است و در آن ۱۲ تا از الکترون ها در زیرلایه های با $l=1$ قرار دارند.

(C) ۲۳۱ ۱ فقط عبارت سوم نادرست است. آرایش الکترونی یونهای A^{3-} ، B^{3+} و C^{2+} اتمهای سازنده آنها به صورت زیر است:



بررسی عبارتهای (ا): با توجه به آرایش الکترونی اتم A، در این عنصر ۶ الکترون در زیرلایه ۳p، ۶ الکترون در زیرلایه ۳p و ۳ الکترون در زیرلایه ۴p آن

وجود دارد که در مجموع ۱۵ الکترون در زیرلایه با $l=1$ (زیرلایه p) آن وجود دارد. عبارت دوم: آرایش الکترونی فشرده اتم C به صورت زیر است:

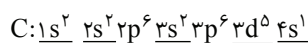


لایه ظرفیت

۳d

۴s

عبارت سوم: آرایش الکترونی اتم B به صورت $B: [Ar] 3d^1 4s^2$ است. بیرونی ترین زیرلایه در عنصر B، ۴s با اعداد کوانتومی $l=0$ و $n=4$ است. عبارت چهارم:



آرایش الکترونی اتم C به صورت مقابل است:

$$\frac{l=0 \text{ شمار الکترون ها با } l=0}{l=2 \text{ شمار الکترون ها با } l=2} = \frac{7}{5} = 1.4$$

این عنصر دارای ۷ الکترون با $l=0$ و ۵ الکترون با $l=2$ است؛ بنابراین:

C ۲۳۳۲ ابتدا تعداد الکترون‌های موجود در $^{۸۵}\text{X}^{+}$ را به دست می‌آوریم: $n+p=۸۵, n-p=۱۱ \Rightarrow p=۳۷$ پس تعداد الکترون‌های گونه $^{۸۵}\text{X}^{+}$ برابر ۳۶ عدد است، بنابراین خواهیم داشت:

$${}_{۳۷}\text{Rb}^{+}: \underbrace{1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1}_{\text{لایه چهارم}} 4s^2 4p^6 \Rightarrow \begin{cases} n=4 \text{ با تعداد الکترون‌های } ۸ \\ l=0 \text{ با مجموع الکترون‌های } ۲+۲+۲+۲=۸ \\ l=0 \text{ با تعداد الکترون‌های } ۸ \end{cases}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): عنصرهای ${}_{۷}\text{N}$ ، ${}_{۸}\text{O}$ و ${}_{۹}\text{F}$ با ایجاد آنیون‌های $\text{N}^{۳-}$ ، $\text{O}^{۲-}$ و F^{-} و عنصرهای ${}_{۱۱}\text{Na}$ ، ${}_{۱۲}\text{Mg}$ و ${}_{۱۳}\text{Al}$ با ایجاد کاتیون‌های Na^{+} ، $\text{Mg}^{۲+}$ و $\text{Al}^{۳+}$ می‌توانند به آرایش گاز نجیب نئون دست یابند (جمعاً ۶ عنصر). **گزینه (۳):** همه گازهای نجیب (به جز هلیوم) متعلق به دسته p جدول دوره‌ای هستند. هلیوم (${}_{۲}\text{He}$) جزء عنصرهای دسته s است. **گزینه (۴):** برای نمونه، عناصر کربن، سیلیسیم و ژرمانیم از گروه ۱۴ جدول دوره‌ای در آخرین زیرلایه خود ۲ الکترون دارند ($ns^2 np^2$) اما قادر به تشکیل $\text{X}^{۲+}$ نیستند.

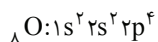
B ۲۳۳۳ عبارات (ب) و (ت) برای تکمیل جمله مناسب هستند. **بررسی عبارات (الف):** عنصر Li با آرایش الکترون-نقطه‌ای Li^{+} با ایجاد یون Li^{+} به آرایش دوتایی پایدار گاز نجیب هلیوم می‌رسد. **عبارت (ب):** عنصر S با آرایش الکترون-نقطه‌ای $\text{S}^{۲-}$ با ایجاد یون $\text{S}^{۲-}$ به آرایش گاز نجیب تنابوب سوم (${}_{۱۸}\text{Ar}$) می‌رسد. **عبارت (پ):** عنصر C با آرایش الکترون-نقطه‌ای $\text{C}^{۴-}$ ، یون تشکیل نمی‌دهد و فقط با به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی پایدار دست می‌یابد. **عبارت (ت):** عنصر Br با آرایش الکترون-نقطه‌ای $\text{Br}^{۲-}$ با ایجاد یون پایدار Br^{-} به آرایش گاز نجیب کریپتون (${}_{۳۶}\text{Kr}$) می‌رسد. عنصر Sr با آرایش الکترون-نقطه‌ای $\text{Sr}^{۲+}$ با ایجاد یون $\text{Sr}^{۲+}$ به آرایش گاز نجیب کریپتون (${}_{۳۶}\text{Kr}$) می‌رسد. پس هر دو یون، ۳۶ الکترون دارند.

C ۲۳۳۴ بیرونی‌ترین زیرلایه عناصر دسته s و d زیرلایه ns و بیرونی‌ترین زیرلایه عناصر دسته p، زیرلایه np است؛ بنابراین بیرونی‌ترین (آخرین) زیرلایه عنصر X، یکی از زیرلایه‌های ns^2 یا np^2 می‌باشد. **بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):** همان‌طور که گفتیم آخرین زیرلایه عناصر دسته‌های s، d زیرلایه ns و عناصر دسته p زیرلایه np می‌باشد؛ بنابراین عنصر X می‌تواند به هر یک از این ۳ دسته تعلق داشته باشد. **گزینه (۲):** لایه ظرفیت عنصر X می‌تواند به یکی از شکل‌های ns^2 ، $ns^2 np^2$ یا $(n-1)d^x ns^2$ باشد و عنصر X نمی‌تواند با عنصر ${}_{۱۹}\text{K}$ که در گروه اول جدول قرار گرفته است، هم‌گروه باشد. **گزینه (۳):** چنان‌چه عنصر X مربوط به دسته s جدول دوره‌ای باشد، یک فلز بوده و با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار هشت‌تایی می‌رسد. اما اگر این عنصر مربوط به دسته‌های p یا d جدول باشد، لایه ظرفیت آن به ترتیب به صورت $ns^2 np^2$ و $(n-1)d^x ns^2$ خواهد بود و در گروه چهاردهم و یا در یکی از گروه‌های سوم تا دوازدهم جدول جای دارد. در عناصر گروه ۱۴ جدول کربن، سیلیسیم و ژرمانیم با به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب پس از خود می‌رسند و در عناصر گروه‌های سوم تا دوازدهم، فقط عناصر گروه ۳ با از دست دادن الکترون به آرایش هشت‌تایی می‌رسند و عناصر سایر گروه‌ها به چنین آرایشی نمی‌رسند. **گزینه (۴):** آرایش الکترونی لایه ظرفیت عناصر گروه‌های ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۷ به صورت زیر خواهد بود:

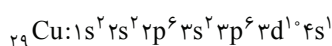
$$ns^2 np^5 \Rightarrow \text{عناصر گروه ۱۷} \quad ns^2 np^1 \Rightarrow \text{عناصر گروه ۱۳} \quad (n-1)d^1 ns^1 \Rightarrow \text{عناصر گروه ۱۱} \quad (n-1)d^5 ns^1 \Rightarrow \text{عناصر گروه ۶}$$

با توجه به اینکه آخرین زیرلایه عنصر X دواتمی است؛ بنابراین در هیچ کدام از گروه‌های ۶، ۱۱، ۱۳ و ۱۷ نمی‌تواند قرار داشته باشد.

C ۲۳۳۵ فقط مورد (پ) برای تکمیل جمله داده شده مناسب نیست. **بررسی موارد: عبارت (الف):** عنصر نیتروژن (${}_{۷}\text{N}$) اولین عنصری است که با ایجاد آنیونی پایدار به آرایش پایدار هشت‌تایی گاز نجیب (${}_{۱۰}\text{Ne}$) می‌رسد. **عبارت (ب):** طبق قاعده آفبا نخستین بار در اتمی با ۸ الکترون این رابطه برقرار است:



عبارت (پ): نخستین عنصری از جدول دوره‌ای که لایه الکترونی سوم آن به‌طور کامل از الکترون پر شده است، اتم مس (${}_{۲۹}\text{Cu}$) می‌باشد.



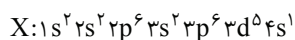
*** توجه:** آرایش الکترونی برخی اتم‌ها مثل مس و کروم از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند و این اتم‌ها در بیرونی‌ترین زیرلایه s خود تنها یک الکترون دارند.

عبارت (ت): عنصر سدیم (${}_{۱۱}\text{Na}$) نخستین عنصری است که می‌تواند با از دست دادن الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب قبل از خود (${}_{۱۰}\text{Ne}$) برسد.

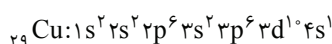
*** توجه:** نخستین عنصری که می‌تواند با از دست دادن الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب دست یابد، لیتیم (${}_{۳}\text{Li}$) است، ولی به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب نمی‌رسد، بلکه به آرایش دوتایی پایدار گاز نجیب هلیوم (${}_{۲}\text{He}$) می‌رسد.

عبارت (ث): نخستین و سبک‌ترین عنصری که در آرایش الکترون-نقطه‌ای خود، الکترون جفت شده دارد، هلیوم است. عدد اتمی هلیوم برابر ۲ می‌باشد.

C ۲۳۳۶ ردیف‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارات (الف):** آرایش الکترونی نخستین عنصری که در لایه سوم خود ۱۳ الکترون دارد، به صورت مقابل است:

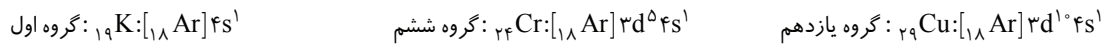


بنابراین عدد اتمی نخستین عنصری که در لایه سوم ($n=3$) خود ۱۳ الکترون دارد، برابر ۲۴ است. **عبارت (ب):** آرایش الکترونی عنصری که در خانه ۲۹ جدول قرار



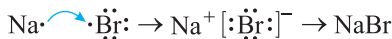
دارد به صورت مقابل است:

در آرایش الکترونی این عنصر، ۷ الکترون با $l=0$ (زیرلایه‌های s) و ۱۰ الکترون با $l=2$ (زیرلایه d) وجود دارد؛ بنابراین نسبت الکترون‌های با $l=0$ به الکترون‌های با $l=2$ برابر $l=2$ (۷/۱۰) است. عبارت (پ): در آرایش الکترونی تمامی عناصر دوره چهارم به جز عناصر گروه‌های ۱، ۶، ۱۱، زیرلایه‌های ۱s، ۲s، ۳s و ۴s از الکترون پر شده است و دارای ۸ الکترون در زیرلایه‌های با $l=0$ خود هستند. در عناصر گروه‌های ۱، ۶ و ۱۱، زیرلایه ۴s دارای یک الکترون بوده و در مجموع دارای ۷ الکترون در زیرلایه‌های s خود هستند که آرایش الکترونی این سه عنصر در زیر رسم شده است:

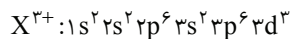


عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم ${}_{31}\text{M}$ و کاتیون آن به صورت مقابل است: ${}_{31}\text{M}:\text{1s}^2 \text{2s}^2 \text{2p}^6 \text{3s}^2 \text{3p}^6 \text{3d}^1 \text{4s}^2 \text{4p}^1 \Rightarrow {}_{31}\text{M}^{3+}:\text{1s}^2 \text{2s}^2 \text{2p}^6 \text{3s}^2 \text{3p}^6 \text{3d}^1$ این کاتیون دارای ۱۰ الکترون در زیرلایه $3d$ ($l=2$) و ۲ الکترون در زیرلایه $3s$ ($n=3, l=0$) است که نسبت آن‌ها برابر $5/2$ می‌باشد.

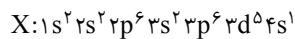
۴ ۲۳۷ C فقط عبارت (پ) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): عنصر (۱) در لایه $n=2$ دارای ۵ الکترون است. مطابق قاعده آفبا، آرایش الکترونی آن به صورت $1s^2 2s^2 2p^3$ است. پس عدد اتمی آن برابر ۷ است. ناپایدارترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن، ایزوتوپ ${}^3\text{H}$ با عدد جرمی ۷ است. عبارت (ب): عنصر (۲) در لایه $n=3$ دارای ۴ الکترون است. مطابق قاعده آفبا، آرایش الکترونی آن به صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ است. پس این عنصر در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای جای دارد. دسته f جدول تناوبی شامل ۲۸ عنصر است. عبارت (پ): عنصر (۳) در لایه $n=3$ دارای ۱۳ الکترون و در لایه $n=4$ دارای یک الکترون است. پس آرایش الکترونی آن به صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ است. این آرایش متعلق به اتم ${}_{24}\text{Cr}$ است. پس خواهیم داشت: $A=n+Z \Rightarrow 52=n+24 \Rightarrow n=28$ عنصری با عدد اتمی ۲۸ دارای ۲۸ الکترون است و آرایش آن به صورت $[\text{Ar}]3d^8 4s^2$ است. با توجه به لایه ظرفیت این عنصر، این اتم متعلق به گروه ۱۰ جدول دوره‌ای است. عبارت (ت): عنصر (۴) در لایه $n=3$ دارای ۱۸ الکترون و در لایه $n=4$ دارای ۷ الکترون است. مطابق قاعده آفبا آرایش الکترونی آن به صورت $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^5$ است. این عنصر در لایه ظرفیت خود ۷ الکترون دارد و در واکنش با سدیم یک الکترون می‌گیرد و با ایجاد یون یک بار منفی به آرایش هشت‌تایی می‌رسد.



۱ ۲۳۸ C تمامی عبارت‌ها نادرست هستند. آرایش الکترونی یون X^{3+} به صورت مقابل خواهد بود:

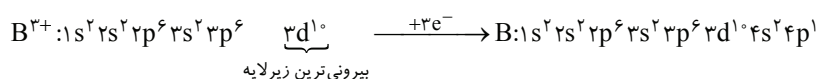
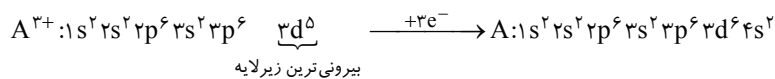


بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده این کاتیون دارای ۶ زیرلایه اشغال شده از الکترون است. عبارت (ب): در آخرین لایه الکترونی X^{3+} ، ۱۱ الکترون در زیرلایه‌های $3s^2$ و $3p^6$ وجود دارد. عبارت (پ): کاتیون X^{3+} دارای ۳ الکترون در زیرلایه $3d$ ($l=2$) خود می‌باشد. عبارت (ت): در آرایش الکترونی این یون، زیرلایه نیمه پر وجود ندارد. عبارت (ث): هنگام افزودن الکترون به کاتیون‌های عناصر دسته d دوره چهارم، ابتدا دو الکترون به زیرلایه ۴s می‌دهیم و مابقی الکترون‌ها مربوط به زیرلایه $3d$ می‌باشد. اما در عنصر X از آنجایی که با افزودن ۲ الکترون به زیرلایه ۴s، زیرلایه $3d$ چهار الکترونی می‌شود ($3d^4 4s^2$)؛ بنابراین ۲ الکترون به زیرلایه $3d$ و یک الکترون به زیرلایه ۴s می‌افزاییم. آرایش الکترونی عنصر X به صورت مقابل است:

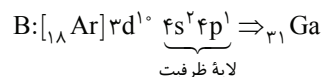
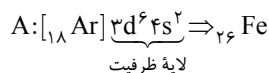


عدد اتمی این عنصر برابر ۲۴ بوده و عنصری از دسته d است. این عنصر دارای ۶ الکترون ظرفیت است؛ از این رو در گروه ششم جدول تناوبی جای دارد.

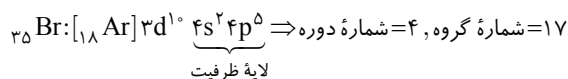
۳ ۲۳۹ C همه عبارت‌ها به جز مورد اول درست هستند. آرایش الکترونی کاتیون‌های A^{2+} و B^{3+} و اتم‌های A و B به صورت زیر خواهد بود:



بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول، دوم و سوم: آرایش الکترونی فشرده عناصر A و B به صورت زیر است:



با توجه به آرایش الکترونی عناصر، عنصر A متعلق به دسته d جدول (عناصر واسطه) و عنصر B متعلق به دسته p جدول دوره‌ای است. همچنین عدد اتمی عنصر A برابر با ۲۶ و عنصر B برابر با ۳۱ بوده و اختلاف عدد اتمی این دو عنصر برابر ۵ (۳۱-۲۶) است. عبارت چهارم: برم (${}_{35}\text{Br}$) عنصری از گروه ۱۷ و دوره چهارم جدول تناوبی است:



با توجه به آرایش الکترونی عناصر A، B که در بالا رسم شده است، هر سه عنصر در دوره چهارم جدول تناوبی قرار دارند.

۱ ۲۴۰ C عبارت‌های دوم و پنجم درست هستند. در میان عناصر دوره چهارم، زیرلایه ۱s اولین و زیرلایه ۴s یا ۴p بیرونی‌ترین زیرلایه هستند. با توجه به اینکه زیرلایه ۱s در

همه این عناصر ۲ الکترون دارد، باید به دنبال عنصری بگردیم که در زیرلایه ۴s یا ۴p خود یک الکترون داشته باشند. در تناوب چهارم، ${}_{19}\text{K}$ ، ${}_{24}\text{Cr}$ و ${}_{29}\text{Cu}$ در زیرلایه ۴s خود یک الکترون و ${}_{31}\text{Ga}$ در زیرلایه ۴p خود یک الکترون دارد. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: شمار الکترون‌های ظرفیت در K ، Cr و Ga به ترتیب برابر ۱، ۶، ۱۱ و ۳ است. در هیچ کدام از این عناصر ۵ الکترون ظرفیت وجود ندارد.

عبارت دوم: الکترون‌هایی با $n=2$ و $l=1$ ، الکترون‌های زیرلایه $2p$ هستند. در همه این عناصر زیرلایه $2p$ ، ۶ الکترون دارد، پس باید به دنبال عنصری باشیم که ۳ الکترون با $n=4$ داشته باشد. در آرایش الکترونی $3d^1 4s^2 4p^1$ Ga ، ۳ الکترون با $n=4$ وجود دارد:

عبارت سوم: هیچ کدام از این عناصر با تشکیل کاتیونی با بار $+3$ ، به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند. **عبارت چهارم:** عنصری با عدد اتمی ۶ در گروه ۱۴ قرار دارد. هیچ کدام از عناصر مورد نظر در گروه ۱۴ قرار ندارند.

گروه ۱۳: Ga گروه ۱۱: Cu گروه ۶: Cr گروه ۱: K

عبارت پنجم: نماد عنصر پتاسیم (K) به صورت تک حرفی است.

۲۴۱ ۲ (A) موارد (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی موارد:** هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. در یک ترکیب یونی، مجموع تعداد کاتیون‌ها با مجموع تعداد آنیون‌ها لزوماً برابر نیست. به عنوان مثال در Al_2O_3 به ازای دو یون Al^{3+} ، سه یون O^{2-} وجود دارد. ضمناً به این نکته توجه کنید که یون تک‌اتمی، کاتیون یا آنیونی است که تنها از یک اتم تشکیل شده است (نه یک نوع اتم!) برای نمونه O^{2-} که پراکسید نام دارد، از یک نوع اتم تشکیل شده ولی یون تک‌اتمی نیست.

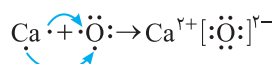
۲۴۲ ۳ (A) فرآورده واکنش اتم‌های سدیم و گاز کلر، سدیم کلرید (نمک خوراکی) است. این ترکیب، جامدی سفید رنگ با ساختار بلوری است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** عنصر (۱)، فلز سدیم و عنصر (۲) گاز دواتمی کلر است. در واکنش تولید سدیم کلرید، اتم سدیم با از دست دادن یک الکترون و ایجاد کاتیون یک بار مثبت (Na^+) به آرایش گاز نجیب پیش از خود، یعنی Ne می‌رسد. **گزینه (۲):** در این واکنش، اتم‌های کلر با گرفتن یک الکترون از اتم‌های سدیم و ایجاد آنیون یک بار منفی (Cl^-) به آرایش گاز نجیب هم‌دوره خود، یعنی Ar می‌رسند. **گزینه (۴):** کاتیون تشکیل دهنده ترکیب سدیم کلرید، به آرایش گاز نجیب نئون و آنیون تشکیل دهنده آن به آرایش گاز نجیب آرگون رسیده است. $_{17}Cl: [_{18}Ar] 3s^2 3p^6 \Rightarrow _{17}Cl^-: [_{18}Ar] 3s^2 3p^6$ یا $_{11}Na: [_{10}Ne] 3s^1 \Rightarrow _{11}Na^+: [_{10}Ne] 3s^2 3p^6$

۲۴۳ ۱ (A) عبارت‌های (الف) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب):** کلر در دما و فشار اتاق به صورت مولکول‌های دواتمی است. به عبارت دیگر، دو اتم کلر در کنار هم قرار می‌گیرند و مولکول دواتمی کلر را می‌سازند. گاز کلر زرد رنگ بوده و متعلق به گروه ۱۷ جدول تناوبی است. آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم کلر به صورت مقابل است:

عبارت (پ): مقایسه اندازه اتم‌های سدیم و کلر و یون‌های سدیم و کلرید به صورت مقابل است: $Na^+ < Cl^-$ مقایسه اندازه: $Cl < Na$ مقایسه اندازه

عبارت (ت): نمک خوراکی از آنیون Cl^- و کاتیون Na^+ ساخته می‌شود. $_{17}Cl^-: [_{18}Ar] 3s^2 3p^6$ و $_{11}Na^+: [_{10}Ne] 3s^2 3p^6$ اختلاف تعداد الکترون‌ها = $18 - 10 = 8$

۲۴۴ ۴ (B) هرگاه اتم‌های کلسیم و اکسیژن در شرایط مناسب کنار هم قرار گیرند، با هم واکنش می‌دهند به طوری که با دادوستد الکترون به یون‌های Ca^{2+} و O^{2-} تبدیل می‌شوند. ترکیب حاصل از این واکنش، کلسیم اکسید (CaO)، تنها از دو عنصر ساخته شده و یک ترکیب یونی دواتمی است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** اتم اکسیژن (O) با گرفتن دو الکترون به آرایش گاز نجیب هم‌تناوب خود، یعنی نئون (Ne) و اتم کلسیم (Ca) با از دست دادن دو الکترون ظرفیت خود به آرایش گاز نجیب تناوب قبل از خود، یعنی آرگون (Ar) می‌رسد. **گزینه (۲):** برای تشکیل یک مول کلسیم اکسید، دو مول الکترون میان اتم‌های سازنده آن مبادله می‌شود.



گزینه (۳): فلز کلسیم متعلق به گروه ۲ جدول تناوبی و در لایه ظرفیت خود دارای ۲ الکترون است. آرایش الکترون-نقطه‌ای این فلز به صورت Ca است.

۲۴۵ ۱ (A) نام و فرمول شیمیایی صحیح هر ترکیب یونی، در جدول زیر نمایش داده شده است:

نام	منیزیم یدید	لیتیم نیتريد	سدیم برمید	پتاسیم اکسید	کلسیم سولفید	لیتیم فسفید
فرمول شیمیایی	MgI_2	Li_3N	$NaBr$	K_2O	CaS	Li_3P

۲۴۶ ۲ (B) در ترکیب‌های اول و سوم، آنیون و کاتیون به آرایش الکترونی گاز نجیب یکسانی رسیده‌اند. **بررسی ترکیب‌ها:**

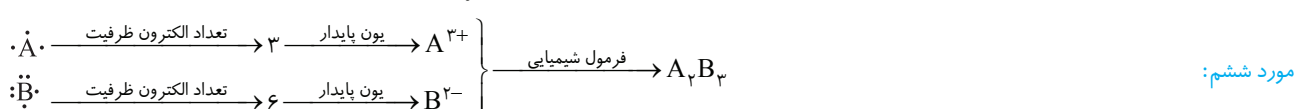
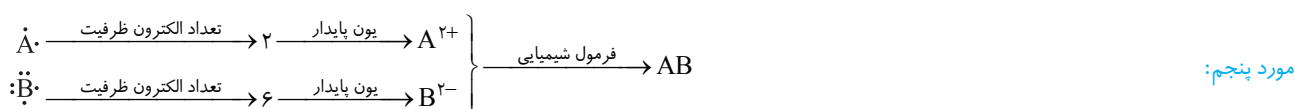
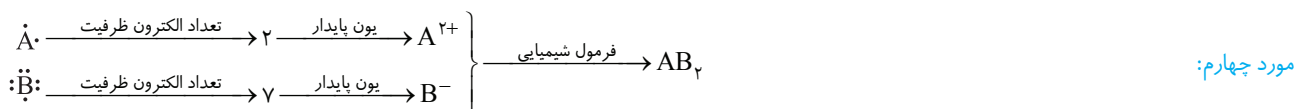
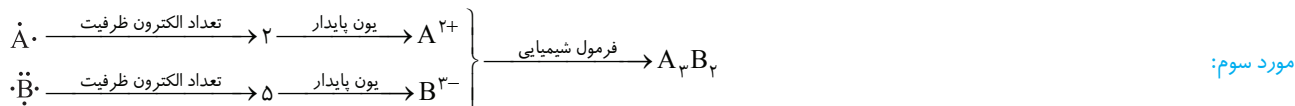
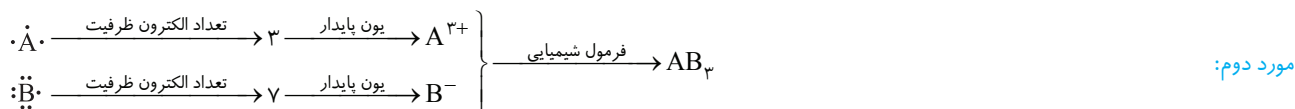
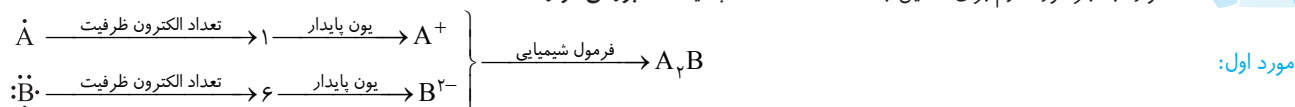
ترکیب اول: سدیم نیتريد $\left\{ \begin{array}{l} Na^+ \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} _{11}Na^+: [_{10}Ne] \\ N^{3-} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} _{7}N^{3-}: [_{10}Ne] \end{array} \right.$ نماد یون $\Rightarrow$ یون سدیم $\Rightarrow$ کاتیون

ترکیب دوم: لیتیم کلرید $\left\{ \begin{array}{l} Li^+ \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} _3Li^+: [He] \\ Cl^- \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} _{17}Cl^-: [_{18}Ar] \end{array} \right.$ نماد یون $\Rightarrow$ یون لیتیم $\Rightarrow$ کاتیون

ترکیب سوم: کلسیم فسفید $\left\{ \begin{array}{l} Ca^{2+} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} _{20}Ca^{2+}: [_{18}Ar] \\ P^{3-} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} _{15}P^{3-}: [_{18}Ar] \end{array} \right.$ نماد یون $\Rightarrow$ یون کلسیم $\Rightarrow$ کاتیون

ترکیب چهارم: منیزیم برمید $\left\{ \begin{array}{l} Mg^{2+} \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} _{12}Mg^{2+}: [_{10}Ne] \\ Br^- \xrightarrow{\text{آرایش الکترونی}} _{35}Br^-: [_{36}Kr] \end{array} \right.$ نماد یون $\Rightarrow$ یون منیزیم $\Rightarrow$ کاتیون

همه موارد به جز مورد دوم برای تکمیل جمله داده شده مناسب نیستند. بررسی موارد:



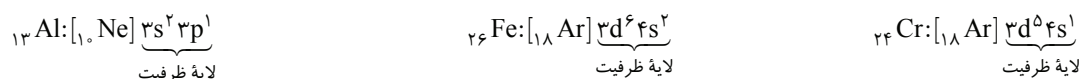
بنابراین دو عنصر X و Y به ترتیب دارای ۵ و ۲ الکترون ظرفیت هستند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه‌های (۲) و (۴): عنصر X با دریافت ۳ الکترون و تشکیل آنیون X^{3-} و عنصر Y با از دست دادن ۲ الکترون و تشکیل کاتیون Y^{2+} پایدار می‌شود؛ بنابراین فرمول ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت Y_3X_2 است. گزینه (۳): فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت Y_3X_2 است. به کمک یکی از روابط زیر می‌توان شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل هر مول ترکیب یونی را به دست آورد:

۱ بار آنیون $\times$ زیروند آنیون = شمار الکترون‌های مبادله شده

۱ بار کاتیون $\times$ زیروند کاتیون = شمار الکترون‌های مبادله شده

بنابراین مول الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول Y_3X_2 ، برابر $6 (3 \times 2 \text{ یا } 2 \times 3)$ است.

۱ ۲۴۹ فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در این ترکیب یونی به ازای هر ۲ کاتیون A^{3+} ، ۳ آنیون D^{2-} وجود دارد؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به صورت A_2D_3 است. عبارت (ب): هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. عبارت (پ): با توجه به آرایش الکترون-قطه‌ای A ، این عنصر دارای ۳ الکترون ظرفیت است. عناصر Al ، Fe و Cr به ترتیب دارای ۳، ۸ و ۶ الکترون ظرفیت هستند؛ بنابراین عنصر A نمی‌تواند Fe یا Cr باشد.



عبارت (ت): برای مثال در ترکیب یونی Al_2O_3 ، کاتیون‌های Al^{3+} و آنیون‌های O^{2-} هر دو به آرایش الکترونی گاز نجیب Ne رسیده‌اند.



عبارت (ث): شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل هر ترکیب یونی را می‌توان به کمک یکی از روابط زیر به دست آورد:

۱ بار آنیون $\times$ زیروند آنیون = شمار الکترون‌های مبادله شده

۱ بار کاتیون $\times$ زیروند کاتیون = شمار الکترون‌های مبادله شده

بنابراین مقدار مول الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول A_2D_3 برابر ۶ است: $2 \times (3) = 3 \times (2) = 6 \text{ mol } e^-$

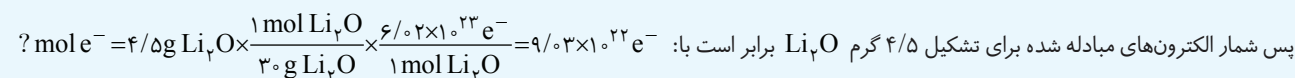
۳ ۲۵۰ ابتدا شمار الکترون‌های مبادله شده برای تشکیل یک مول لیتیم سولفید را به دست می‌آوریم:

نکته الکترون‌های مبادله شده: مقدار مول الکترون مبادله شده برای تشکیل یک مول از یک ترکیب یونی را می‌توان از یکی از روابط زیر به دست آورد:

زیروند کاتیون $\times$ بار کاتیون = تعداد مول الکترون‌های مبادله شده

زیروند آنیون $\times$ قدر مطلق بار آنیون = تعداد مول الکترون‌های مبادله شده

برای مثال، به ازای تشکیل ۴/۵ گرم ترکیب یونی Li_2O ، به میزان $9/3 \times 10^{22}$ الکترون بین فلز و نافلز مبادله می‌شود. زیرا شمار الکترون‌های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول ترکیب برابر ۲ مول است:



برای لیتیم سولفید (Li_2S) داریم: $2 \text{ mol } = (2) \times (+1) = \text{زیروند یون لیتیم} \times \text{بار یون لیتیم} = \text{تعداد الکترون‌های مبادله شده}$

حال مقدار مول الکترون مبادله شده برای تشکیل Li_2S را محاسبه می‌کنیم:
 $\text{mol e}^- = \frac{0}{6} \text{mol Li}_2\text{S} \times \frac{2 \text{mol e}^-}{1 \text{mol Li}_2\text{S}} = \frac{1}{3} \text{mol e}^-$

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):
 $\text{NaBr} \Rightarrow \text{mol e}^- = \frac{0}{1} \text{mol NaBr} \times \frac{1 \text{mol e}^-}{1 \text{mol NaBr}} = \frac{0}{1} \text{mol e}^-$

گزینه (۲):
 $\text{CaS} \Rightarrow \text{mol e}^- = \frac{0}{4} \text{mol CaS} \times \frac{2 \text{mol e}^-}{1 \text{mol CaS}} = \frac{1}{2} \text{mol e}^-$

گزینه (۳):
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \Rightarrow \text{mol e}^- = \frac{0}{6} \text{mol Al}_2\text{O}_3 \times \frac{6 \text{mol e}^-}{1 \text{mol Al}_2\text{O}_3} = \frac{1}{2} \text{mol e}^-$

گزینه (۴):
 $\text{Li}_3\text{N} \Rightarrow \text{mol e}^- = \frac{0}{3} \text{mol Li}_3\text{N} \times \frac{3 \text{mol e}^-}{1 \text{mol Li}_3\text{N}} = \frac{1}{1} \text{mol e}^-$

۲۵۱ ۴ بررسی گزینه‌ها: B

گزینه (۱):
 $\text{Ca}^{2+} \Rightarrow \text{Br}^- \Rightarrow \text{CaBr}_2 \xrightarrow{\text{تعداد یون‌ها در هر واحد فرمولی}} 1+2=3$

گزینه (۲):
 $\text{K}^+ \Rightarrow \text{O}^{2-} \Rightarrow \text{K}_2\text{O} \xrightarrow{\text{تعداد یون‌ها در هر واحد فرمولی}} 2+1=3$

گزینه (۳):
 $\text{Mg}^{2+} \Rightarrow \text{S}^{2-} \Rightarrow \text{MgS} \xrightarrow{\text{نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها}} \frac{1}{1}=1$

گزینه (۴):
 $\text{Li}^+ \Rightarrow \text{F}^- \Rightarrow \text{LiF} \xrightarrow{\text{نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها}} \frac{1}{1}=1$

گزینه (۵):
 $\text{Ca}^{2+} \Rightarrow [\text{Ar}] \Rightarrow \text{Ca}^{2+} \Rightarrow [\text{Ar}] \Rightarrow \text{Ca}^{2+} \Rightarrow [\text{Ar}]$

گزینه (۶):
 $\text{Mg}^{2+} \Rightarrow [\text{Ne}] \Rightarrow \text{Mg}^{2+} \Rightarrow [\text{Ne}] \Rightarrow \text{Mg}^{2+} \Rightarrow [\text{Ne}]$

گزینه (۷):
 $\text{Na}^+ \Rightarrow [\text{Ne}] \Rightarrow \text{Na}^+ \Rightarrow [\text{Ne}] \Rightarrow \text{Na}^+ \Rightarrow [\text{Ne}]$

گزینه (۸):
 $\text{Ca}^{2+} \Rightarrow [\text{Ar}] \Rightarrow \text{Ca}^{2+} \Rightarrow [\text{Ar}] \Rightarrow \text{Ca}^{2+} \Rightarrow [\text{Ar}]$

۲۵۲ ۳ یون‌ها به آرایش یک گاز نجیب رسیده‌اند، پس تعداد الکترون‌های یون‌ها با هم برابر است: B

$$\begin{cases} \text{کاتیون} \Rightarrow Z_1 A^{r+} \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = Z_1 - r \\ \text{آنیون} \Rightarrow Z_2 B^{r-} \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = Z_2 + r \end{cases} \Rightarrow Z_1 - r = Z_2 + r \Rightarrow Z_1 - Z_2 = 2r$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): عنصر X با گاز نجیب قبل از خود (Ar) دو خانه در جدول تناوبی فاصله دارد، پس در گروه ۲ جدول قرار داشته و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت $X: \cdot$ است. عنصر Y با گاز نجیب بعد از خود (Ar) یک خانه در جدول تناوبی فاصله دارد، پس در گروه ۱۷ جدول قرار داشته و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت $(\cdot) : \ddot{Y} :$ است.

گزینه (۲):
 $\text{K}^+ \Rightarrow [\text{Ar}] \Rightarrow \text{K}^+ \Rightarrow [\text{Ar}] \Rightarrow \text{K}^+ \Rightarrow [\text{Ar}]$

گزینه (۳):
 $\text{P}^{3-} \Rightarrow [\text{Ar}] \Rightarrow \text{P}^{3-} \Rightarrow [\text{Ar}] \Rightarrow \text{P}^{3-} \Rightarrow [\text{Ar}]$

گزینه (۴): با توجه به فرمول شیمیایی ترکیب حاصل خواهیم داشت:

$$\text{K}_2\text{A} \Rightarrow \text{کاتیون} \Rightarrow \text{K}^+ \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = 19 - 1 = 18, \quad \text{آنیون} \Rightarrow Z A^{2-} \Rightarrow \text{تعداد الکترون‌ها} = Z + 2, \quad Z + 2 = 18 \Rightarrow Z = 16$$

۲۵۳ ۲ عبارتهای (الف) و (پ) درست هستند. ابتدا با استفاده از آرایش الکترونی یون‌ها، آرایش عناصر را نوشته و به عنصر موردنظر پی می‌بریم: B

$$\text{A}^+ : [\text{Ar}] \xrightarrow{+1e^-} \text{A} : [\text{Ar}] \Rightarrow \text{A}^+ : [\text{Ar}] \xrightarrow{+1e^-} \text{A} : [\text{Ar}] \Rightarrow \text{A}^+ : [\text{Ar}] \xrightarrow{+1e^-} \text{A} : [\text{Ar}]$$

$$\text{E}^{3+} : [\text{Ar}] \xrightarrow{+3e^-} \text{E} : [\text{Ar}] \Rightarrow \text{E}^{3+} : [\text{Ar}] \xrightarrow{+3e^-} \text{E} : [\text{Ar}] \Rightarrow \text{E}^{3+} : [\text{Ar}] \xrightarrow{+3e^-} \text{E} : [\text{Ar}]$$

$$\text{X}^{2-} : [\text{Ne}] \xrightarrow{-2e^-} \text{X} : [\text{Ne}] \Rightarrow \text{X}^{2-} : [\text{Ne}] \xrightarrow{-2e^-} \text{X} : [\text{Ne}] \Rightarrow \text{X}^{2-} : [\text{Ne}] \xrightarrow{-2e^-} \text{X} : [\text{Ne}]$$

$$\text{D}^- : [\text{Ar}] \xrightarrow{-1e^-} \text{D} : [\text{Ar}] \Rightarrow \text{D}^- : [\text{Ar}] \xrightarrow{-1e^-} \text{D} : [\text{Ar}] \Rightarrow \text{D}^- : [\text{Ar}] \xrightarrow{-1e^-} \text{D} : [\text{Ar}]$$

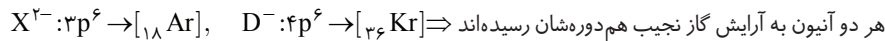
بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): تعداد عنصرهای میان دو عنصر از رابطه مقابل به دست می‌آید: ۱- اختلاف اعداد اتمی = شمار عنصرهای میان دو عنصر بنابراین میان دو عنصر A و E تعداد ۶ (۱۹-۲۶) عنصر وجود دارد. از طرفی لایه ظرفیت عنصر X ، به صورت $3s^2 3p^4$ است که ۶ الکترون ظرفیتی دارد؛ بنابراین این دو مقدار با هم برابر هستند. عبارت (ب): عناصر A و X در شرایط مناسب ترکیب یونی A_pX را تشکیل می‌دهند.



در هر واحد این ترکیب یونی (A_pX)، ۲ الکترون مبادله شده می‌باشد؛ بنابراین:

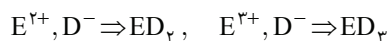
$$\frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } K_pS} \times \frac{2 \times 10^{23} e^-}{1 \text{ mol } e^-} = \frac{4 \times 10^{23}}{1 \text{ mol } K_pS} = 4 \times 10^{23} \text{ عدد الکترون های مبادله شده}$$

عبارت (پ): آنیون‌های X^{2-} و D^{-} به ترتیب به زیرلایه‌های $3p^6$ و $4p^6$ ختم می‌شوند؛ بنابراین این آنیون‌ها به آرایش گاز نجیب آرگون و کریپتون رسیده‌اند.



کاتیون‌های A^{+} و E^{3+} به ترتیب به زیرلایه‌های $3p^6$ و $3d^5$ ختم می‌شوند؛ بنابراین کاتیون A^{+} به آرایش گاز نجیب آرگون (گاز نجیب دوره قبل) می‌رسد، اما E^{3+} به آرایش گاز نجیب نرسیده است. E^{3+} برخلاف A^{+} به آرایش گاز نجیب نرسیده است. $\Rightarrow$ گاز نجیب نیست $E^{3+}: 3d^5 \Rightarrow [Ar]$ ، $A^{+}: 3p^6 \rightarrow [Ar]$

عبارت (ت): عنصر E همان Fe است که در ترکیبات خود می‌تواند با دو نوع کاتیون شرکت کند: هر دو حالت را بررسی می‌کنیم:



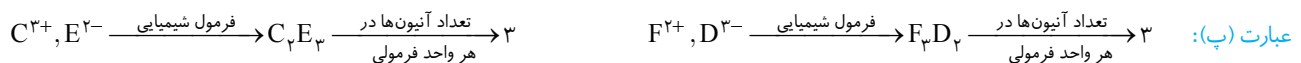
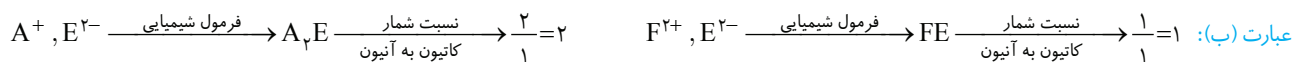
بنابراین تعداد اتم‌های حاصل از واکنش E و D می‌تواند ۳ یا ۴ اتم باشد. ترکیب حاصل از واکنش A و X به صورت مقابل است:

شمار اتم‌های این ترکیب، ۳ است. پس در هر دو حالت نسبت خواسته شده برابر $\frac{4}{3}$ یا $\frac{3}{3}$ می‌شود که هیچ کدام برابر ۲ نمی‌باشد.

۲۵۴ ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند.

عنصر	چندمین خانه جدول (عدد اتمی)	شماره دوره	شماره گروه	تعداد الکترون‌های ظرفیت	آرایش الکترون-نقطه‌ای	یون پایدار	آرایش الکترونی یون پایدار
A	۳	۲	۱	۱	$A^{\bullet}$	A^{+}	$1s^2$ یا $[He]$
B	۳۵	۴	۱۷	۷	$\cdot\ddot{B}\cdot$	B^{-}	$[Ar] 3d^{10} 4s^2 4p^6$ یا $[Kr]$
C	۱۳	۳	۱۳	۳	$\cdot\ddot{C}\cdot$	C^{3+}	$[Ne]$
D	۷	۲	۱۵	۵	$\cdot\ddot{D}\cdot$	D^{3-}	$[Ne]$
E	۸	۲	۱۶	۶	$\cdot\ddot{E}\cdot$	E^{2-}	$[Ne]$
F	۱۲	۳	۲	۲	$F^{\bullet}$	F^{2+}	$[Ne]$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی یون پایدار عنصرها، اختلاف شمار الکترون‌ها در یون‌های A^{+} و D^{3-} برابر ۸ و در یون‌های E^{2-} و F^{2+} برابر صفر است.

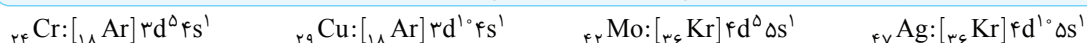


عبارت (ت): در ترکیب یونی حاصل از A و B ، آنیون B^{-} به آرایش گاز نجیب کریپتون ($[Kr]$) رسیده است و ۳۶ الکترون دارد. در ترکیب یونی حاصل از A

و D ، آنیون D^{3-} به آرایش گاز نجیب نئون ($[Ne]$) رسیده و ۱۰ الکترون دارد. $36 - 10 = 26$ = اختلاف شمار الکترون‌ها در آنیون‌ها

۲۵۵ ۴ شمار الکترون‌ها در زیرلایه $4d$ اتم‌های X و Y به ترتیب برابر با ۱۰ و ۵ است و در آرایش الکترونی این دو اتم، الکترون وارد زیرلایه با $l=3$ (زیرلایه f) نشده است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): عدد اتمی گازهای نجیب Kr و Xe به ترتیب برابر ۳۶ و ۵۴ است و در نتیجه عدد اتمی عنصرهای X و Y به ترتیب برابر با ۴۲ و ۵۶ است. عنصر X نیز متعلق به گروه ۶ جدول دوره‌ای است و آرایش الکترونی آن از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند.

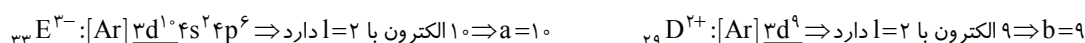
نکته آرایش الکترونی عنصرهای واسطه در گروه‌های ۶ و ۱۱ جدول تناوبی از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند.



گزینه‌های (۲) و (۳): این دو عنصر هر دو فلزند؛ از این رو نمی‌توانند با یکدیگر واکنش داده و ترکیب یونی تشکیل دهند. X عنصری از دسته d با ۶ الکترون ظرفیت و Y عنصری اصلی از دسته s با ۲ الکترون ظرفیت است.

۲۵۶ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: یون A^{-} در آخرین لایه اشغال شده خود، یعنی لایه چهارم ۸ الکترون دارد، پس

زیرلایه‌های $4s$ و $4p$ آن کامل پر شده‌اند ($4s^2 4p^6$)؛ بنابراین A^{-} به آرایش گاز نجیب Kr رسیده است و عنصر A همان Br است. (عدد اتمی A برابر ۳۵ است). حال باید مقادیر a و b را پیدا کنیم. با توجه به آرایش الکترونی ${}_{24}D^{2+}$ و ${}_{33}E^{3-}$ داریم:



$6+10+a+b=6+10+10+9=35$ = مجموع عددهای ردیف دوم جدول

مجموع اعداد ردیف دوم جدول با عدد اتمی عنصر A یکسان و برابر ۳۵ است. عبارت دوم: گونه X^{3+} در زیرلایه $3d$ خود دارای ۶ الکترون است، پس با توجه به آرایش الکترونی X^{3+} داریم:

$$X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 \xrightarrow{\text{اضافه کردن ۳ الکترون}} X^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3$$

عنصر X، همان کبالت (Co) بوده و فلز قلیایی هم دوره با عنصر کبالت، پتاسیم (K) است. اختلاف عدد اتمی دو عنصر Co و K برابر ۱۹ (۲۷-۱۹) می باشد.

عبارت سوم: عنصر M ، همان آلومینیم (Al) است که کاتیون پایدار آن به صورت Al^{3+} است. یون E^{3-} نیز دارای آرایش هشت تایی می باشد؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از دو عنصر M و E به صورت ME است. عبارت چهارم: D ، همان عنصر مس (Cu) است که در ترکیب هایش دو نوع کاتیون پایدار Cu^+ و Cu^{2+} را تشکیل می دهد، در حالی که عنصر ۳۱ جدول، Ga بوده و تنها یک کاتیون پایدار آن هم Ga^{3+} تشکیل می دهد. بار کاتیون های تشکیل شده توسط عناصر Cu و Ga مشابه نیست.

۲۵۷ B بررسی پرسش ها:

پرسش (الف): M_3S_n فرمول شیمیایی S^{2-} نماد یون $\Rightarrow$ یون سولفید $\Rightarrow$ آنیون $\Rightarrow M^{n+}$ نماد یون $\Rightarrow$ یون فلز $M \Rightarrow$ کاتیون: سولفید فلز M پس بار یون پایدار حاصل از فلز M برابر (+۳) است.

پرسش (ب): تعداد الکترون های مبادله شده از رابطه (زیروند آنیون $\times$ قدر مطلق بار آنیون) یا (زیروند کاتیون $\times$ بار کاتیون) به دست می آید:

AlF_3 فرمول شیمیایی F^- نماد یون $\Rightarrow$ یون فلوئورید $\Rightarrow$ آنیون $\Rightarrow Al^{3+}$ نماد یون $\Rightarrow$ یون آلومینیم $\Rightarrow$ کاتیون: آلومینیم فلوئورید AlF_3 مقدار مول الکترون مبادله شده به ازای تشکیل یک مول AlF_3 $= 3 \text{ mol}$ $(+3) \times 1 = 3 \text{ mol}$ برای تشکیل یک مول AlF_3 ، ۳ مول الکترون مبادله می شود. CaO فرمول شیمیایی O^{2-} نماد یون $\Rightarrow$ یون اکسید $\Rightarrow$ آنیون $\Rightarrow Ca^{2+}$ نماد یون $\Rightarrow$ یون کلسیم $\Rightarrow$ کاتیون: کلسیم اکسید CaO مقدار مول الکترون های مبادله شده به ازای تشکیل یک مول CaO $= 2 \text{ mol}$ $(+2) \times 1 = 2 \text{ mol}$ برای تشکیل یک مول CaO ، ۲ مول الکترون مبادله می شود، پس مقدار مول الکترون مبادله شده به ازای تشکیل ۵/۰ مول از ترکیب یونی مورد نظر برابر است با:

$$? \text{ mol } e^- = \frac{0.5 \text{ mol } CaO \times 2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } CaO} = 1 \text{ mol } e^-$$

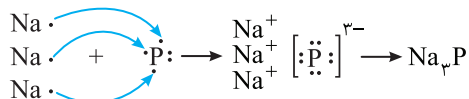
بنابراین نسبت خواسته شده برابر $\left(\frac{3}{1}\right)$ است. پرسش (پ): در اتم ^{39}M داریم:

عنصر M با از دست دادن یک الکترون و ایجاد یون M^+ به آرایش گاز نجیب آرگون (Ar) می رسد.

M_3O فرمول شیمیایی O^{2-} نماد یون $\Rightarrow$ یون اکسید $\Rightarrow$ آنیون $\Rightarrow M^+$ نماد یون $\Rightarrow$ یون فلز $M \Rightarrow$ کاتیون: اکسید فلز M

فرایند تشکیل ترکیب های منیزیم اکسید و سدیم فسفید به صورت مقابل است:

در فرایند تشکیل هر مول MgO ، ۲ مول الکترون و به ازای تشکیل هر مول Na_3P ، ۳ مول الکترون مبادله می شود.



اگر فرض کنیم که m گرم از هر یک از این دو ترکیب تشکیل شده باشد، خواهیم داشت:

a) $m \text{ g } MgO \times \frac{1 \text{ mol } MgO}{40 \text{ g } MgO} \times \frac{2 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } MgO} = \frac{m}{20} \text{ mol } e^-$

b) $m \text{ g } Na_3P \times \frac{1 \text{ mol } Na_3P}{100 \text{ g } Na_3P} \times \frac{3 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Na_3P} = \frac{3m}{100} \text{ mol } e^-$

در نهایت نسبت شمار الکترون های مبادله شده را به دست می آوریم:

$$\frac{\text{الکترون های مبادله شده b}}{\text{الکترون ها مبادله شده a}} = \frac{\frac{3m}{100}}{\frac{m}{20}} = \frac{6}{5}$$

۲۵۹ C شمار الکترون های مبادله شده برای تشکیل هر مول از یک ترکیب یونی را می توان طبق دو رابطه زیر به دست آورد:

بار کاتیون $\times$ زیروند آنیون = شمار الکترون های مبادله شده

بار آنیون $\times$ زیروند آنیون = شمار الکترون های مبادله شده

Al_2O_3 در Al_2O_3 $2 \times (+3) = 3 \times (-2) = 6 \text{ mol } e^-$

اکنون شمار الکترون های مبادله شده برای تشکیل $10/2$ گرم Al_2O_3 را محاسبه می کنیم:

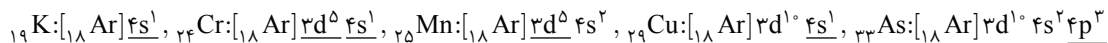
روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol } e^- = 10/2 \text{ g } Al_2O_3 \times \frac{1 \text{ mol } Al_2O_3}{102 \text{ g } Al_2O_3} \times \frac{6 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } Al_2O_3} = 0.6 \text{ mol } e^-$$

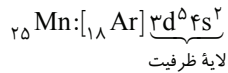
روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی } Al_2O_3}{\text{جرم مولی } X} = \frac{\text{شمار الکترون های مبادله شده}}{\text{شمار الکترون های مبادله شده}} \Rightarrow \frac{102}{1 \times 102} = \frac{6}{x} \Rightarrow x = 0.6 \text{ mol } e^-$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در عناصر دوره چهارم سه زیرلایه $4s$ ، $3d$ و $4p$ پر می‌شوند. در بین ۱۸ عنصر این دوره، عناصر ${}_{19}K$ ، ${}_{24}Cr$ ، ${}_{25}Mn$ ، ${}_{29}Cu$ و ${}_{33}As$ دارای زیرلایه نیمه‌پر هستند:



گزینه (۲): عناصر دسته d دوره چهارم در گروه سوم تا دوازدهم جدول دوره‌ای قرار گرفته‌اند. پنجمین عنصر این دسته در گروه هفتم و دارای ۷ الکترون ظرفیت است:



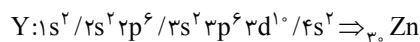
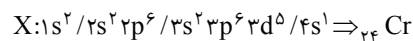
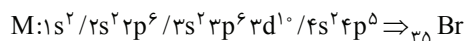
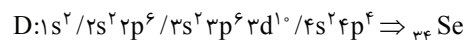
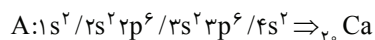
مجموع $n+l$ الکترون‌های ظرفیت برابر است با:
$$n+l = 5(3+2) + 2(4+0) = 25 + 8 = 33$$

گزینه (۳): کاتیون ترکیب Fe_3O_4 دارای بار الکتریکی $+3$ و کاتیون سازنده $MnCl_2$ بار الکتریکی $+2$ دارد؛ بنابراین آرایش الکترونی این دو کاتیون به صورت زیر خواهد بود:

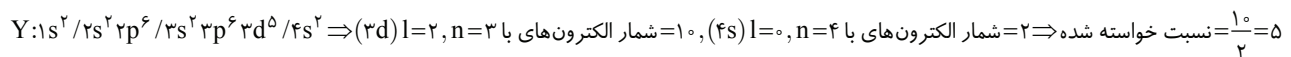
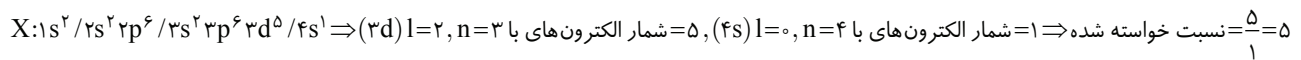


آرایش الکترونی این دو عنصر مشابه است.

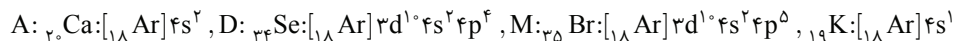
۴۲۶۰ (C) همه عبارت‌ها درست هستند. با توجه به اطلاعات داده شده در جدول، آرایش الکترونی عناصر A ، D ، M ، X و Y به صورت زیر خواهد بود:



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: عدد اتمی عناصر A و X به ترتیب برابر 20 و 24 بوده و اختلاف عدد اتمی آن‌ها برابر 4 است. همچنین عدد اتمی دو عنصر Y و D به ترتیب برابر 30 و 34 بوده و اختلاف عدد اتمی این عناصر نیز برابر با 4 می‌باشد. عبارت دوم: با توجه به اینکه تمامی این عناصر در دوره چهارم قرار دارند، برای رسم آرایش الکترونی فشرده آن‌ها از گاز نجیب دوره قبل، یعنی دوره سوم ($[Ar]_{18}$) استفاده می‌شود. عبارت سوم: عناصر A ، D ، M ، X و Y به ترتیب دارای 8 ، 8 ، 8 ، 8 و 7 الکترون در زیرلایه‌های با $l=0$ (زیرلایه s) خود هستند. عبارت چهارم: آرایش الکترونی عناصر X و Y به صورت زیر است:



عبارت پنجم: آرایش الکترونی فشرده عناصر A ، D ، M و K به صورت زیر است:



دو عنصر A و D ، به ترتیب یون‌های پایدار A^{2+} و D^{2-} ایجاد می‌کنند و فرمول ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به صورت AD خواهد بود و نسبت شمار کاتیون به آنیون در این ترکیب برابر 1 است.



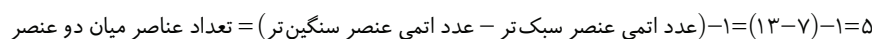
همچنین دو عنصر M و K نیز به ترتیب یون‌های پایدار M^{-} و K^{+} ایجاد می‌کنند و فرمول ترکیب یونی حاصل از آن‌ها به صورت KM است و نسبت شمار کاتیون به آنیون در این ترکیب نیز برابر 1 است.



۴۲۶۱ (C) عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. در سؤال اشاره شده است که عناصر C ، D ، E ، X ، Y و A از عناصر اصلی می‌باشند پس جزء واسطه‌ها نیستند.

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در ترکیب AE مجموع قدرمطلق بار آن 2 است پس A^{+} و E^{-} می‌باشد که قطعاً A از گروه 1 و E از گروه 17 بوده و یون حاصل از آن‌ها به آرایش گاز نجیب می‌رسد. عبارت دوم: ترکیب XY نمی‌تواند کلسیم فسفید (Ca_3P_2) باشد، چون مجموع قدرمطلق بار آنیون و کاتیون برابر 5 است.

همچنین می‌تواند X^{+} و Y^{3-} باشد که باز هم کلسیم فسفید نخواهد بود. عبارت سوم: اگر کاتیون و آنیون DZ هم الکترون باشد با توجه به اینکه عناصر اصلی چهار تناوب اول هستند، D^{3+} همان Al^{3+} بوده و Z^{3-} همان N^{3-} است و بین آن‌ها 5 عنصر وجود دارد.



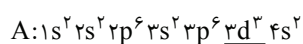
عبارت چهارم: در تمام ترکیبات یونی مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها و آنیون‌ها برابر است.

۴۲۶۲ (C) عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. آرایش الکترونی عنصر A که در گروه 5 و دوره 4 قرار دارد به صورت $A: [1s^2] [Ar] 3d^3 4s^2$ است. بنابراین عدد

اتم A برابر 23 است. از آنجایی که فلزات آنیون (-1) ایجاد می‌کند؛ بنابراین بار کاتیون M برابر $(+3)$ است در آن 23 الکترون وجود دارد، پس در اتم عنصر M ، 26 الکترون وجود دارد و آرایش الکترونی آن به صورت $M: [1s^2] [Ar] 3d^6 4s^2$ است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش



عبارت (ب): زیرلایه‌های d ، p و f دارای $l \geq 1$ هستند؛ بنابراین:



بنابراین اتم A، ۱۵ (۳+۶+۶) الکترون دارای $l \geq 1$ هستند. عبارت (پ): عنصر M در ترکیب با فلئوئور یون M^{3+} ایجاد کرده است، پس فرمول اکسید آن می‌تواند



عبارت (ت): کاتیون موجود در ترکیب A_2O_3 دارای بار (+۳) است؛ بنابراین:

عبارت (ث): عدد اتمی (شمار پروتون‌ها) دو عنصر A و M به ترتیب برابر ۲۳ و ۲۶ است:

$${}_{51}^{81}A: n+p=51, p=23 \Rightarrow n+23=51 \Rightarrow n=28 \quad {}_{26}^{56}M: n+p=56, p=26 \Rightarrow n+26=56 \Rightarrow n=30$$

بنابراین اختلاف شمار نوترون‌های این دو عنصر برابر $(30-28) 2$ است.

۲۶۳۱ فقط عبارت (الف) نادرست است. عنصر باریوم با عدد اتمی ۵۶ در گروه ۲ و تناوب ۶ و عنصر ید با عدد اتمی ۵۳ در گروه ۱۷ و تناوب ۵ جدول دوره‌ای عنصرها قرار دارد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): آرایش الکترونی و آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم‌ها به صورت زیر است:

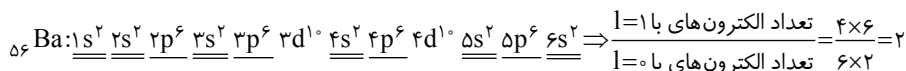


برای رسیدن به آرایش هشت‌تایی، اتم باریوم به یون پایدار Ba^{2+} و اتم ید به یون پایدار I^- تبدیل می‌شوند. $Ba^{2+} + I^- \Rightarrow BaI_2$ $\Rightarrow \frac{\text{شمار کاتیون}}{\text{شمار آنیون}} = \frac{1}{2}$

عبارت (ب): اختلاف شماره گروه این دو عنصر برابر $15 - (2-17)$ است. در اتم باریوم ۶ لایه و در اتم ید ۵ لایه الکترونی از الکترون اشغال شده است. عبارت (پ):

عنصر Ca دارای ۲ الکترون ظرفیت است و در گروه ۲ جدول دوره‌ای با عنصر باریوم هم گروه است.

ید عنصری از دوره پنجم جدول دوره‌ای است که با عنصر Tc هم دوره می‌باشد. عبارت (ت): آرایش الکترونی باریوم به صورت زیر است:



۲۶۴۲ پیوند اشتراکی، پیوندی است که سبب اتصال دو اتم نافلز به یکدیگر در مولکول می‌شود. به عبارت دیگر اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی می‌توانند مولکول‌های دو یا چند اتمی را بسازند.

۲۶۵۲ در مواد مولکولی، الکترون‌های به اشتراک گذاشته شده (جفت الکترون‌های پیوندی) متعلق به هر دو اتم تشکیل دهنده پیوند بوده و در نتیجه در فضای اطراف هسته هر دو اتم جای دارد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در تشکیل مولکول‌ها، اتم‌ها با یکدیگر الکترون به اشتراک می‌گذارند.

* توجه: در فرایند تشکیل ترکیب‌های یونی، اتم فلز الکترون از دست داده و اتم نافلز الکترون می‌گیرد؛ از این رو تشکیل ترکیب‌های یونی با داد و ستد الکترون همراه است. گزینه (۳): در عناصر اصلی (دسته s و p) شمار نقاط در آرایش الکترون - نقطه‌ای برابر با شمار الکترون‌های ظرفیت عنصر است و در نتیجه به کمک آن می‌توان به شماره گروه عنصر پی برد.

آرایش الکترون - نقطه‌ای	$\dot{A}$	$\dot{B}$	$\dot{C}$	$\cdot \dot{D}$	$\cdot \ddot{E}$	$\cdot \ddot{F}$	$\cdot \ddot{G}$	$\cdot \ddot{H}$
شماره گروه	۱	۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸

★ نکته: آرایش الکترون - نقطه‌ای هلیوم (He) که عنصری متعلق به گروه ۱۸ جدول تناوبی است به صورت He است.

گزینه (۴): اگر آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم عنصری هشت‌تایی ($\cdot \ddot{X} \cdot$) باشد، عنصر مورد نظر به گروه ۱۸ جدول تناوبی (گازهای نجیب) تعلق دارد؛ این گازها واکنش‌ناپذیر بوده یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند.

۲۶۶۱ فقط عبارت (الف) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): گاز کلر خاصیت رنگ‌بری و گندزدایی دارد و از مولکول‌های دواتمی (Cl_2) تشکیل شده است.

عبارت (ب): با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم کلر، می‌توان تشکیل این مولکول را به صورت مقابل نشان داد: $\cdot \ddot{Cl} \cdot + \cdot \ddot{Cl} \cdot \rightarrow \cdot \ddot{Cl} : \ddot{Cl} \cdot$ یا $\cdot \ddot{Cl} - \ddot{Cl} \cdot$

عبارت (پ): هر اتم کلر، تک الکترون لایه ظرفیت خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد؛ به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون-نقطه‌ای، به هر دوی آن‌ها تعلق دارد. در این شرایط هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است.

عبارت (ت): جفت الکترون اشتراکی میان دو اتم کلر در مولکول Cl_2 ، نشان‌دهنده یک پیوند اشتراکی (کووالانسی) است، این پیوند سبب اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول شده است.

۲۶۷۴ آرایش الکترون-نقطه‌ای مولکول‌های آب و اکسیژن به صورت زیر است:



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): از دست دادن، گرفتن یا به اشتراک گذاشتن الکترون، نشانه‌ای از رفتار شیمیایی اتم‌هاست و مبنای رفتار شیمیایی اتم‌ها رسیدن به پایداری است. پس ملاک اتم‌ها برای تشکیل پیوندهای یونی یا کووالانسی رسیدن به آرایش پایدار گازهای نجیب است. گزینه (۲): در مولکول کلر، هر اتم کلر تک الکترون خود را با دیگری به اشتراک می‌گذارد به طوری که دو الکترون موجود بین دو اتم در آرایش الکترون-نقطه‌ای به هر دوی آن‌ها تعلق دارد. در این وضعیت هر یک از اتم‌ها به آرایش هشت‌تایی رسیده است. گزینه (۳): در شرایط مناسب اتم نافلزها می‌توانند با تشکیل پیوندهای اشتراکی (کووالانسی)، مولکول‌های دو یا چند اتمی بسازند.

۲۶۸۴ آرایش الکترون-نقطه‌ای عنصرهای گروه ۱۴ تا ۱۷ به ترتیب به صورت $(\cdot \ddot{X} \cdot)$ ، $(\cdot \ddot{X} \cdot)$ ، $(\cdot \ddot{X} \cdot)$ و $(\cdot \ddot{X} \cdot)$ است. با در نظر گرفتن قاعده هشت‌تایی برای اتم مرکزی، ترکیب هیدروژن‌دار این

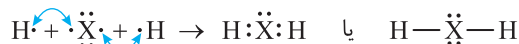
عنصرها به ترتیب دارای ۴، ۳، ۲ و ۱ اتم هیدروژن خواهد بود.

بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): این مولکول دارای یک جفت الکترون غیراشتراکی روی اتم مرکزی (X) است.



گزینه (۲): این مولکول از دو اتم تشکیل شده است.

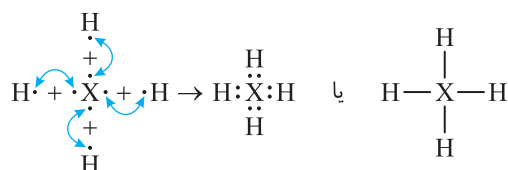
گزینه (۳): این مولکول دارای دو پیوند اشتراکی (کووالانسی) است.



گزینه (۴): این مولکول از یک اتم X و ۴ اتم هیدروژن تشکیل شده است. اتم X دارای ۴

الکترون ظرفیت و هر اتم هیدروژن دارای ۱ الکترون ظرفیت است:

$$= 4 + 4(1) = 8 = \text{مجموع تعداد الکترون‌های ظرفیت در مولکول}$$



عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نافلزها می‌توانند با گرفتن و یا به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش پایدار گاز

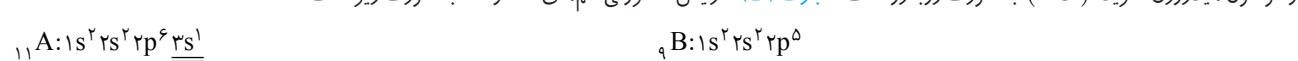
نجیب دست یابند. عناصر گروه ۱۸ جدول دوره‌ای (گازهای نجیب) نافلز هستند ولی با دیگر اتم‌ها الکترون به اشتراک نمی‌گذارند. عبارت (ب): هیدروژن و کلر دو عنصر

نافلزی هستند. اتم نافلزها در شرایط مناسب با تشکیل پیوندهای اشتراکی (کووالانسی)، مولکول‌ها را می‌سازند.

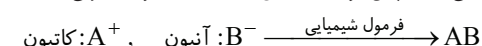
عبارت (پ): مولکول‌ها را به شیوه‌های مختلف می‌توان نمایش داد. یکی از آن‌ها، مدل فضا پرکن است. در این مدل علاوه بر نوع و تعداد

عنصرهای سازنده، نحوه قرارگیری اتم‌ها نسبت به یکدیگر نیز مشخص می‌شود. به عنوان مثال مدل فضا پرکن مولکول متان (CH_4)

و مولکول هیدروژن کلرید (HCl) به صورت روبه‌رو است. عبارت (ت): آرایش الکترونی اتم‌های A و B به صورت زیر است:



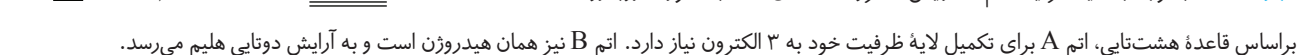
عنصر A با از دست دادن یک الکترون ظرفیت خود و عنصر B با گرفتن یک الکترون به آرایش هشت‌تایی می‌رسند، پس ترکیب حاصل از آن‌ها، یک ترکیب یونی است:



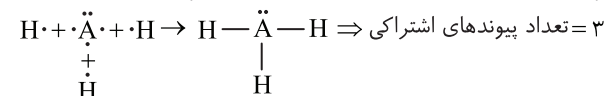
* توجه: به کار بردن واژه‌های مولکول، جرم مولکولی و فرمول مولکولی برای ترکیب‌های یونی نادرست است و به جای آن‌ها می‌توان از واژه‌های واحد فرمولی، جرم مولی

و فرمول شیمیایی استفاده کرد.

عبارت (ث): با توجه به لایه ظرفیت اتم‌ها، آرایش الکترون-نقطه‌ای آن‌ها به صورت روبه‌رو است:



براساس قاعده هشت‌تایی، اتم A برای تکمیل لایه ظرفیت خود به ۳ الکترون نیاز دارد. اتم B نیز همان هیدروژن است و به آرایش دوتایی هلیوم می‌رسد.

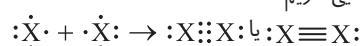


عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مولکول‌های آب به صورت خمیده (V شکل) هستند. مدل

فضا پرکن مولکول آب به صورت مقابل است:

عبارت (ب): در مدل فضا پرکن داده شده، اتم مرکزی به ۴ اتم از یک نوع عنصر متصل شده است. با در نظر گرفتن قاعده هشت‌تایی برای اتم مرکزی، این اتم باید چهار

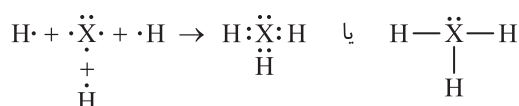
پیوند اشتراکی تشکیل داده باشد. عبارت (پ): با توجه به آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم X و در نظر گرفتن قاعده هشت‌تایی داریم:



در ساختار این مولکول بین دو اتم X، یک پیوند سه‌گانه وجود دارد. عبارت (ت): در مدل فضا پرکن داده شده، اتم مرکزی به سه اتم از یک نوع عنصر متصل شده

است. با در نظر گرفتن قاعده هشت‌تایی برای اتم مرکزی، این اتم برای رسیدن به آرایش پایدار نیازمند ۳ الکترون بوده است که از به اشتراک گذاشتن الکترون‌های سه

اتم هیدروژن آن را تأمین کرده است. پس این اتم دارای ۵ الکترون ظرفیت و متعلق به گروه ۱۵ جدول تناوبی است و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت ($\cdot \ddot{X} \cdot$) است.



عبارت‌های اول و چهارم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: آرایش الکترون - نقطه‌ای عناصر هیدروژن و سیلیسیم به

ترتیب به صورت H و $\cdot \ddot{Si} \cdot$ است؛ بنابراین ترکیب حاصل از آن‌ها ساختاری به صورت مقابل دارد:

عبارت دوم: در آرایش الکترون - نقطه‌ای آمونیاک (NH_3) اتم N دارای یک جفت الکترون ناپیوندی است، در حالی‌که در مولکول گوگرد

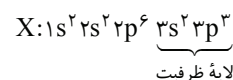
تری‌اکسید (SO_3) اتم S دارای الکترون ناپیوندی نیست؛ بنابراین مدل فضا پرکن B فقط می‌تواند متعلق به NH_3 باشد. عبارت سوم: در مدل

فضا پرکن A، اندازه دو اتم نشان داده شده برابر نیست؛ بنابراین نمی‌تواند مربوط به F_2 باشد. عبارت چهارم: در مدل‌های فضا پرکن B و C اتم‌های قرمز رنگ می‌توانند

نشان‌دهنده اتم هیدروژن باشند، به طور مثال ترکیب‌های B و C به ترتیب می‌توانند NH_3 و CH_4 باشند.

بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): برای زیرلایه p، عدد کوانتومی فرعی $l=1$ است. مطابق قاعده آفبا، ترتیب پر شدن زیرلایه‌های p به صورت

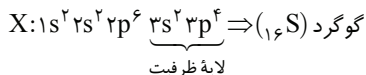
$$(2p \leftarrow 3p \leftarrow 4p \dots)$$



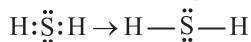
$$\left. \begin{array}{l} \text{YX}_7 \Rightarrow :\ddot{\text{X}}\cdot + \cdot\ddot{\text{Y}}\cdot + \cdot\ddot{\text{X}}\cdot \rightarrow :\ddot{\text{X}}=\text{Y}=\ddot{\text{X}}: \\ \text{X}_7 \Rightarrow :\ddot{\text{X}}\cdot + \cdot\ddot{\text{X}}\cdot \rightarrow :\ddot{\text{X}}=\ddot{\text{X}}: \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\text{تعداد پیوندهای اشتراکی مولکول YX}_7}{\text{تعداد پیوندهای اشتراکی مولکول X}_7} = \frac{4}{2} = 2$$

عبارت (ث): فرمول شیمیایی ترکیب هیدروژن دار عناصر گروه ۱۴ به صورت XH_4 است و مدل فضاپرکن آن به درستی نمایش داده شده است.

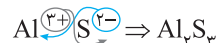
۲۷۶ ۱ (C) عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. ضریب آخرین زیرلایه اتم‌ها برابر با شماره دوره آن‌هاست؛ بنابراین عنصر X در گروه ۱۶ و دوره سوم جدول جای دارد و آرایش الکترونی آن به صورت مقابل است:



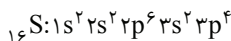
بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، در بیرونی‌ترین لایه این عنصر ($n=3$)، ۶ الکترون در زیرلایه‌های $3s^2$ و $3p^4$ قرار دارد. **عبارت (ب):** آرایش الکترون نقطه‌ای این عنصر و هیدروژن به ترتیب به صورت $\cdot\ddot{S}\cdot$ و $H\cdot$ است؛ بنابراین ساختار لوویس ترکیب مولکولی حاصل از این دو ترکیب به صورت مقابل خواهد بود:



در آرایش الکترون نقطه‌ای رسم شده، ۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. **عبارت (پ):** عنصر مورد نظر در گروه ۱۶ قرار داشته و آنیون پایدار S^{2-} ایجاد می‌کند. همچنین Al در گروه ۱۳ جدول جای داشته و دارای ۳ الکترون ظرفیت است و با از دست دادن این ۳ الکترون، کاتیون پایدار Al^{3+} ایجاد می‌کند؛ پس فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از این دو عنصر به صورت Al_3S_4 است.

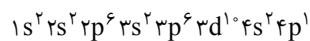


عبارت (ت): آرایش الکترونی عنصر گوگرد $(S)_{16}$ به صورت مقابل است:



این عنصر دارای ۶ الکترون در زیرلایه‌های $s (l=0)$ و ۱۰ الکترون در زیرلایه‌های $p (l=1)$ می‌باشد؛ بنابراین نسبت شمار الکترون‌ها با $l=0$ به شمار الکترون‌ها با $l=1$ برابر $\frac{6}{10}$ است.

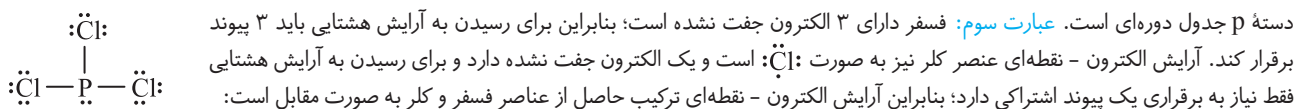
۲۷۷ ۲ (B) عنصر مورد نظر گالیم ($_{31}Ga$) بوده که آرایش الکترونی آن به صورت مقابل است:



عنصرهای قبل و بعد گالیم در گروه ۱۳ جدول تناوبی به ترتیب آلومینیم ($_{13}Al$) و ایندیم ($_{49}In$) است که نصف مجموع عدد اتمی آن‌ها برابر با ۳۱ (عدد اتمی گالیم) است. **بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱):** آرایش الکترونی یون پایدار گالیم ($_{31}Ga^{3+}$) به صورت $(1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10})$ است که با آرایش الکترونی یون‌های پایدار $(_{30}Zn^{2+})$ و $(_{29}Cu^{+})$ یکسان است. **گزینه (۳):** داشتن شمار الکترون‌های ظرفیت برابر به تنهایی سبب هم گروه شدن دو عنصر نخواهد بود، برای مثال اسکاندیم ($_{21}Sc$) نیز دارای ۳ الکترون ظرفیت است اما در گروه ۳ جدول تناوبی قرار دارد. **گزینه (۴):** گالیم عنصری فلزی است و در تشکیل ترکیب‌های مولکولی شرکت نکرده و نمی‌تواند الکترون به اشتراک بگذارد.

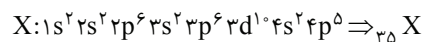
۲۷۸ ۱ (B) عنصر A دارای ۵ الکترون ظرفیتی است و در دوره سوم قرار دارد؛ بنابراین همان عنصر فسفر ($_{15}P$) است. همه عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت اول: عناصر فسفر و آرسنیک ($_{33}As$) هر دو در گروه پنزدهم جدول دوره‌ای قرار دارند. **عبارت دوم:** عنصر هلیوم متعلق به دسته S و عنصر فسفر متعلق به دسته p جدول دوره‌ای است. **عبارت سوم:** فسفر دارای ۳ الکترون جفت نشده است؛ بنابراین برای رسیدن به آرایش هشتایی باید ۳ پیوند برقرار کند. آرایش الکترون - نقطه‌ای عنصر کلر نیز به صورت $\cdot\ddot{Cl}\cdot$ است و یک الکترون جفت نشده دارد و برای رسیدن به آرایش هشتایی فقط نیاز به برقراری یک پیوند اشتراکی دارد؛ بنابراین آرایش الکترون - نقطه‌ای ترکیب حاصل از عناصر فسفر و کلر به صورت مقابل است:

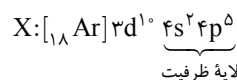


عبارت چهارم: عنصر فسفر یون پایدار P^{3-} و عنصر منیزیم یون پایدار Mg^{2+} تشکیل می‌دهد؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از آن‌ها به صورت Mg_3P_4 است.

۲۷۹ ۴ (B) آرایش الکترونی عنصری با ۱۷ الکترون در زیرلایه‌های $p (l=1)$ به صورت مقابل خواهد بود:



بررسی گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۲): آرایش الکترونی فشرده این عنصر به صورت مقابل است:



با توجه به آرایش رسم شده، X عنصری از دسته p و دارای ۷ الکترون ظرفیت بوده و در گروه هفدهم و دوره چهارم جدول تناوبی جای دارد. **گزینه (۳):** عناصر گروه‌های ۶ و ۱۱ جدول تناوبی که در دوره‌های چهارم تا هفتم هستند، از قاعده آفیا پیروی نمی‌کنند. آرایش الکترونی لایه ظرفیت این عناصر به صورت $(n-1)d^5 ns^1$ و $(n-1)d^1 ns^1$ می‌باشد. عنصر X در دوره ۴ جدول دوره‌ای قرار دارد، پس با دو عنصر $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$ از دوره ۴ که از قاعده آفیا پیروی نمی‌کنند، هم دوره است.

گزینه (۴): عنصر X همان $_{35}Br$ است که در گروه هالوژن‌ها قرار دارد و با گرفتن یک الکترون، آنیون پایدار Br^- ایجاد می‌کند. سدیم نیز در گروه اول جدول جای دارد و کاتیون‌های یک بار مثبت (Na^+) ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرمول ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت NaX ($NaBr$) خواهد بود.

۲۸۰ ۱ (B) عنصر A می‌تواند متعلق به هر یک از گروه‌های ۲ تا ۱۲ جدول تناوبی (به جز گروه‌های ۶ و ۱۱ که آرایش الکترونی آن‌ها از قاعده آفیا پیروی نمی‌کند) در دوره چهارم باشد؛ یعنی ۸ عنصر دسته d ($_{30}Zn$ ، $_{28}Ni$ ، $_{27}Co$ ، $_{26}Fe$ ، $_{25}Mn$ ، $_{23}V$ ، $_{22}Ti$ ، $_{21}Sc$) و یک عنصر دسته s ($_{20}Ca$). **بررسی گزینه‌ها:**

گزینه (۱): حداقل و حداکثر عدد اتمی عنصر A مربوط به $_{20}Ca$ و $_{30}Zn$ است و از طرفی عنصری که آرایش الکترونی آن به $3s^1$ ختم می‌شود دارای آرایش

الکترونی $1s^2 [Ne] 3s^1$ بوده و عدد اتمی آن برابر ۱۱ ($_{11}Na$) است؛ در نتیجه حداقل و حداکثر تفاوت عدد اتمی عنصر A و $_{11}Na$ به ترتیب برابر با $(11-20)$ و $(11-30)$ است.

گزینه (۲): A می‌تواند یکی از ۸ عنصر دسته d باشد. **گزینه (۳):** عنصر A یک فلز است و فلزات در تشکیل ترکیب‌های یونی شرکت می‌کنند، نه مولکولی! **گزینه (۴):** با توجه به این که A می‌تواند ۹ عنصر متفاوت باشد، بار یون پایدار آن نیز متفاوت است. مثلاً Fe^{2+} و Fe^{3+} است و یا Sc^{3+} دارای یون پایدار Sc^{3+} است.

۳ ۲۸۱ C عبارتهای اول و دوم درست هستند. آرایش الکترونی فشرده و عدد اتمی عناصر A، B، C و D به صورت زیر خواهد بود:



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با توجه به آرایش الکترونی رسم شده، عنصر B در گروه اول و عنصر C در گروه پنزدهم جدول دوره‌ای قرار دارند و به ترتیب یون‌های B^+ و C^{3-} ایجاد می‌کنند. فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت B_3C می‌باشد. لیتیم و نیتروژن نیز عناصری از گروه‌های اول و پنزدهم جدول هستند و فرمول شیمیایی ترکیب یونی آن‌ها به صورت Li_3N می‌باشد. نسبت شمار کاتیون به آنیون در هر دو ترکیب با یکدیگر مساوی و برابر ۳ است. **عبارت دوم:**

A در گروه شانزدهم قرار داشته و آنیون پایدار آن A^{2-} می‌باشد. B نیز در گروه اول جدول جای داشته و کاتیون پایدار B^+ ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از این دو عنصر به صورت B_2A است. **عبارت سوم:** عنصر C در گروه پنزدهم جدول جای داشته و دارای ۵ الکترون ظرفیت می‌باشد؛ بنابراین آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت $\cdot\dot{C}\cdot$ بوده و با گرفتن سه الکترون به آرایش گاز نجیب Ne می‌رسد. **عبارت چهارم:** عنصر D همان Ca می‌باشد که در گروه دوم و دوره چهارم جدول قرار دارد و در واکنش با نافلزها، کاتیون پایدار Ca^{2+} ایجاد می‌کند. گوگرد (S) نیز در گروه شانزدهم جدول جای داشته و آنیون پایدار S^{2-} ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از این دو عنصر به صورت $(DS) CaS$ خواهد بود.

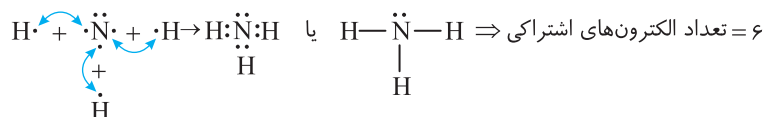
۳ ۲۸۲ C همه موارد به جز مورد چهارم جمله را به درستی کامل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** تعداد اتم‌های هیدروژن در ۱۲ گرم C_2H_6 برابر است با:

$$? \text{ atom H} = 12 \text{ g } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 \text{ g } C_2H_6} \times \frac{N_A \text{ molecule}}{1 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{6 \text{ atom H}}{1 \text{ molecule}} = 2/4 N_A \text{ atom H}$$

تعداد اتم‌های کربن در ۴۸ گرم C_3H_7OH برابر است با:

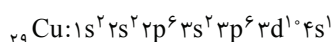
$$? \text{ atom C} = 48 \text{ g } C_3H_7O \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_7O}{60 \text{ g } C_3H_7O} \times \frac{N_A \text{ molecule}}{1 \text{ mol } C_3H_7O} \times \frac{3 \text{ atom C}}{1 \text{ molecule}} = 2/4 N_A \text{ atom C}$$

عبارت دوم: فراوان‌ترین ایزوتوپ لیتیم 6Li است. این ایزوتوپ دارای ۳ پروتون، ۴ نوترون و ۳ الکترون است، پس جمعاً ۱۰ ذره زیراتمی دارد. گاز نجیب دوره دوم جدول دوره‌ای نئون (Ne) است که ۱۰ پروتون دارد. **عبارت سوم:** برای زیرلایه p، عدد کوانتومی فرعی برابر ۱ است. مطابق قاعده آفبا آرایش الکترونی عنصری که ۳ الکترون با $l=1$ داشته باشد به صورت $1s^2 2s^2 2p^3$ است. پس این اتم ۵ ($2+3$) الکترون ظرفیت دارد و همان N است. اتم N برای تکمیل لایه ظرفیت خود و رسیدن به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب ۳ الکترون جفت‌نشده خود را با الکترون‌های سه اتم هیدروژن به اشتراک می‌گذارد و مولکول NH_3 را می‌سازد.



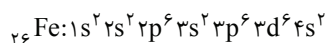
در ترکیب HBr ، ۶ الکترون غیراشتراکی روی اتم برم وجود دارد.

عبارت چهارم: آرایش الکترونی اتم ${}_{29}Cu$ به صورت روبه‌رو است:



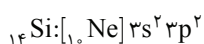
مجموع l و n زیرلایه‌های $3p$ و $4s$ برابر ۴ است، پس در این اتم ۷ الکترون در زیرلایه‌هایی که $n+l$ آن‌ها برابر ۴ است، وجود دارد.

آرایش الکترونی اتم ${}_{26}Fe$ به صورت روبه‌رو است:



حاصل $n-l$ برای زیرلایه‌های $1s$ ، $2p$ و $3d$ برابر ۱ است، پس در این اتم ۱۴ الکترون در زیرلایه‌هایی که $n-l$ آن‌ها برابر ۱ است، قرار دارند.

عبارت پنجم: سومین عنصر فراوان سیاره زمین سیلیسیم (${}_{14}Si$) است. آرایش الکترونی این عنصر به صورت مقابل است:



پس آرایش الکترون-نقطه‌ای این عنصر به صورت $\cdot\dot{Si}\cdot$ می‌باشد و در آن چهار الکترون منفرد وجود دارد. آرایش Cr^{2+} به صورت زیر است و در زیرلایه d آن



$${}^{31}X^q: n+p=31, p+n+e=49 \xrightarrow{n=31-p} p+(31-p)+e=49 \Rightarrow 31+e=49 \Rightarrow e=18$$

۴ ۲۸۳ C

بنابراین شمار الکترون‌های این یون برابر ۱۸ بوده و گونه X ممکن است یک کاتیون یا یک آنیون باشد. با توجه به نامشخص بودن بار گونه X ، شمار الکترون‌های آن می‌تواند از نوترون‌هایش بیشتر یا کمتر باشد؛ بنابراین هر دو حالت را بررسی می‌کنیم:

$$e > n \Rightarrow e - n = 2 \xrightarrow{e=18} n = 16$$

حالت اول:

$$n+p=31 \Rightarrow 16+p=31 \Rightarrow p=15$$

با توجه به اینکه $n+p=31$ است، تعداد پروتون‌ها را به دست می‌آوریم:

$$X^q \text{ بار گونه } p-e=15-18=-3$$

اکنون بار گونه X^q را بررسی می‌کنیم:

این پاسخ قابل قبول است؛ زیرا عنصری با عدد اتمی ۱۵، با دریافت ۳ الکترون، آنیون ۳ بار منفی تشکیل داده و به آرایش گاز نجیب می‌رسد.

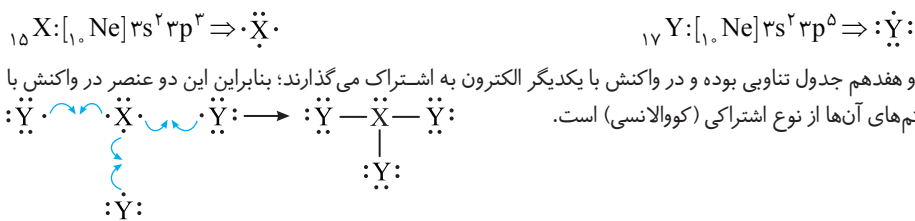
$$e < n \Rightarrow n - e = 2 \xrightarrow{e=18} n = 20 \\ n + p = 31 \Rightarrow 20 + p = 31 \Rightarrow p = 11$$

حالت دوم: با توجه به اینکه $n + p = 31$ است، تعداد پروتون‌ها را به دست می‌آوریم:

$$X^q \text{ بار گونه} = p - e = q \Rightarrow q = 11 - 18 = -7$$

اکنون بار گونه X^q را بررسی می‌کنیم:

این پاسخ غیرقابل قبول است؛ زیرا عنصری با عدد اتمی ۱۱، در گروه اول جدول تناوبی جای داشته و با از دست دادن یک الکترون، کاتیون یک بار مثبت ایجاد می‌کند. (نه آنیونی با بار منفی ۷!) در ادامه، آرایش الکترونی و ساختار الکترون-نقطه‌ای دو عنصر X و Y را رسم می‌کنیم:



فقط عبارت (ت) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول شیمیایی آلومینیم اکسید به صورت Al_2O_3 بوده و شمار الکترون‌های مبادله شده در تشکیل یک مول از آن طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$2 \times \text{بار آنیون} \times \text{زیروند آنیون} = \text{بار کاتیون} \times \text{زیروند کاتیون} = \text{شمار الکترون‌های مبادله شده}$$

$$? g Al_2O_3 = \frac{1 \text{ mol } Al_2O_3}{6 \text{ mol } e^-} \times \frac{102 g Al_2O_3}{1 \text{ mol } Al_2O_3} = 102 g Al_2O_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول الکترون مبادله شده}}{\text{ضرب}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضرب}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x}{6} = \frac{102}{1 \times 102} \Rightarrow x = 102 g Al_2O_3$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$? CO_2 = \frac{3 \text{ mol اتم}}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{N_A \text{ اتم}}{1 \text{ mol اتم}} = \frac{2}{4} N_A \text{ اتم}$$

عبارت (ب):

$$? H_2O = \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 g H_2O} \times \frac{3 \text{ mol اتم}}{1 \text{ mol } H_2O} \times \frac{N_A \text{ اتم}}{1 \text{ mol اتم}} = \frac{2}{4} N_A \text{ اتم}$$

عبارت (پ):

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(39 \times 6) + (40 \times 24)}{30} = \frac{234 + 960}{30} = 39.8 \text{ amu}$$

روش اول (تشریحی):

$$\bar{M} = M_1 + P_r (M_r - M_1) \Rightarrow \bar{M} = 39 + \frac{24}{30} (40 - 39) = 39 + 0.8 = 39.8 \text{ amu}$$

روش دوم (تستی):

عبارت (ت): آرایش الکترونی عناصر A ، M و D و کاتیون‌های آن‌ها به صورت مقابل است:



عبارت (ث): نخستین عنصر گروه ۱۴، کربن (C) است که در ترکیب‌های خود با اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش گاز نجیب نئون (Ne) می‌رسد. همچنین از لامپ نئون در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های سرخ فام استفاده می‌شود.

شیمی ۱: فصل دوم

پاسخ تشریحی

۲۸۵ ۴ بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): لایه فیروزه‌ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هواکره است که اغلب هوا نامیده می‌شود. گزینه (۲): اتمسفر زمین، مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصله ۵۰۰ کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است. گزینه (۳): میان گازهای هوا، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که اغلب آن‌ها برای ساکنان زمین سودمند هستند، اما برخی از این واکنش‌ها مفید نبوده و فرآورده‌هایی تولید می‌کنند که دلخواه و مطلوب ساکنان سیاره خاکی نیست.

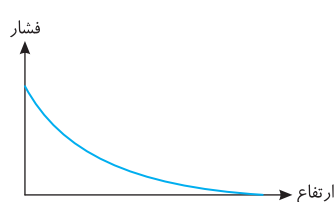
۲۸۶ ۳ عبارت‌های (پ)، (ت) و (ث) نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (پ): اغلب (نه همه!) گازها نامرئی هستند. فشار هر گاز، ناشی از برخورد مولکول‌های آن با دیواره ظرف است. عبارت (ت): روند تغییر دما در هواکره را می‌توان دلیلی بر لایه‌ای بودن آن دانست. برای مثال دمای هوا در لایه اول (تروپوسفر) از $14^\circ C$ به $-55^\circ C$ رسیده و در لایه دوم (استراتوسفر) از $-55^\circ C$ به $7^\circ C$ می‌رسد. این در حالی است که فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین همواره کاهش می‌یابد و نمی‌تواند دلیلی بر لایه‌ای بودن هواکره باشد. عبارت (ث): در میان سیاره‌های سامانه خورشیدی تنها زمین اتمسفری دارد که امکان زندگی را روی آن فراهم می‌کند. به عبارت دیگر اتمسفر سایر سیاره‌ها برای سکونت و حیات انسان مناسب نیست.

۲۸۷ ۱ حدود ۷۵٪ از جرم هواکره در لایه تروپوسفر قرار دارد و پس از آن هواکره رقیق و رقیق‌تر می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): جاذبه زمین، مانع از خروج گازهای سازنده هواکره از اتمسفر زمین می‌شود. گزینه (۳): با افزایش ارتفاع و فاصله از سطح زمین، تعداد ذره‌های گازی در واحد حجم کاهش می‌یابد و به همین دلیل فشار کمتر می‌شود. گزینه (۴): با افزایش فاصله از سطح زمین، دما در فواصلی کاهش و در فواصلی افزایش می‌یابد.

۲ ۲۸۸ (B) عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب):** با توجه به شکل کتاب درسی، دما در انتهای لایه دوم هواکره (استراتوسفر) و ابتدای لایه سوم نیز مقداری بالاتر از صفر درجه سلسیوس است. **عبارت (پ):** دو گاز نیتروژن و اکسیژن در ارتفاع‌های بالا، حتی بالاتر از ۸۰ کیلومتر نیز یافت می‌شوند، اما آب در این ارتفاع حضور ندارد، زیرا دما در این ارتفاع به حدی پایین است که این ماده نمی‌تواند به صورت گاز وجود داشته باشد. **عبارت (ت):** در سه لایه اول هواکره، ترکیب هوا تقریباً ثابت و متشکل از گازهای نیتروژن، اکسیژن، کربن دی‌اکسید و اوزون است.

*** توجه** در این لایه‌ها گازهای تک‌اتمی یا چنداتمی نیز وجود دارند، اما مقدار آن‌ها کمتر بوده و در مقایسه با گازهای نام برده شده ناچیز هستند.

۳ ۲۸۹ (A) با افزایش ارتفاع از سطح زمین، شمار ذره‌ها در واحد حجم (فشار هوا) همانند دما در لایه اول هواکره (تروپوسفر) کاهش می‌یابد. **بررسی گزینه‌های نادرست:** **گزینه (۱):** فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین همواره کاهش می‌یابد، در حالی که دمای هوا در لایه دوم هواکره (استراتوسفر) با افزایش ارتفاع، افزایش می‌یابد. **گزینه (۲):** با افزایش ارتفاع از سطح زمین، مقدار (غلظت) گازهای هواکره کاهش می‌یابد، به همین دلیل چگالی هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد. در لایه سوم هواکره نیز، پس از عبور از لایه استراتوسفر مجدداً دما روند کاهشی داشته و از 7°C تا حدود -87°C می‌رسد. **گزینه (۴):** همان‌طور که در توضیح گزینه‌های قبل گفتیم، دما در لایه دوم هواکره برخلاف لایه سوم روند افزایشی داشته و با افزایش ارتفاع، افزایش می‌یابد.



۱ ۲۹۰ (A) عبارتهای (الف) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** مقدار فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد، اما این روند به صورت خطی نبوده و هر چه ارتفاع بیشتر می‌گردد، اندازه شیب نمودار فشار برحسب ارتفاع کاهش می‌یابد؛ بنابراین نمودار فشار برحسب ارتفاع می‌بایست به صورت سهمی رسم گردد. **عبارت (ب):** فشار گازهای موجود در هواکره در همه جهات و به میزان یکسان بر اجسام وارد می‌شود، زیرا هوا همچون اقیانوسی ما را دربرگرفته و به همین دلیل فشار آن در همه جهات بر اجسام یکسان است. **عبارت (پ):** در لایه تروپوسفر با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما در حدود 6°C درجه سلسیوس افت می‌کند. **عبارت (ت):** بیشترین مقدار بخار آب در هواکره مربوط به لایه تروپوسفر است. تغییرات آب و هوای زمین در لایه تروپوسفر رخ می‌دهد.

۲ ۲۹۱ (B) موارد دوم و پنجم در لایه‌های بالای هواکره با ارتفاع بیش از 80 km یافت می‌شود. در ارتفاع بیش از 80 کیلومتری سطح زمین، گونه‌هایی مانند O_p ، N_p ، N_p^+ ، H^+ ، O^+ ، O ، O^+ و He^+ یافت می‌شوند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در این لایه کاتیون دواتمی مانند N_p^+ و O_p^+ یافت می‌شود، اما آنیون تک‌اتمی وجود ندارد.

عبارت دوم: در این لایه یون H^+ که فقط شامل یک پروتون بوده و یون He^+ که کاتیون یک گاز نجیب است، یافت می‌شود. **عبارت سوم:** در این لایه مولکول‌های اکسیژن برخلاف اوزون یافت می‌شوند. **عبارت چهارم:** در این لایه ذره‌های تک‌اتمی مانند اتم اکسیژن یافت می‌شود، اما مولکول کربن دی‌اکسید یافت نمی‌شود. **عبارت پنجم:** در این لایه، یون H^+ وجود دارد که همان پروتون است. جرم پروتون 1.0073 amu است. همچنین در این لایه O^+ وجود دارد. اکسیژن دومین عنصر فراوان سیاره زمین است.

۱ ۲۹۲ (A) ابتدا دمای هوا در ابتدای لایه استراتوسفر را برحسب کلون محاسبه می‌کنیم:

بنابراین دمای هوا در این لایه 4°C کیلومتری، از 22°C کلون در ابتدای لایه به 28°C کلون در انتهای آن رسیده است. با فرض یکنواخت بودن افزایش دما در این لایه خواهیم داشت:

$$\Delta\theta = a \times \Delta h \Rightarrow 28 - 22 = a \times 6 \Rightarrow a = 1/5 \frac{\text{K}}{\text{km}}$$

پس در این لایه به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، دما به اندازه $1/5$ کلون افزایش می‌یابد.

۱ ۲۹۳ (B) می‌دانیم دمای هوا در لایه تروپوسفر به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، 6°C درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. با توجه به ارتفاع هواپیمای A، ابتدا دما را در سطح زمین برحسب درجه سلسیوس محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta = -6 \times \Delta h \Rightarrow -27 - \theta_0 = -6 \times 6/5 \Rightarrow \theta_0 = 12^{\circ}\text{C}$$

حال با توجه به دمای سطح زمین و دمای اطراف هواپیمای B، می‌توان ارتفاع این هواپیما را نیز محاسبه کرد. توجه کنید که ابتدا می‌بایست دمای هوای اطراف هواپیمای B را برحسب درجه سلسیوس محاسبه کنیم؛ بنابراین می‌توان نوشت: $231 - 273 = -42^{\circ}\text{C}$ دمای هوای اطراف هواپیمای B برحسب درجه سلسیوس

$$\Delta\theta = -6 \times \Delta h \Rightarrow -42 - (-12) = -6(h_B - 0) \Rightarrow h_B = 9\text{ km}$$

۲ ۲۹۴ (B) ابتدا دمای سطح زمین را برحسب کلون به دست می‌آوریم و سپس ارتفاعی را که در آن دما 215 K است محاسبه می‌کنیم:

$$T_1 = \theta_1 + 273 = 14 + 273 = 287\text{ K}$$

$$\Delta T = -6 \times \Delta h \Rightarrow 215 - 287 = -6 \times \Delta h \Rightarrow \Delta h = 12\text{ km}$$

می‌دانیم که با هر 3 کیلومتر افزایش ارتفاع، فشار به میزان $1/1$ اتمسفر کاهش می‌یابد. پس در ارتفاع 12 km ، فشار $4/6\text{ atm}$ کاهش می‌یابد و به $6/6\text{ atm}$ می‌رسد.

$$P_p = P_1 - \left(\frac{12}{3} \times \frac{1}{6}\right) = 1 - 0/4 = 0/6\text{ atm}$$

۲ ۲۹۵ (B) ابتدا رابطه میان ارتفاع از سطح و فشار هوا را می‌یابیم، سپس با کمک ارتفاع به دست آمده، دمای هوا را محاسبه می‌کنیم:

$$P = P_0 \left(\frac{h}{8}\right)^2 \Rightarrow 0/64 = 1 \times \left(\frac{h}{8}\right)^2 \Rightarrow h = 4\text{ km}, \Delta\theta = -6 \times \Delta h \Rightarrow \theta - 14 = -6(4 - 0) \Rightarrow \theta = -10^{\circ}\text{C}, T(\text{K}) = 273 + \theta(^{\circ}\text{C}) = 273 + (-10) = 263\text{ K}$$

۲ ۲۹۶ (B) شمار ذره‌ها در واحد حجم نسبت به سطح زمین، $67/5$ درصد کمتر است، یعنی فشار هوا در این ارتفاع $325/0$ برابر فشار هوا در سطح زمین است؛ بنابراین فشار در این ارتفاع برابر $325/0$ اتمسفر است. حال طبق رابطه داده شده، ارتفاع از سطح زمین را پیدا می‌کنیم:

$$0/325 = 0/04 h^2 - 0/12 h + 1 \Rightarrow 0/04 h^2 - 0/12 h + 0/675 = 0$$

دو طرف معادله را در 1000 ضرب کرده و برای حل آن از روش دلتا استفاده می‌کنیم:

$$4h^2 - 120h + 675 = 0 \Rightarrow \frac{120 \pm \sqrt{120^2 - 4(4)(675)}}{8} = \frac{120 \pm 60}{8} \Rightarrow \begin{cases} h_1 = 7/5\text{ km} \\ h_2 = 22/5\text{ km} \end{cases}$$

ارتفاع لایه تروپوسفر هواکره، حدود ۱۲ کیلومتر است، از این رو ارتفاع مد نظر سؤال ۷/۵ کیلومتر است. حال دمای هوا در این ارتفاع را محاسبه می‌کنیم. در لایه تروپوسفر به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، دما 6°C کاهش می‌یابد؛ بنابراین داریم:

$$\Delta\theta = 7/5 \times (-6) = -45^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_p = \theta_1 + \Delta\theta \Rightarrow \theta_p = 14 + (-45) = -31^{\circ}\text{C}, \quad T = \theta + 273 \Rightarrow T = -31 + 273 = 242\text{K}$$

دمای هوا در سطح زمین 14°C است؛ بنابراین داریم:

۴ ۲۹۷ (A) از ۲۰۰ میلیون سال قبل تاکنون، نسبت گازهای سازنده هواکره تقریباً (نه کاملاً) ثابت مانده است.

* توجه مقدار برخی گازها در هواکره به قدری پایین است که نمی‌توان آن‌ها را استخراج کرد. همچنین برخی گازها نیز به دلیل واکنش‌پذیری زیاد در هواکره وجود ندارند.

۴ ۲۹۸ (A) گازهای A، B، C و D به ترتیب نیتروژن، بخار آب، کربن دی‌اکسید و اکسیژن هستند. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): گیاهان در فرایند فتوسنتز با بهره‌گیری

از نور خورشید و مصرف کربن دی‌اکسید هواکره، اکسیژن مورد نیاز جانداران را تولید می‌کنند. گزینه (۲): جانداران ذره‌بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در

خاک تثبیت می‌کنند. گزینه (۳): رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخار آب در هوا، حدود یک درصد است. گزینه (۴): از گاز نیتروژن برای پر کردن تایر خودروها، در

صنعت سراماسازی برای انجماد مواد غذایی و برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود.

۲ ۲۹۹ (B)

نام گاز	درصد گاز در هوا
نیتروژن	۷۸/۰۷۹
اکسیژن	۲۰/۹۵۲
آرگون	۰/۹۲۸
کربن دی‌اکسید	۰/۰۳۸۵
نئون	۰/۰۰۱۸
هلیوم	۰/۰۰۰۵
کریپتون	۰/۰۰۰۱
زنون و دیگر گازها	ناچیز

نکته ترکیبی اجزای سازنده هواکره: ۱- جدول مقابل مربوط به اجزای سازنده تروپوسفر در یک نمونه هوای پاک و خشک است. ۲- بیش از ۹۹٪ اجزاء هوا را گازهای O_2 و N_2 تشکیل می‌دهند. ۳- درصد حجمی آرگون به عنوان سومین گاز فراوان، کمتر از ۱ درصد است. ۴- مجموع درصد حجمی تمامی گازها به‌جز O_2 و N_2 کمتر از ۱ درصد است. ۵- مقایسه درصد حجمی گازهای نجیب هواکره و نمودار آن برحسب شماره دوره در جدول تناوبی به صورت مقابل است:

$\text{Ar} > \text{Ne} > \text{He} > \text{Kr} > \text{Xe}$

۶- کربن دی‌اکسید (CO_2) فراوان‌ترین ترکیب موجود در هوای پاک و خشک است. دقت کنید فراوانی CO_2 از Ar کمتر است.

۷- گازهای O_2 ، N_2 و CO_2 جزء گازهای فراوانی هستند که به صورت مولکولی در هواکره یافت می‌شوند. ۸- نسبت ترکیب گازهای هواکره از ۲۰۰ میلیون سال پیش ثابت مانده است. ۹- اجزای نشان داده شده در این جدول مربوط به لایه تروپوسفر هستند؛ بنابراین به مواردی همچون گاز اوزون یا کاتیون‌های گازی که در لایه‌های بالاتر یافت می‌شوند، اشاره نشده است.

با توجه به نکته بالا، فراوان‌ترین گاز نجیب هواکره، آرگون می‌باشد که در دوره سوم جدول تناوبی قرار دارد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): منظور گاز نیتروژن می‌باشد که ساختار لوویس آن به صورت $\text{N} \equiv \text{N}$ است. گزینه (۳): فراوان‌ترین ترکیب سازنده هواکره، کربن دی‌اکسید می‌باشد که ساختار لوویس آن به صورت $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ است و در ۴ جفت الکترون پیوندی و ۴ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. گزینه (۴): با توجه به جدول داده شده، در ۶ گونه عنصری فراوان هواکره، چهار گاز نجیب آرگون، نئون، هلیوم و کریپتون وجود دارند.

۲ ۳۰۰ (B) عبارت‌های سوم و پنجم نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: در فرایند تقطیر جزء به جزء هوا، نخست هوا را از صافی‌هایی عبور می‌دهند تا گرد و غبار آن گرفته

شود؛ سپس با افزایش فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می‌دهند. با کاهش دمای هوا تا صفر درجه سلسیوس، رطوبت هوا به صورت یخ از آن جدا می‌شود. در دمای

-78°C ، گاز کربن دی‌اکسید هوا نیز به حالت جامد درمی‌آید. با سرد کردن بیشتر تا دمای -200°C ، مخلوط بسیار سردی از چند مایع پدید می‌آید که به آن هوای

مایع می‌گویند. در پایان، با عبور هوای مایع از یک ستون تقطیر، گازهای سازنده جداسازی و در ظرف‌های جدا ذخیره می‌شوند. بخش عمده هواکره را دو گاز نیتروژن و

اکسیژن تشکیل می‌دهد. گاز آرگون در میان اجزای هواکره در رتبه سوم قرار دارد، بنابراین می‌توان هوا را منبعی غنی برای تهیه این گازها دانست.

توجه داشته باشید نقطه جوش گاز هلیوم بسیار پایین (حدود -269°C درجه سلسیوس یا ۴ کلوین) است، به همین دلیل این عنصر هیچ‌گاه در هوای مایع حضور ندارد و پس از

مایع شدن سایر گازها، این عنصر همچنان در حالت گازی بوده و از مخلوط فرایند جداسازی می‌گردد. هلیوم مرتبه ششم را از نظر فراوانی در هوای پاک و خشک دارد.

۴ ۳۰۱ (A) بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): پس از تصفیه هوا، با اعمال فشار، دمای هوا را پیوسته کاهش می‌دهند. با کاهش دمای هوا تا صفر درجه سلسیوس، رطوبت هوا

به صورت یخ از آن جدا می‌شود. عبارت (ب): گاز هلیوم سومین گاز نجیب فراوان در هواکره است.

* توجه ترتیب فراوانی گازهای نجیب در هوای پاک و خشک به صورت $\text{Xe} < \text{Kr} < \text{He} < \text{Ne} < \text{Ar}$ است.

عبارت (پ): در فرایند تقطیر، هر چه نقطه جوش گونه‌ای پایین‌تر باشد، زودتر از دیگر گونه‌ها از مخلوط مایع جدا می‌گردد.

۲ ۳۰۲ (B) عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره در نزدیک‌ترین لایه به زمین (تروپوسفر) قرار دارد. در این لایه به

ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، دما در حدود 6°C افت می‌کند. عبارت (ب): با توجه به شکل، با

افزایش ارتفاع از سطح زمین تا ارتفاع ۸۰ کیلومتری، دما در لایه اول از 14°C به -55°C ، در لایه

دوم از -55°C به $+7^{\circ}\text{C}$ و در لایه سوم از $+7^{\circ}\text{C}$ تا -87°C می‌رسد. در واقع دمای هوا از

سطح زمین تا ارتفاع ۸۰ کیلومتری، سه مرتبه به صفر درجه سلسیوس می‌رسد. عبارت (پ): در فرایند

تهیه هوای مایع، با افزایش تدریجی فشار، با کاهش دمای هوا تا 0°C ، رطوبت هوا به صورت یخ از آن

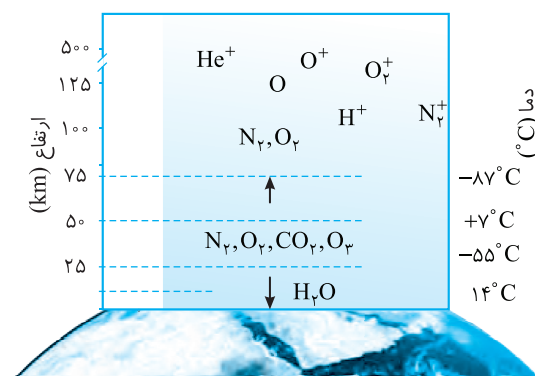
جدا می‌شود و در دمای -78°C گاز کربن دی‌اکسید هوا نیز به حالت جامد درمی‌آید. عبارت (ت):

با سرد کردن هوا تا دمای -200°C مخلوط بسیار سردی از چند مایع (شامل نیتروژن، اکسیژن و آرگون)

پدید می‌آید که به آن هوای مایع می‌گویند. عبارت (ث): در مخلوطی از چند مایع، هر چه نقطه جوش

گونه‌ای پایین‌تر باشد، زودتر از دیگر گونه‌ها از مخلوط مایع جدا می‌شود. از آنجا که هلیوم پایین‌ترین

نقطه جوش را در میان دیگر عنصرها دارد، بنابراین هلیوم اولین گازی است که از ظرف خارج می‌شود.



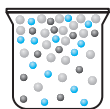
۳ ۳۰۳ (B) عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند، بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): نقطه جوش گاز نیتروژن -196°C است؛ بنابراین در دماهای بالاتر از این دما،

نیتروژن از حالت مایع به گاز تبدیل شده و از هوای مایع جدا می‌شود. عبارت (ب): تهیه اکسیژن صددردصداً خالص در فرایند تقطیر هوای مایع دشوار است، زیرا نقطه

جوش اکسیژن و آرگون به هم نزدیک بوده و جداسازی آن‌ها از هم به طور کامل سخت است. عبارت (پ): نقطه جوش آرگون از هلیوم بیشتر است؛ بنابراین با کاهش

دما، ابتدا آرگون به حالت مایع تبدیل می‌شود. عبارت (ت): در دمای ۸۸ کلوین (معادل -185°C)، فقط اکسیژن دارای حالت مایع است. اکسیژن از مولکول‌های

دو اتمی O_2 تشکیل شده است.



B ۳۰۴ ۴ فراوان‌ترین گاز نجیب هواکره، آرگون با نقطه جوش -186°C و فراوان‌ترین مولکول گازی هواکره، نیتروژن با نقطه جوش -196°C است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینه (۱): ترتیب جداسازی گازها در فرایند تقطیر جزء به جزء هوای مایع به صورت (نیتروژن $\leftarrow$ آرگون $\leftarrow$ اکسیژن) است. **گزینه (۲):** در دمای -80°C اجزای سازنده هوای مایع به صورت روبه‌رو هستند، زیرا نقطه جوش این گازها پایین‌تر از دمای -80°C می‌باشد. **گزینه (۳):** در میان اجزای سازنده هوای مایع، در دمای -200°C ، تنها یک گاز نجیب (آرگون) یافت می‌شود.

B ۳۰۵ ۴ با توجه به دمای ظرف در حالت (۲)، گاز خارج شده نیتروژن می‌باشد که در دما و فشار اتاق به صورت مولکول‌های دواتمی N_2 یافت می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **گزینه (۱):** با توجه به دمای ظرف (۳)، گاز خارج شده آرگون می‌باشد، اما گازی که به کمک جانداران ذره‌بینی در خاک تثبیت می‌شود، گاز نیتروژن است. **گزینه (۲):** گازهای باقی‌مانده در ظرف (۲)، گازهای اکسیژن و آرگون هستند که در لایه تروپوسفر نیز یافت می‌شوند. **گزینه (۳):** در دمای 88K یا -185°C ، گاز اکسیژن همچنان به صورت مایع در ظرف وجود دارد.

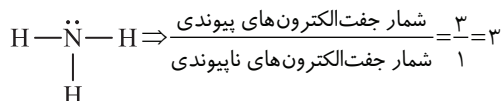
A ۳۰۶ ۱ فقط عبارت (الف) درست است. طی این فرایند دمای هوای مایع به تدریج و به آرامی افزایش می‌یابد. ترتیب خروج گازها به صورت $\text{N}_2 \leftarrow \text{Ar} \leftarrow \text{O}_2$ است. این ترتیب متناسب با جرم مولی این گازها نیست. اولین گازی که خارج می‌شود N_2 است؛ پس با قرار دادن کبریت شعله‌ور در دهانه لوله آزمایش بلافاصله پس از پر کردن آن با هوای مایع، کبریت خاموش می‌شود؛ زیرا اکسیژن به شعله نمی‌رسد. ولی پس از مدتی که تبخیر O_2 آغاز می‌شود، با نزدیک کردن کبریت نیمه‌شعله‌ور به دهانه لوله آزمایش، کبریت شعله‌ور می‌شود؛ زیرا در این لحظه غلظت O_2 زیاد است.

A ۳۰۷ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): گاز کربن دی‌اکسید موجود در فرایند تهیه هوای مایع، در دمای -78°C از حالت گازی به حالت جامد تبدیل شده و از مخلوط گازها جدا می‌شود. عبارت (ب): در هوای پاک و خشک، به جز گازهای نیتروژن و اکسیژن، درصد حجمی سایر گازها کمتر از یک درصد است. عبارت (پ): در این فرایند، نخست بخار آب و سپس گاز کربن دی‌اکسید از مخلوط هوا جدا می‌شود. عبارت (ت): گاز مورد نظر، آرگون است که در هوای پاک و خشک از نظر فراوانی در رتبه سوم قرار دارد.

B ۳۰۸ ۴

نکته ترکیب اگر مخلوطی گازی شامل گازهای A و B باشد که در آن نقطه جوش A از B بیشتر است و بخواهیم آن را به حالت مایع در بیاوریم با کاهش پیوسته دما، نخست گازی به حالت مایع درمی‌آید که نقطه جوش بیشتری دارد؛ بنابراین تبدیل A به مایع با صرف انرژی و هزینه کمتری نسبت به B همراه است. از طرفی اگر بخواهیم دمای این مخلوط را در حالت مایع به طور پیوسته افزایش دهیم، نخست گازی از مخلوط جدا می‌شود که نقطه جوش کمتری داشته باشد؛ بنابراین در حالت مایع، B زودتر از A به گاز تبدیل می‌شود.

همه عبارت‌ها درست هستند. نقطه جوش نیتروژن، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر -196°C ، -186°C و -183°C درجه سلسیوس است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): با کاهش دما در مخلوط گازی، گونه‌ای که نقطه جوش بالاتری دارد زودتر به حالت مایع تبدیل می‌گردد. پس با کاهش دما به ترتیب گازهای اکسیژن، آرگون و نیتروژن به حالت مایع درمی‌آیند. عبارت (ب): با توجه به دمای ظرف در حالت ۳، اکسیژن همچنان به حالت مایع در ظرف وجود دارد. این گاز حدود ۲۱٪ حجمی هوای خشک و پاک را تشکیل می‌دهد. عبارت (پ): با توجه به دمای ظرف در حالت ۲، گاز نیتروژن از ظرف خارج شده است. از گاز نیتروژن در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی و برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود. عبارت (ت): تهیه اکسیژن صددرصد خالص در این فرایند دشوار است، زیرا نقطه جوش آن نزدیک به آرگون است. عبارت (ث): با توجه به دمای ظرف در حالت ۲، گاز نیتروژن از ظرف خارج می‌شود. سبک‌ترین نافلز جدول تناوبی، هیدروژن است. ساده‌ترین ترکیب این عنصر با نیتروژن به صورت NH_3 می‌باشد.

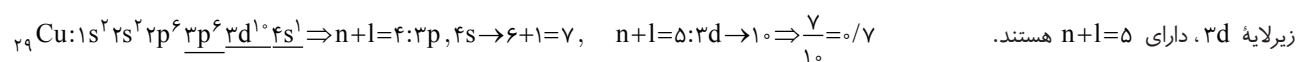


B ۳۰۹ ۱ در فرایند تقطیر جزء به جزء هوای مایع با دمای -200°C ، ابتدا گاز نیتروژن (با دمای جوش -196°C)، سپس گاز آرگون (با دمای جوش -186°C) و در نهایت گاز اکسیژن (با دمای جوش -183°C) از ظرف خارج می‌شود. پس می‌توان گفت عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

- گلوله‌های قرمز رنگ، نماینده گاز اکسیژن هستند، زیرا آخرین عنصر باقی‌مانده در ظرف است.
- مخلوط گازها با دمای -200°C ، حالت مایع دارد.
- گلوله‌های سبز رنگ، نماینده گاز آرگون بوده و گلوله‌های سبز، نماینده گاز نیتروژن هستند.
- در حالت (۲)، مولکول‌های نیتروژن به حالت گازی و مولکول‌های اکسیژن و اتم‌های آرگون به حالت مایع هستند.

B ۳۱۰ ۳ کریپتون (Kr ، ۳۶)، چهارمین گاز نجیب فراوان در بین گازهای تشکیل‌دهنده هوای پاک و خشک است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **گزینه (۱):** تغییرات آب و هوایی در لایه تروپوسفر رخ می‌دهد. حدود ۷۵ درصد از جرم هواکره، در نزدیک‌ترین لایه به زمین، یعنی تروپوسفر قرار دارد. **گزینه (۲):** در مخلوط هوای مایع، گاز نیتروژن کمترین نقطه جوش را دارد. جرم مولی گونه‌های تشکیل‌دهنده هوای مایع به ترتیب برابر $\text{N}_2 = 28$ ، $\text{O}_2 = 32$ ، $\text{Ar} = 40$ ؛ g.mol^{-1} می‌باشد. **گزینه (۴):** در فرایند تهیه هوای مایع با دمای -200°C و تقطیر جزء به جزء آن سه جزء N_2 ، Ar و O_2 ابتدا میعان و سپس تبخیر می‌شوند.

C ۳۱۱ ۲ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: الکترون‌های زیرلایه‌های $3p$ و $4s$ ، دارای $n+l=4$ بوده و الکترون‌های



عبارت دوم: نخستین عنصر از جدول تناوبی که از قاعده آفای پیروی نمی‌کند، Cr ، ۲۴ است. این عنصر در دوره ۴ و گروه ۶ جدول تناوبی قرار دارد. شماره گروه عنصر Ni ، ۲۸، برابر ۱۰ است. **عبارت سوم:** در دوره دوم، یون‌های تک‌اتمی Li^+ ، N^{3-} ، O^{2-} ، F^- و در تناوب سوم یون‌های تک‌اتمی Na^+ ، Mg^{2+} ، Al^{3+} ، P^{3-} ، S^{2-} و Cl^- وجود دارند.

$$\frac{6}{4} = 1.5$$

عبارت چهارم: آرایش الکترون-نقطه‌ای $\ddot{\text{X}}^{\cdot\cdot}$ مربوط به عناصر گروه ۱۵ است. عدد اتمی عنصری از دوره چهارم که در گروه ۱۵ قرار دارد، ۳۳ است. $(\begin{smallmatrix} 33 \\ 11 \end{smallmatrix})$ عنصری با عدد اتمی ۱۱، سدیم است که در گروه ۱ قرار دارد و آرایش الکترون-نقطه‌ای آن به صورت X است. **عبارت پنجم:** مولکول‌های سازنده هوای مایع Ar ، N_2 و O_2 است. در این مخلوط یک گاز تک‌اتمی وجود دارد.

C ۳۱۲ ۲ عبارتهای (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** دمای جوش نیتروژن، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر با -196°C ، -186°C و -183°C است؛ بنابراین آرگون پس از نیتروژن دومین جزئی است که از هوای مایع خارج می‌شود. **عبارت (ب):** در طیف نشری خطی اتم هیدروژن نور آبی مربوط به انتقال الکترون از لایه $n=4$ به لایه $n=2$ است. لایه چهارم از ۴ زیرلایه $4s$ ، $4p$ ، $4d$ و $4f$ تشکیل شده است. در عناصر دسته p تناوب پنجم زیرلایه‌های $4s$ ، $4p$ و $4d$ به طور کامل الکترون گرفته‌اند ولی زیرلایه $4f$ هنوز خالی از الکترون است؛ بنابراین در عناصر دسته p دوره پنجم، لایه الکترونی چهارم هنوز گنجایش ۱۴ الکترون دیگر را دارد. **عبارت (پ):** اولین عنصری از جدول تناوبی که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند و آرایش الکترونی آن به کمک روش طیف‌سنجی پیشرفته تعیین می‌شود، عنصر Cr ۲۴ است. این عنصر در دوره ۴ و گروه ۶ قرار دارد؛ بنابراین مجموع شماره دوره و گروه آن برابر ۱۰ است. زیرلایه d با $l=2$ گنجایش ۱۰ الکترون را دارد. این زیرلایه از تناوب چهارم به بعد شروع به الکترون‌گیری می‌کند و در واقع عناصر واسطه تناوب چهارم اولین عنصری هستند که در آن‌ها زیرلایه d الکترون می‌گیرد. (زیرلایه $3d$) **عبارت (ت):** بر طبق قاعده آفبا ترتیب پُر شدن این چهار زیرلایه به صورت $4s \leftarrow 3d \leftarrow 4p \leftarrow 5d$ است. تصویر نشان‌دهنده شده در سؤال مربوط به گاز آرگون است که در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود.

A ۳۱۴ ۱ فقط عبارت پنجم نادرست است. **بررسی عبارت پنجم:** هلیوم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به‌طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد؛ از این‌رو، منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید هلیوم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند.

A ۳۱۵ ۱ سبک‌ترین گاز نجیب، عنصر هلیوم است؛ بنابراین عبارتهای (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** درصد حجمی این گاز در میدان‌های گاز طبیعی بیشتر از هواکره می‌باشد؛ بنابراین تهیه آن از تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی مقرون به صرفه‌تر است. **عبارت (ب):** هلیوم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود. البته مقدار هلیوم در میدان‌های گازی گوناگون، متفاوت است.

B ۳۱۶ ۱

نکته ترکیبی مقایسه گازهای هلیوم و آرگون:

- شباهت‌ها: ۱- هر دو جزء گازهای نجیب (گروه ۱۸) هستند. ۲- از هر دو در جوشکاری استفاده می‌شود. ۳- هر دو گازهایی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی هستند.
- ۴- هر دو از اجزای سازنده هواکره و جزء هشت عنصر فراوان سازنده سیاره مشتری هستند. ۵- هر دو به صورت گازهای تک‌اتمی یافت می‌شوند.
- تفاوت‌ها: ۱- منبع سرشار تهیه گاز آرگون، هواکره است؛ در حالی که منابع سرشار تهیه گاز هلیوم میدان‌های گاز طبیعی هستند. ۲- هلیوم در ژرفای زمین طی واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شود؛ در حالی که آرگون به علت اندازه بزرگ هسته، فقط در ستاره‌ها قابل تولید است. ۳- آرگون در ایران با خلوص بالا از تقطیر جزء به جزء هوا تولید می‌شود، در حالی که استخراج هلیوم از هواکره به صرفه نیست و فناوری استخراج آن از گاز طبیعی بسیار پیشرفته بوده و در ایران وجود ندارد. ۴- آرگون عنصری با ۸ الکترون ظرفیت ($\ddot{\text{Ar}}:$) و از دسته p است، در حالی که هلیوم عنصری با ۲ الکترون ظرفیت (He) و از دسته s عناصر جدول تناوبی است.

گازهای هلیوم و آرگون هر دو جزء گازهای نجیب بوده و در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار دارند. **بررسی موارد: مورد اول:** هر دو این عنصرها بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی هستند. **مورد دوم:** این دو گاز در ایجاد محیط بی‌اثر در جوشکاری کاربرد دارند. **مورد سوم:** گاز هلیوم برخلاف سایر عنصرهای این گروه دارای آرایش هشت‌تایی پایدار در لایه ظرفیت خود نبوده و دارای آرایش الکترونی دوتایی پایدار است. **مورد چهارم:** هر دو این گازها جزء گازهای نجیب بوده و به مقدار بسیار کمی در هواکره یافت می‌شوند.

*** توجه:** مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند.

مورد پنجم: هلیوم و آرگون هر دو جزء گازهای غیرسمی هستند. **مورد ششم:** نقطه جوش هلیوم و آرگون به ترتیب برابر -269°C و -186°C است؛ پس در هوای مایع با دمای -200°C ، هلیوم برخلاف آرگون وجود ندارد.

A ۳۱۷ ۳ واژه آرگون به معنای تنبل است؛ زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند. **گزینه (۲):** یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیوم تشکیل می‌دهد. **گزینه (۴):** جداسازی هلیوم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون موفق به جداسازی و تهیه آن نشده‌اند و همچنان، هلیوم از دیگر کشورها وارد می‌شود.

B ۳۱۸ ۴ گازی که در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود، گاز آرگون است. همچنین گازی که در پر کردن بالن‌های هواشناسی کاربرد دارد، گاز هلیوم است. هر دو این گازها، گاز نجیب بوده و تنها به‌صورت تک‌اتمی در طبیعت یافت می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** هلیوم موجود در گاز طبیعی به همراه سایر فراورده‌های سوختن، بدون تغییر وارد هواکره می‌شود. **گزینه (۲):** آرگون جزء گازهای نجیب است. مقدار گازهای نجیب در هواکره بسیار کم است. از این‌رو به گازهای کمیاب نیز معروف هستند. **گزینه (۳):** هلیوم، گازی از هواکره با دمای جوش 4K یا -269°C است و در دسته s قرار دارد.

B ۳۱۹ ۳ عبارتهای اول، دوم و چهارم نادرست هستند. دومین عنصر فراوان سیاره مشتری، هلیوم است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** هلیوم در هواکره به مقدار خیلی کم یافت می‌شود. این در حالی است که مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد؛ از این‌رو منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید آن در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. **عبارت دوم:** از گاز آرگون به‌عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری و برش فلزها و تولید لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. **عبارت سوم:** نقطه جوش هلیوم پایین‌تر از -200°C بوده و در مخلوط هوای مایع با دمای -200°C وجود ندارد. همان‌طور که می‌دانید، در فرایند تولید هوای مایع، کربن دی‌اکسید در دمای -78°C ، به صورت جامد از هوا جدا می‌شود و در مخلوط هوای مایع وجود ندارد. **عبارت چهارم:** هلیوم را می‌توان افزون‌بر هوای مایع، از تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی نیز به‌دست آورد که این کار به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد.

۳۲۰ A عبارات‌های (الف) و (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نقطه جوش نیتروژن برابر 196°C - است. هوای مایع با دمای 192°C - دارای دو عنصر اکسیژن و آرگون به صورت مایع است. **عبارت (ب):** جداسازی هلیوم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. متخصصان کشورمان تاکنون موفق به جداسازی و تهیه آن نشده‌اند. **عبارت (پ):** هلیوم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد؛ از این رو، منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر بوده و برای تولید هلیوم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. هلیوم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. **عبارت (ت):** نقطه جوش هلیوم برابر با 269°C - است، پس در دمای 200°C - دارای حالت فیزیکی گازی است.

۳۲۱ B عبارات‌های (الف) و (پ) درست هستند. باتوجه به نقطه جوش مواد داده شده، A، B و C به ترتیب گازهای اکسیژن (O_2)، آرگون (Ar) و هلیوم (He) هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** گاز آرگون در هوای پاک و خشک در رتبه سوم از نظر درصد حجمی قرار دارد. آرگون و هلیوم هر دو در جوشکاری کاربرد دارند. **عبارت (ب):** گاز اکسیژن برخلاف بخار آب، علاوه بر تروپوسفر در لایه‌های بالاتر هواکره نیز وجود دارد. **عبارت (پ):** هلیوم به عنوان سبک‌ترین گاز نجیب، گازی بی‌رنگ و بی‌بو است که مهم‌ترین کاربرد آن استفاده برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI است. **عبارت (ت):** فراوان‌ترین گاز هواکره نیتروژن است که برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود.

۳۲۲ C عبارات‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نیتروژن (N_2) سبک‌ترین عنصری از تناوب دوم جدول است که در دما و فشار اتاق به صورت مولکول‌های گازی دواتمی (N_2) است. در آرایش الکترون - نقطه‌ای این اتم ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$)، ۳ الکترون جفت‌نشده وجود دارد. *** توجه:** در میان عناصر دوره دوم جدول تناوبی، N ، O و F در دما و فشار اتاق به صورت مولکول‌های گازی دواتمی یافت می‌شوند. آخرین عنصر این دوره، (Ne) یک گاز نجیب بوده و در دما و فشار اتاق به صورت گاز تک‌اتمی است.

عبارت (ب): گاز نیتروژن فراوان‌ترین گاز موجود در لایه تروپوسفر است. این گاز در لایه‌های بالاتر هواکره نیز یافت می‌شود. **عبارت (پ):** کروم (Cr) سبک‌ترین عنصری است که از قاعده آفا پیروی نمی‌کند. در آرایش الکترونی اتم کروم، ۱۳ الکترون با $n=3$ وجود دارد: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ Cr . نخستین عنصری که می‌تواند کاتیون پایدار ۳ بار مثبت ایجاد کند، آلومینیم (Al) با عدد اتمی ۱۳ است. **عبارت (ت):** فقط هلیوم در آرایش الکترون - نقطه‌ای خود تنها ۲ الکترون جفت‌شده دارد (He). این گاز از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. **عبارت (ث):** مقایسه فراوانی گازهای نجیب هواکره، به صورت « $\text{Ar} < \text{Ne} < \text{He} < \text{Kr} < \text{Xe}$ » است. این مقایسه را به خاطر بسپارید!

۳۲۳ A اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهنده هواکره است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است به طوری که بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مانند فرسایش سنگ و صخره، زنگ زدن، فساد مواد غذایی و ... که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. این عنصر در آب کره در ساختار مولکول‌های آب و در زیست کره در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها یافت می‌شود. گاز اکسیژن در هواکره به طور عمده به شکل مولکول‌های دواتمی وجود دارد. هر چند مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هواکره با هم تفاوت دارد.

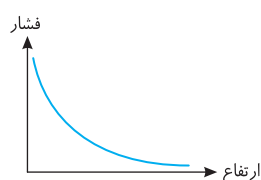
۳۲۴ B عبارات‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به جدول داده شده، نمودار فشار اکسیژن هوا بر حسب ارتفاع از سطح زمین به صورت خطی نیست. **عبارت (ب):** با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار گاز اکسیژن کاهش می‌یابد، به همین دلیل کوهنوردان به هنگام صعود به ارتفاعات کمپول اکسیژن حمل می‌کنند. **عبارت (پ):** با توجه به جدول داده شده در صورت تست، فشار گاز اکسیژن در ارتفاع ۲/۴ کیلومتری از سطح زمین برابر با $15/4 \times 10^{-2}$ اتمسفر می‌باشد، پس فشار گاز اکسیژن در ارتفاع ۲/۵ کیلومتری از سطح زمین کمی کمتر از این مقدار باشد؛ بنابراین فشار $15/2 \times 10^{-2}$ اتمسفر برای گاز اکسیژن در این ارتفاع قابل قبول است. **عبارت (ت):** فشار گاز اکسیژن در سطح زمین و در ارتفاع ۳ کیلومتری از سطح زمین به ترتیب برابر با $20/9 \times 10^{-2}$ و $14/3 \times 10^{-2}$ اتمسفر است، پس نسبت بیان شده حدوداً برابر با ۱/۴۶ خواهد بود.

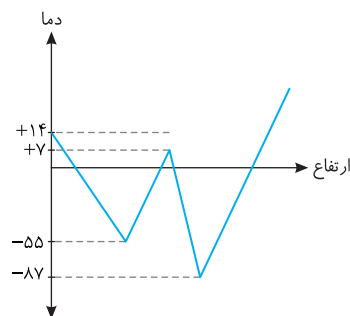
۳۲۵ A اکسیژن در کره زمین در ترکیب‌های خود به هر سه صورت جامد (مانند SiO_2)، مایع (مانند H_2O) و گاز (مانند O_3 ، O_2 و CO_2 ...) یافت می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای هواکره است. در سنگ کره به شکل اکسیدهای گوناگون، در آب کره در ساختار مولکول‌های آب و در زیست کره در ساختار همه مولکول‌های زیستی یافت می‌شود. **گزینه (۲):** بسیاری از واکنش‌های شیمیایی پیرامون ما، به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. **گزینه (۴):** فلزهایی مانند طلا و پلاتین به حالت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند و با اکسیژن واکنش نمی‌دهند.

۳۲۶ A عبارات‌های (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف):** با افزایش ارتفاع در هواکره، فشار گاز اکسیژن کاهش می‌یابد؛ اما درصد حجمی این گاز در هوا ثابت است. در واقع با افزایش ارتفاع، فشار و غلظت گاز اکسیژن در هواکره افت می‌کند؛ اما درصد حجمی یا مولی آن ثابت است. **عبارت (ب):** کربوهیدرات‌ها جزء مولکول‌های زیستی بوده و در ساختار خود دارای اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن می‌باشند. توجه داشته باشید که هیدروکربن‌ها فقط شامل عناصر کربن و هیدروژن هستند و در ساختار خود اکسیژن ندارند.

۳۲۷ B فقط همه کاربردهای ذکر شده برای هلیوم درست است. از هلیوم، افزون بر پر کردن بالن‌های هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی در جوشکاری، کمپول غواصی و مهم‌تر از همه، برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI استفاده می‌شود. **بررسی سایر مولکول‌ها: آرگون:** خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی از کاربردهای گاز هلیوم است. **نیتروژن:** ساخت لامپ رشته‌ای و ایجاد محیط بی‌اثر هنگام جوشکاری و برش فلزها از جمله کاربردهای گاز آرگون است. **اکسیژن:** پر کردن تایر خودروها از کاربردهای گاز نیتروژن است. **هیدروژن:** سبک‌ترین مولکول‌های دواتمی (H_2) را دارد و در ارتفاعات بالاتر از ۷۵km هواکره، به شکل H^+ وجود دارد.

۳۲۸ B هلیوم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیوم تشکیل می‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** طی فرایند تقطیر جزء به جزء هوا، مایع، با افزایش تدریجی دما به ترتیب گازهای N_2 ، Ar و O_2 از مخلوط خارج می‌شوند. مقایسه فراوانی این گازها در هواکره به صورت « $\text{Ar} < \text{O}_2 < \text{N}_2$ » است. **گزینه (۲):** اگرچه با افزایش ارتفاع، فشار هوا پیوسته کاهش می‌یابد اما رابطه آن با ارتفاع از سطح زمین به صورت خطی نیست. **گزینه (۴):** اکسیژن در ساختار همه مولکول‌های زیستی یافت می‌شود. فراوان‌ترین ترکیب در هوای پاک و خشک، کربن دی‌اکسید (CO_2) است که در ساختار خود دارای عناصر کربن و اکسیژن می‌باشد.





۳۲۹ (C) عبارتهای (ب) و (پ) درست است. بررسی عبارتهای (الف): نمودار تغییرات دما در هواکره به صورت مقابل است. بنابراین در نمودار داده شده، اندازه C باید بیشتر از a باشد. منظور از اندازه a، فاصله a تا محور افقی و منظور از اندازه C، فاصله C تا محور افقی نمودار است. نمودار B به درستی تغییرات فشار O_2 را در هواکره برحسب افزایش ارتفاع نشان می‌دهد. فشار در سطح دریا برابر 1 atm است. از آنجا که حدود 21% مولی هوا را O_2 تشکیل می‌دهد، پس فشار O_2 در سطح آب‌های آزاد برابر 0.21 atm است و با افزایش ارتفاع به تدریج کاهش می‌یابد. **عبارت (ب):** در لایه‌های بالایی هواکره گونه‌های N_2^+ ، O_2^+ ، O^+ ، He^+ ، H^+ ، O ، O_2 و N_2 یافت می‌شوند.

گونه	N_2^+	O_2^+	O^+	He^+	H^+	O	O_2	N_2
شمار الکترون‌های ظرفیت	۹	۱۱	۵	۱	۰	۶	۱۲	۱۰

عبارت (پ): ابتدا فشار هوا در ارتفاع ۳ کیلومتری را به دست می‌آوریم:

$$1 \text{ atm} \xrightarrow[20\% \text{ کاهش}]{1 \text{ km}} 0.8 \text{ atm} \xrightarrow[20\% \text{ کاهش}]{1 \text{ km}} 0.64 \text{ atm} \xrightarrow[20\% \text{ کاهش}]{1 \text{ km}} 0.512 \text{ atm}$$

اکنون با توجه به اینکه گاز اکسیژن حدوداً ۲۱ درصد حجمی هوا را تشکیل می‌دهد فشار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$0.512 \text{ atm} \times \frac{21}{100} = 0.10752 \text{ atm} \approx 0.1 \text{ atm}$$

عبارت (ت): ترتیب فراوانی گازهای نجیب در سیاره مشتری به صورت «Ne < Ar < He» و در هواکره به صورت «He < Ne < Ar» است.

۳۳۰ (A) عبارتهای (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای نادرست: عبارت (ب): برخی فلزات همانند نافلزات می‌توانند در ترکیب با اکسیژن، اکسیدهای گوناگونی ایجاد کنند. برای مثال فلز آهن (Fe) از دسته d جدول تناوبی به ترتیب دارای اکسیدهای FeO و Fe_2O_3 است. **عبارت (ت):** دقت کنید که ترکیب بوکسیت، شامل Al_2O_3 به همراه ناخالصی یافت می‌شود.

۳۳۱ (B) شکل (۱)، سنگ معدن آلومینیم، شکل (۲)، سیلیس و شکل (۳) سنگ معدن آهن (حاوی FeO و Fe_2O_3) را نشان می‌دهد. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): عنصر آلومینیم تنها یک ظرفیت (+۳) دارد، به همین دلیل تنها توانایی تشکیل یک نوع اکسید (Al_2O_3) را دارد. **گزینه (۲):** عنصر سیلیسیم دومین عنصر از گروه ۱۴ جدول تناوبی است که در دوره سوم این جدول قرار دارد. **گزینه (۳):** شکل (۳) سنگ معدن آهن را که حاوی دو اکسید FeO و Fe_2O_3 است نشان می‌دهد. فلز آهن در دوره چهارم جدول تناوبی قرار داشته و جزء عنصرهای دسته d محسوب می‌شود. **گزینه (۴):** نسبت شمار آنیون به کاتیون در دو ترکیب Al_2O_3 از شکل (۱) و Fe_2O_3 از شکل (۳) یکسان و برابر $\frac{3}{2}$ است.

۳۳۲ (B) به جز عبارت اول، سایر عبارتهای درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): دقت کنید که با توجه به متن کتاب درسی، اکسیژن در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها وجود دارد. **عبارت دوم:** با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا کاهش پیدا کرده و در نتیجه شمار مولکول‌های اکسیژن موجود در واحد حجم هوا نیز کاهش می‌یابد. کوهنوردان برای جبران این کاستی اکسیژن، از کپسول‌های حاوی گاز O_2 استفاده می‌کنند. **عبارت سوم:** فلز آلومینیم در طبیعت به شکل ترکیب بوکسیت، یعنی Al_2O_3 به همراه ناخالصی یافت می‌شود. در هر واحد فرمولی از آلومینیم اکسید، ۳ آنیون (O^{2-}) و ۲ کاتیون (Al^{3+}) وجود دارد؛ بنابراین نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در این ترکیب برابر $\frac{3}{2}$ خواهد بود. همچنین از آنجایی که این ترکیب تنها از دو نوع عنصر تشکیل شده؛ بنابراین ترکیب یونی دوتایی محسوب می‌شود. **عبارت چهارم:** آهن دارای دو اکسید FeO و Fe_2O_3 می‌باشد. در هر واحد فرمولی Fe_2O_3 ، ۵ یون (3 آنیون O^{2-} و ۲ کاتیون Fe^{3+}) یافت می‌شود. درصد جرمی آهن در این ترکیب به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\%Fe = \frac{\text{جرم Fe}}{\text{جرم مولی } Fe_2O_3} \times 100 = \frac{2 \times 56}{160} \times 100 = 70\%$$

$$Fe_2O_3 \text{ جرم مولی } = 2 \times (56) + 3 \times (16) = 112 + 48 = 160 \text{ g.mol}^{-1}$$

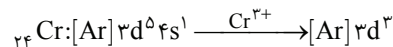
۳۳۳ (A) در موارد سوم و پنجم، نام یا فرمول شیمیایی هر دو ترکیب نادرست است. بررسی موارد: مورد اول: هر دو نام ذکر شده صحیح هستند. **مورد دوم:** نام درست ترکیب دوم، مس (I) اکسید است. **مورد سوم:** نام صحیح ترکیب‌ها به ترتیب به صورت آهن (II) سولفید و کروم (II) فسفید است. **مورد چهارم:** نام درست ترکیب نخست، آهن (III) نیتريد است. **مورد پنجم:** فرمول صحیح کبالت (II) دیدید به صورت CoI_2 و نام صحیح ترکیب K_3N ، پتاسیم نیتريد است.

۳۳۴ (B) ترکیب $CuSO_4$ دارای یون‌های Cu^{2+} و MnO_4^{2-} و ترکیب $Ca(ClO_4)_2$ از یون‌های Ca^{2+} و ClO_4^- تشکیل شده است. بنابراین فرمول شیمیایی یون‌های منگنات و پرکلرات به ترتیب به صورت MnO_4^{2-} و ClO_4^- است. مس دارای یون‌های Cu^{2+} و Cu^+ و کروم دارای یون‌های Cr^{3+} و Cr^{2+} است. همچنین فلزات منیزیم و سدیم به ترتیب یون‌های Mg^{2+} و Na^+ را ایجاد می‌کنند. فرمول شیمیایی همه ترکیبات به جز Na_2ClO_4 درست است. فرمول شیمیایی سدیم پرکلرات به صورت $NaClO_4$ است.

۳۳۵ (B) برخی فلزها مانند طلا و پلاتین به صورت آزاد در طبیعت وجود دارند.

★ نکته لیست فلزات براساس تنوع کاتیون‌های پایدار: کتاب درسی در بخش‌های مختلف به بار الکتریکی کاتیون‌های مختلف می‌پردازد. در زیر همه این مطالب را یکجا آورده‌ایم: **(الف)** عناصر گروه‌های ۱ و ۲ به ترتیب کاتیون‌های $(1+)$ و $(2+)$ تشکیل می‌دهند (بریلیم (Be) یون تشکیل نمی‌دهد). **(ب)** عناصر گروه ۱۳ کاتیون‌های با بار $(3+)$ تشکیل می‌دهند (بور (B) یون تشکیل نمی‌دهد). **(پ)** عناصر گروه ۳، فقط کاتیون‌های $(3+)$ تشکیل می‌دهند. **(ت)** عناصر Fe ، Cr ، V و Ni در ترکیب با دیگر عنصرها، دو نوع کاتیون با بارهای $(2+)$ و $(3+)$ تشکیل می‌دهند. **(ث)** مس (Cu) در ترکیب با دیگر عنصرها، کاتیون‌های $(1+)$ و $(2+)$ تشکیل می‌دهد. **(ج)** روی (Zn) و نقره (Ag) در ترکیبات خود به ترتیب به صورت Zn^{2+} و Ag^+ یافت می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۲):** فرمول شیمیایی ترکیب مس (I) سولفید به صورت Cu_3S است که هر واحد آن شامل سه اتم است که یکی از آن‌ها اتم گوگرد است، پس نسبت شمار اتم‌های گوگرد به شمار کل اتم‌ها در ترکیب مس (I) سولفید برابر $\frac{1}{3}$ است. **گزینه (۳):** به ازای تشکیل یک مول از ترکیب یونی کروم (II) اکسید با فرمول شیمیایی CrO ، ۲ مول الکترون میان اتم‌های کروم و اکسیژن مبادله می‌شود. **گزینه (۴):** کاتیون سازنده ترکیب کروم (III) اکسید، Cr^{3+} است. با توجه به آرایش الکترونی این کاتیون، در بیرونی‌ترین زیر لایه این کاتیون، ۳ الکترون وجود دارد.



۳۳۶ B عبارتهای اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارتهای اول:** فرمول شیمیایی مس (I) نیتريد به صورت Cu_3N است که در آن ۴ یون و ۲ عنصر وجود دارند، پس نسبت شمار یون‌ها به شمار عنصرها در این ترکیب برابر با ۲ می‌باشد. **عبارت دوم:** آهن دارای دو نوع یون پایدار با بار الکتریکی (+۲) و (+۳) است، پس فرمول شیمیایی اکسید با ظرفیت بالاتر آن به صورت Fe_2O_3 است که در آن نسبت شمار آنیون به کاتیون برابر با ۱/۵ می‌باشد. **عبارت سوم:** فرمول شیمیایی آهن (II) سولفید به صورت FeS است که در هر واحد فرمولی آن یک آنیون و یک کاتیون وجود دارد. **عبارت چهارم:** در هر واحد فرمولی از ترکیب کروم (III) سولفید با فرمول شیمیایی Cr_2S_3 ، آنیون (سولفید) وجود دارد؛ در حالی که در هر واحد فرمولی از ترکیب مس (I) اکسید با فرمول شیمیایی Cu_2O ، ۲ کاتیون (مس) وجود دارد. **عبارت پنجم:** با توجه به اینکه ظرفیت عنصر اکسیژن در واکنش با فلزها ثابت بوده و اغلب برابر با (-۲) است، پس فلز M نیز باید توانایی تشکیل یون پایدار با بار (+۲) را داشته باشد. در میان عنصرهای داده شده عنصر آلومینیم توانایی تشکیل چنین یونی را ندارد. این عنصر در ترکیب‌های یونی تنها می‌تواند کاتیون پایدار با بار (+۳) تولید کند. *** توجه:** فلز مس دارای دو ظرفیت متداول (+۱) و (+۲) و فلزهای کروم و آهن دارای دو ظرفیت متداول (+۲) و (+۳) هستند.

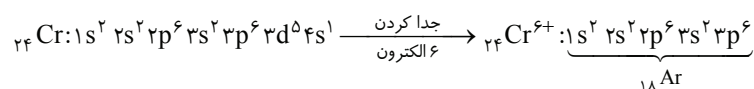
۳۳۷ C نخست مقادیر ذکر شده در هر گزینه را محاسبه می‌کنیم: **گزینه (۱):** فرمول شیمیایی آهن (III) اکسید به صورت Fe_2O_3 است، پس در ۱/۲ مول از این ترکیب، ۲/۴ مول کاتیون یافت می‌شود. **گزینه (۲):** فرمول شیمیایی مس (I) اکسید به صورت Cu_2O است، پس در ۲/۲ مول از این ترکیب، ۲/۲ مول اتم اکسیژن یافت می‌شود. **گزینه (۳):** فرمول شیمیایی آلومینیم فلئوئورید به صورت AlF_3 است. در این ترکیب هر اتم آلومینیم با از دست دادن ۳ الکترون و انتقال آن به ۳ اتم فلئور، ترکیب آلومینیم فلئوئورید تشکیل می‌شود؛ بنابراین برای تشکیل ۹/۰ مول آلومینیم فلئوئورید، ۲/۷ مول الکترون میان فلز و نافلز مبادله می‌شود. **گزینه (۴):** فرمول شیمیایی کروم (III) سولفید به صورت Cr_2S_3 است، پس در ۵/۰ مول از این ترکیب، ۲/۵ مول یون وجود دارد. با توجه به مقادیر به دست آمده در هر گزینه، مقدار ذکر شده در گزینه (۳) بیشتر از سایر گزینه‌ها است.

۳۳۸ B پاسخ درست هر سه پرسش در گزینه (۴) آمده است. **بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف):** در میان ترکیب‌های داده شده، تنها به ازای تشکیل یک مول کروم (III) اکسید با فرمول شیمیایی Cr_2O_3 ، ۶ مول الکترون میان اتم‌ها مبادله می‌شود. **پرسش (ب):** نسبت شمار آنیون‌ها به کاتیون‌ها در ترکیب مس (II) فلئوئورید (CuF_2) با نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها در ترکیب سدیم سولفید (Na_2S) یکسان و برابر با ۲ می‌باشد. نسبت شمار آنیون‌ها به شمار کاتیون‌ها در ترکیب آهن (III) نیتريد (FeN) با نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها در ترکیب مس (I) برمید (CuBr) یکسان و برابر با یک است. **پرسش (پ):** تعداد اتم‌های اکسیژن در یک واحد فرمولی سیلیس (SiO_2) با شمار کاتیون‌ها در یک واحد فرمولی سدیم سولفید (Na_2S) برابر است.

۳۳۹ B عبارتهای اول، دوم و سوم درست هستند. عنصر مورد نظر ${}_{24}\text{Cr}$ بوده و آرایش الکترونی آن به صورت مقابل است: ${}_{24}\text{Cr}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ **بررسی عبارتهای اول:** کروم در ترکیب‌های خود با دیگر عنصرها، اغلب به صورت کاتیون‌های Cr^{2+} و Cr^{3+} وجود دارد. **عبارت دوم:** آرایش الکترونی فشرده و آرایش لایه ظرفیت عنصر کروم (${}_{24}\text{Cr}$) و عنصر X که همان گوگرد (${}_{16}\text{S}$) است، به صورت زیر می‌باشد:



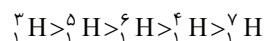
عبارت سوم: در اتم ${}_{24}\text{Cr}$ ، با جداسازی ۶ الکترون (الکترون‌های زیرلایه‌های $4s$ و $3d$)، یونی با آرایش الکترونی اتم گاز نجیب آرگون (${}_{18}\text{Ar}$) به دست می‌آید.



عبارت چهارم: آرایش الکترونی دو عنصر ${}_{24}\text{Cr}$ و ${}_{25}\text{Z}$ به صورت مقابل است: ${}_{25}\text{Z}:[\text{Ar}]\text{3d}^5\text{4s}^2$ **لایه ظرفیت**

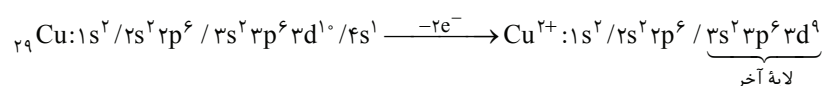
آرایش الکترونی لایه ظرفیت عنصر ${}_{24}\text{Cr}$ با آرایش الکترونی لایه ظرفیت عنصر ${}_{25}\text{Z}$ مشابه نیست.

۳۴۰ C عبارتهای اول و چهارم درست هستند. **بررسی عبارتهای اول:** هیدروژن دارای هفت ایزوتوپ است که از بین آن‌ها، ایزوتوپ‌های ${}^1_1\text{H}$ ، ${}^2_1\text{H}$ ، ${}^3_1\text{H}$ و ${}^4_1\text{H}$ ناپایدار بوده و خاصیت پرتوزایی دارند. به همین دلیل رادیوایزوتوپ محسوب می‌شوند. مقایسه نیم عمر این رادیوایزوتوپ‌ها به صورت زیر است:



*** توجه:** دقت کنید که هیچ نظم مشخصی میان نیم عمر ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر و شمار نوترون‌های آن‌ها وجود ندارد.

عبارت دوم: مدل بور توانست با موفقیت طیف نشری هیدروژن را توجیه کند اما توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عنصرها را نداشت. دانشمندان به دنبال توجیه طیف نشری خطی دیگر عنصرها، ساختاری لایه‌ای (کوانتومی) را برای اتم ارائه کردند. **عبارت سوم:** لایه ظرفیت یک اتم، لایه‌ای است که الکترون‌های آن، رفتار شیمیایی اتم را تعیین می‌کند. لایه ظرفیت عناصر دسته s، p و d به ترتیب به صورت ns، np و ns (n-۱) می‌باشد؛ بنابراین در عناصر دسته d جدول تناوبی، لایه ظرفیت شامل لایه آخر الکترونی و زیرلایه d از لایه ماقبل آخر می‌شود. **عبارت چهارم:** فرمول شیمیایی ترکیب مس (II) سولفید به صورت CuS بوده و در آن عنصر مس به صورت کاتیون Cu^{2+} وجود دارد. آرایش الکترونی ${}_{29}\text{Cu}$ و ${}_{29}\text{Cu}^{2+}$ به صورت زیر است:



طول موج (nm)	۶۵۶	۴۸۶	۴۳۴	۴۱۰

بنابراین شمار الکترون‌های موجود در لایه آخر Cu^{2+} برابر ۱۷ ($2+6+9$) خواهد بود.
عبارت پنجم: طیف نشری خطی هیدروژن در بخش مرئی دارای ۴ خط با طول موج‌های ۴۱۰، ۴۳۴، ۴۸۶ و ۶۵۶ نانومتر است؛ بنابراین با کاهش طول موج، تراکم خطوط طیفی در طیف نشری خطی آن بیشتر شده و خط‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند.

۳۴۱ (C) ۱ عبارت‌های (الف) و (ث) درست هستند. عنصر آهن، یون‌های پایدار با بار الکتریکی $(+2)$ و $(+3)$ و عنصر مس، یون‌های پایدار با بار الکتریکی $(+1)$ و $(+2)$ ایجاد می‌کند. اگر x را $(+2)$ فرض کنیم، آن‌گاه فرمول شیمیایی اکسید مورد نظر به صورت FeO خواهد بود. در این صورت هیچ‌یک از ظرفیت‌های عنصر مس شرط سؤال را برآورده نمی‌کنند، چرا که FeO دارای دو یون بوده و هر یک از ترکیب‌های CuCl و CuCl_2 به ترتیب دارای ۲ و ۳ یون هستند. اگر x را $(+3)$ در نظر بگیریم، آن‌گاه فرمول شیمیایی اکسید مورد نظر به صورت Fe_2O_3 خواهد بود و در هر واحد فرمولی این ترکیب ۵ یون وجود خواهد داشت که ۲ یون بیشتر از هر واحد فرمولی ترکیب CuCl_2 دارد. با توجه به توضیحات داده شده، x و y به ترتیب برابر با (III) و (II) هستند؛ **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به مقادیر x و y ، حاصل اختلاف این دو مقدار برابر با یک است. **عبارت (ب):** مس تنها می‌تواند دو نوع یون با بار الکتریکی $(+1)$ و $(+2)$ ایجاد کند و نمی‌تواند کاتیونی با بار $(+3)$ تولید کند. حتی در صورت امکان تولید چنین کاتیونی، فرمول شیمیایی ترکیب مس (III) یدید به صورت CuI_3 خواهد بود. **عبارت (پ):** نسبت آنیون به کاتیون در آهن (III) اکسید برابر با $\frac{3}{2}$ و در مس (II) کلرید برابر با $\frac{2}{1}$ است؛ بنابراین نسبت آنیون به کاتیون در هیچ‌یک از دو ترکیب $1/5$ برابر ترکیب دیگر نیست. **عبارت (ت):** برای تولید هر مول آهن (III) اکسید و مس (II) کلرید به ترتیب ۶ و ۲ مول الکترون مبادله شده است.

★ نکته برای محاسبه مقدار الکترون مبادله شده کافی است اندازه بار کاتیون یا آنیون را در تعداد آن یون در هر واحد فرمولی ضرب نمایید، برای مثال در ترکیب آهن (III) اکسید (Fe_2O_3) بار یون آهن برابر با $+3$ و تعداد آن در هر واحد فرمولی برابر با ۲ می‌باشد، پس برای تولید هر مول از این ترکیب 6mol (2×3) الکترون مبادله می‌شود.

عبارت (ث): همان‌طور که گفته شد، x برابر $(+3)$ است، پس فرمول آهن (x) اکسید و اکسید دیگر آهن به ترتیب Fe_2O_3 و FeO است.

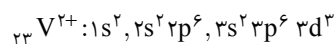
$$\frac{\% \text{O} (\text{Fe}_2\text{O}_3)}{\% \text{O} (\text{FeO})} = \frac{3 \times 16}{(2 \times 56) + (3 \times 16)} \times 100 = 30\%, \quad \frac{\% \text{Fe} (\text{Fe}_2\text{O}_3)}{\% \text{Fe} (\text{FeO})} = \frac{1 \times 56}{(1 \times 56) + (1 \times 16)} \times 100 = 22\% \Rightarrow \text{در دو ترکیب } \frac{30}{22} = 1 \frac{1}{36}$$

۳۴۲ (C) ۲ عبارت‌های اول و سوم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** هیدروژن دارای چهار ایزوتوپ ساختگی ^1H ، ^2H ، ^3H و ^4H است که از میان آن‌ها ایزوتوپ ^1H بیشترین نیم عمر و پایداری را دارد. این ایزوتوپ دارای ۴ نوترون است. آرایش الکترونی $1s^2 2s^2 2p^5$ و F به صورت مقابل است:

بنابراین شمار الکترون‌های با $I=1$ در F برابر ۵ است. **عبارت دوم:** نخستین عنصری از جدول تناوبی که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند، Cr است. کروم دارای دو کاتیون پایدار Cr^{2+} و Cr^{3+} می‌باشد؛ بنابراین در واکنش با N^{3-} می‌تواند ترکیبات یونی Cr_3N_2 و Cr_2N_3 را به وجود بیاورد. **عبارت سوم:** آن دسته از ترکیبات یونی که تنها از دو نوع عنصر ساخته شده‌اند، ترکیبات یونی دوتایی نامیده می‌شوند. برای مثال CaO ، Fe_2O_3 ، Al_2O_3 و NaCl ... همگی جزء ترکیبات یونی دوتایی به حساب می‌آیند. **عبارت چهارم:** آرایش الکترونی As به صورت مقابل است:

این عنصر دارای ۱۵ الکترون با $I=1$ (زیرلایه‌های p) و ۱۰ الکترون با $I=2$ (زیرلایه d) می‌باشد؛ بنابراین نسبت خواسته شده در صورت سؤال برابر $1/5$ ($\frac{10}{5}$) است.

همچنین وانادیم فلزی از دسته d دوره چهارم جدول است که دارای ظرفیت‌های $+2$ و $+3$ می‌باشد. آرایش الکترونی کاتیون V^{2+} به صورت زیر خواهد بود:



بنابراین شمار الکترون‌های موجود در زیرلایه d این کاتیون برابر ۳ می‌باشد. **عبارت پنجم:** فرمول شیمیایی سیلیس و تیتانیم (IV) اکسید به ترتیب به صورت SiO_2 و TiO_2 می‌باشد:

$$\text{روش اول (کسر تبدیل):} \quad \text{اتم } \text{SiO}_2 = \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{60 \text{ g SiO}_2} \times \frac{3 \text{ mol اتم}}{1 \text{ mol SiO}_2} = 0.05 \text{ mol اتم}$$

$$\text{TiO}_2 \text{ در } (\text{O}^{2-}) = \frac{1 \text{ mol TiO}_2}{80 \text{ g TiO}_2} \times \frac{2 \text{ mol O}^{2-}}{1 \text{ mol TiO}_2} = 0.025 \text{ mol O}^{2-}$$

$$\text{روش دوم (کسر تناسب):} \quad \frac{\text{جرم SiO}_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد مول اتم‌ها}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1}{60 \times 1} = \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{\text{جرم TiO}_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد مول اتم‌ها}}{\text{ضریب}}$$

$$\frac{\text{جرم TiO}_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد مول آنیون‌ها}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{2}{80 \times 1} = \frac{4}{2} \Rightarrow \frac{\text{جرم TiO}_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد مول آنیون‌ها}}{\text{ضریب}}$$

۳۴۳ (A) ۱ هر یک از موارد A تا D را بررسی می‌کنیم: **مورد (A):** در این ترکیب دو اتم نیتروژن وجود دارد، پس از پیشوند «دی» برای نیتروژن می‌بایست استفاده کرد و نام درست این ترکیب دی‌نیتروژن تترافلوئورید است. **مورد (B):** طبق نام داده شده، در یک مولکول آن یک اتم فسفر و پنج اتم کلر داریم، پس فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت PCl_5 است. **مورد (C):** در یک مولکول از آن دو اتم کلر و سه اتم اکسیژن وجود دارد، پس فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت Cl_2O_3 است.

مورد (D): در یک مولکول از این ترکیب یک اتم کربن و دو اتم گوگرد وجود دارد، پس نام این ترکیب کربن دی‌سولفید است.

*** توجه** هنگامی که گوگرد در فرمول مولکولی به عنوان اتم عنصر سمت راست قرار می‌گیرد، از ریشه نام این عنصر، یعنی سولفید، برای نام‌گذاری استفاده می‌شود.

۳۴۴ (A) ۲ تنها نام گذاری ترکیب‌های (پ) و (ث) به درستی انجام شده است. **بررسی سایر ترکیب‌ها: ترکیب (الف):** به انتهای نام اتم‌هایی که در سمت راست فرمول شیمیایی قرار می‌گیرند، می‌بایست پسوند «ید» اضافه نماییم، پس نام درست این ترکیب اکسیژن دی‌فلوئورید می‌باشد. **ترکیب (ب):** برای نام گذاری ترکیب‌های یونی که کاتیون آن‌ها توانایی تولید کاتیون با ظرفیت‌های متفاوت را دارد، می‌بایست بار کاتیون به صورت عدد رومی درون پرانتز جلوی نام کاتیون ذکر شود؛ بنابراین نام درست این ترکیب آهن (II) اکسید است. **ترکیب (ت):** در نام گذاری ترکیب‌های یونی از پیشوندهای یونانی برای بیان تعداد یون‌ها استفاده نمی‌کنیم، پس نام درست این ترکیب کلسیم برمید است.

۳۴۵ (B) ۲ ترکیب‌های مولکولی مانند گوگرد دی‌اکسید حاصل به اشتراک گذاشتن الکترون میان اتم‌های شرکت‌کننده در ترکیب هستند، اما ترکیب‌های یونی مانند آهن (III) اکسید حاصل انتقال (مبادله) الکترون میان اتم‌ها و تشکیل کاتیون و آنیون می‌باشند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** در ترکیب اسکاندیم اکسید، بار الکتریکی کاتیون برابر با (+۳) است. در ترکیب دی‌نیتروژن پنتا اکسید با فرمول شیمیایی N_2O_5 ، ۲ اتم نیتروژن و ۵ اتم اکسیژن وجود دارد و اختلاف تعداد اتم این عناصرها برابر با ۳ است. **گزینه (۳):** در ترکیب فسفر تری کلرید با فرمول شیمیایی PCl_3 ، ۴ اتم و دو عنصر وجود دارد، پس نسبت شمار کل اتم‌ها به شمار عناصرها برابر با ۲ است. **گزینه (۴):** مجموع شمار اتم‌ها در ترکیب تترافسفر هگزا اکسید با فرمول شیمیایی P_4O_{10} برابر با ۱۰ و مجموع شمار اتم‌ها در ترکیب دی‌نیتروژن تری اکسید با فرمول شیمیایی N_2O_3 برابر با ۵ است، پس نسبت شمار اتم‌ها در ترکیب اول به ترکیب دوم برابر با ۲ می‌باشد.

۳۴۶ (B) ۱ عبارت‌های (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اگر در فرمول مولکولی یک ترکیب، تنها یک اتم از عنصر سمت چپ وجود داشته باشد، از به کار بردن پیشوند «مونو» پیش از نام این عنصر چشم‌پوشی می‌شود. **عبارت (ب):** نام صحیح ترکیب N_2O ، «دی‌نیتروژن مونوکسید» و نام ترکیب IF_3 ، «ید تری‌فلوئورید» است. **عبارت (پ):** کروم (III) کلرید دارای فرمول شیمیایی $CrCl_3$ بوده و در آن نسبت شمار آنیون به کاتیون برابر با ۳ می‌باشد. ترکیب دی‌نیتروژن تترا اکسید نیز دارای فرمول شیمیایی N_2O_4 بوده و شمار اتم اکسیژن در آن برابر با ۴ است؛ بنابراین نسبت شمار آنیون به کاتیون در ترکیب کروم (III) کلرید با شمار اتم‌های اکسیژن در ترکیب دی‌نیتروژن تترا اکسید برابر نیست. **عبارت (ت):** فرمول شیمیایی دو ترکیب داده شده به ترتیب به صورت N_2O_5 و SF_6 است که در هر دو آن‌ها، مجموع زیروند عناصرها برابر با ۷ می‌باشد. **عبارت (ث):** نام ترکیب P_2O_5 ، دی‌فسفر پنتا اکسید است؛ بنابراین مقدار X و Y به ترتیب برابر با ۲ و ۵ است.

۳۴۷ (B) ۳ **بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):** مجموع شمار اتم‌ها در هر واحد فرمولی در ترکیب دی‌نیتروژن تترا اکسید (N_2O_4) و فسفر پنتاکلرید (PCl_5) یکسان و برابر با ۶ است. **گزینه (۲):** نسبت مجموع شمار اتم‌ها به شمار عناصرها در ترکیب گوگرد دی‌اکسید (SO_2) و دی‌نیتروژن مونوکسید (N_2O) یکسان و برابر با ۱/۵ است. **گزینه (۳):** فرمول شیمیایی ترکیب کروم (III) اکسید به صورت Cr_2O_3 است و در آن زیروند اکسیژن برابر با ۳ می‌باشد. در ترکیب دی‌اکسیژن دی‌فلوئورید با فرمول شیمیایی O_2F_2 ، زیروند اکسیژن برابر با ۲ است. **گزینه (۴):** مجموع زیروندها در ترکیب مس (II) نیتريد (Cu_2N_2) و سیلیسیم تتراکلرید ($SiCl_4$) یکسان و برابر با ۵ است.

۳۴۸ (B) ۳ به جز عبارت (ب) بقیه عبارت‌ها نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** N_2O یک ترکیب مولکولی و Fe_2O_3 یک ترکیب یونی است. در نام گذاری ترکیبات یونی برخلاف ترکیبات مولکولی از پیشوندهای رومی مانند دی، تری و ... استفاده نمی‌کنیم. نام N_2O و Fe_2O_3 به ترتیب دی‌نیتروژن مونوکسید و آهن (III) اکسید است. **عبارت (ب):** با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا کاهش یافته و در نتیجه شمار مولکول‌های اکسیژن موجود در واحد حجم هوا نیز کاهش می‌یابد. کوهنوردان برای جبران این کاستی اکسیژن، از کپسول‌های حاوی گاز O_2 استفاده می‌کنند. **عبارت (پ):** هلیوم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد؛ از این رو، منابع زمینی آن از منبع هواکره سرشارتر و برای تولید هلیوم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. **عبارت (ت):** دمای جوش چهار گاز نیتروژن، هلیوم، آرگون و اکسیژن به ترتیب برابر $-۱۹۶^\circ C$ ، $-۲۶۹^\circ C$ ، $-۱۸۶^\circ C$ و $-۱۸۳^\circ C$ درجه سلسیوس است؛ بنابراین هلیوم در دمای $-۲۰۰^\circ C$ به حالت گاز بوده و در هوای مایع یافت نمی‌شود.

۳۴۹ (A) ۱ فرمول شیمیایی مس (I) اکسید به صورت Cu_2O بوده که مشابه فرمول شیمیایی Ag_2O است. در هر واحد فرمولی از Cu_2O ، یک اتم اکسیژن و دو اتم مس وجود دارد، پس نسبت جرم اکسیژن به جرم مس در آن برابر است با:

$$\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مس}} = \frac{۱۶}{۲ \times ۶۴} = \frac{۱}{۸} = ۰/۱۲۵$$

*** توجه:** اگر فرمول مس (I) اکسید را به اشتباه CuO در نظر بگیرید، نسبت جرم اکسیژن به مس را $۰/۲۵$ به دست می‌آورید و به اشتباه گزینه (۴) را انتخاب خواهید کرد.

۳۵۰ (B) ۱ برای حل این تست، ابتدا جرم اتمی عنصر X را محاسبه می‌کنیم: (جرم اتمی X را در محاسبات x amu در نظر می‌گیریم).

$$\frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم ترکیب } X_2O_3} = \frac{۳ \times ۱۶}{(۳ \times ۱۶) + (۲ \times x)} = \frac{۲}{۷} \Rightarrow x = ۶۰ \text{ amu}$$

با توجه به اینکه جرم اتمی یک اتم با عدد جرمی آن از لحاظ عددی تقریباً برابر است، عدد جرمی عنصر X برابر ۶۰ می‌باشد. اکنون عدد اتمی عنصر X را به دست می‌آوریم: $n + p = ۶۰$ ، $n - p = ۶ \Rightarrow n = ۳۳$ ، $p = ۲۷$

عنصری با عدد اتمی ۲۷، همان کبالت است که در دوره چهارم جدول تناوبی قرار دارد.

۳۵۱ (C) ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) جمله صورت سؤال را به درستی تکمیل می‌کنند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** سیلیسیم تتراکلرید یک ترکیب مولکولی بوده و اتم‌های آن پس از به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب آرگون می‌رسند. آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. **عبارت (ب):** آلومینیم اکسید یک ترکیب یونی بوده و اتم‌های آن پس از مبادله الکترون به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب نئون می‌رسند. از گاز نئون برای ساخت تابلوهای تبلیغاتی که دارای نوشته‌های سرخ‌فام می‌باشد، استفاده می‌کنند. **عبارت (پ):** لیتیم فلئورید یک ترکیب یونی است که در آن یون لیتیم و یون فلئورید به ترتیب به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب هلیوم و نئون دست یافته‌اند. در میان گازهای نجیب، تنها هلیوم است که منبع زیرزمینی آن سرشارتر از هواکره است. **عبارت (ت):** دی‌نیتروژن مونوکسید یک ترکیب مولکولی است که اتم‌های آن پس از به اشتراک گذاشتن الکترون به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب نئون می‌رسند. آرایش الکترونی گاز نجیب نئون به صورت $1s^2 2s^2 2p^6$ می‌باشد که در آن تعداد الکترون‌های زیرلایه p ($l=1$) برابر با ۶ و تعداد الکترون‌های زیرلایه s ($l=0$) برابر با ۴ است؛ بنابراین نسبت تعداد الکترون‌های با $l=1$ در آن $1/5$ برابر تعداد الکترون‌های با $l=0$ می‌باشد.

نکته ترکیب نام و فرمول شیمیایی اکسیدهای نیتروژن در زیر ارائه شده است:

ترکیب	نیتروژن مونوکسید	نیتروژن دی‌اکسید	نیتروژن مونوکسید	دی‌نیتروژن دی‌اکسید	دی‌نیتروژن تتراکسید	دی‌نیتروژن پنتاکسید
فرمول مولکولی	NO	NO ₂	N ₂ O	N ₂ O ₂	N ₂ O ₃	N ₂ O ₅

به‌جز عبارت (الف)، سایر عبارت‌ها درست هستند. نیتروژن در ترکیب با اکسیژن، اکسیدهای NO، NO₂، NO₃، N₂O₃، N₂O₄، N₂O₅، N₂O.

N₂O₄ و ... را تشکیل می‌دهد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ترکیب N₂O₃ نسبت شمار اتم‌های اکسیژن به نیتروژن برابر ۱/۵ (۳/۲) است. نام صحیح این

ترکیب دی‌نیتروژن تری‌اکسید است. عبارت (ب): مجموع شمار اتم‌های N و O در ترکیب NO برابر ۲ است. هر اتم اکسیژن دارای ۸ و هر اتم نیتروژن دارای ۷ الکترون است؛ بنابراین در هر مولکول از این ترکیب در مجموع ۱۵ الکترون وجود دارد. عبارت (پ): حاصل اختلاف و مجموع شمار اتم‌های اکسیژن و نیتروژن در هر مولکول N₂O₄ به‌ترتیب برابر ۲ و ۶ است:

$$y - x = 2, y + x = 6 \Rightarrow x = 2, y = 4$$

پس خواهیم داشت:

عبارت (ت): جرم مولکولی ترکیب مورد نظر را برابر M در نظر می‌گیریم:

$$\frac{2}{2} \text{g N}_x\text{O}_y \times \frac{1 \text{ mol N}_x\text{O}_y}{(M) \text{g N}_x\text{O}_y} \times \frac{1 \text{ mol مولکول}}{1 \text{ mol N}_x\text{O}_y} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23} \text{ مولکول}}{1 \text{ mol مولکول}} = 3/0.1 \times 10^{22} \Rightarrow M = 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

جرم مولی اکسید N₂O برابر ۴۴ g.mol⁻¹ (۲×(۱۴)+۱۶) می‌باشد. درصد جرمی اکسیژن در این ترکیب برابر است با:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن} = \frac{\text{جرم O}}{\text{جرم مولی N}_2\text{O}} \times 100 = \frac{16}{44} \times 100 = 36.4\%$$

عبارت (ث): جرم مولی ترکیب NO₂ برابر با ۴۶ g.mol⁻¹ (۱۴+۲(۱۶)) می‌باشد. هر اتم نیتروژن و اکسیژن به‌ترتیب دارای ۵ و ۶ الکترون ظرفیت هستند؛ بنابراین در مولکول NO₂ در مجموع ۱۷ (۵+۲(۶)) الکترون ظرفیت در اتم‌ها وجود دارد.

۳ ۳۵۳ A به درسنامه رجوع کنید!

۲ ۳۵۴ B عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. ترکیب‌های (۱) تا (۳) به‌ترتیب کربن

مونوکسید (CO)، کربن دی‌اکسید (CO₂) و گوگرد تری‌اکسید (SO₃) هستند که ساختار لوویس این سه ترکیب به‌صورت مقابل می‌باشد. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در ساختار مولکول (۳) برخلاف مولکول (۱)، یک پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت (ب): نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به شمار اتم‌ها در ترکیب‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب برابر با ۳/۲ و ۴/۳ است.

عبارت (پ): با توجه به ساختار لوویس رسم شده برای ترکیب (۳)، در هر مولکول از این ترکیب، ۸ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. عبارت (ت): با توجه به ساختارهای رسم شده، در هر دو مولکول (۲) و (۳)، ۴ پیوند کووالانسی وجود دارد.

۱ ۳۵۵ B در ساختار O₃ همانند CH₃O، یک پیوند دوگانه و در ساختار C₂H₂ و N₂ نیز یک پیوند سه‌گانه وجود دارد. ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده

به‌صورت زیر است:

فرمول مولکولی	CO ₂	C ₂ H ₄	O ₃	CH ₃ O	HCN	NO ₂ Cl
ساختار لوویس	$\text{:}\ddot{\text{O}}=\text{C}=\ddot{\text{O}}\text{:}$	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ // \\ \text{O}=\text{O} \\ \backslash \\ \ddot{\text{O}} \end{array}$	$\begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ // \\ \text{H}-\text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N:}$	$\begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ // \\ \text{O}=\text{N}-\ddot{\text{Cl}}\text{:} \end{array}$
فرمول مولکولی	CO	COCl ₂	SO ₃	NOCl ₂	C ₂ H ₂	N ₂
ساختار لوویس	$\text{:C}\equiv\text{O:}$	$\begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ // \\ \text{O}=\text{S}=\text{O} \\ \backslash \quad / \\ \ddot{\text{O}} \quad \ddot{\text{O}} \end{array}$	$\begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ // \\ \text{Cl}-\text{N}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	$\text{:N}\equiv\text{N:}$

۳۵۶ B همه اطلاعات داده شده در ردیف‌های ۱ و ۴ درست هستند. به بررسی ردیف‌های جدول می‌پردازیم:

ردیف	نام ترکیب	فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	شمار جفت الکترون‌های پیوندی (شمار p.e)	شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی (شمار n.e)	$\frac{p.e}{n.e}$
۱	هیدروژن سیانید	HCN	$H-C \equiv N:$	۴	۱	۴
۲	سیلیسیم تترافلوئورید	SiF_4	$\begin{array}{c} :F: \\ \\ :F-Si-F: \\ \\ :F: \end{array}$	۴	۱۲	$\frac{1}{3}$
۳	نیتروژن دی‌اکسید	NO_2	$\begin{array}{c} :\ddot{N}: \\ // \quad \backslash \\ :\ddot{O}: \quad :\ddot{O}: \end{array}$	۳	۵	$\frac{3}{5}$
۴	آرسنیک تری‌برمید	$AsBr_3$	$\begin{array}{c} :\ddot{Br}-\ddot{As}-\ddot{Br}: \\ \\ :\ddot{Br}: \end{array}$	۳	۱۰	$\frac{3}{10}$

توجه داشته باشید که آرسنیک جزء عناصر گروه ۱۵ جدول تناوبی است.

۳۵۷ B فقط مورد (پ) نادرست است. ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده در سؤال به صورت زیر است:

فرمول مولکولی	NOCl	C_2H_4	O_3	$COCl_2$	CSO
ساختار لوویس	$\begin{array}{c} :\ddot{N}: \\ // \quad \backslash \\ :\ddot{O}: \quad :\ddot{Cl}: \end{array}$	$\begin{array}{c} H & & H \\ & \backslash & / \\ & C = C \\ & / & \backslash \\ H & & H \end{array}$	$\begin{array}{c} :\ddot{O}: \\ // \quad \backslash \\ :\ddot{O}: \quad :\ddot{O}: \end{array}$	$\begin{array}{c} :\ddot{O}: \\ \\ :\ddot{Cl}-C-\ddot{Cl}: \end{array}$	$:\ddot{S}=C=\ddot{O}:$

عبارت (الف): با توجه به ساختارهای لوویس رسم شده، تعداد جفت الکترون‌های ناپیوندی مولکول NOCl با تعداد جفت الکترون‌های پیوندی ترکیب C_2H_4 یکسان و برابر ۶ است.
عبارت (ب): با توجه به ساختارهای رسم شده، در هر دو مولکول یک پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت (پ): در ساختار مولکول $COCl_2$ برخلاف مولکول NOCl، اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی ندارد. عبارت (ت): نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در مولکول‌های NOCl و CSO به ترتیب برابر با ۲ و ۱ است.

۳۵۸ B ۱ ساختار لوویس تمام ترکیبات نام‌برده شده در صورت سؤال به صورت زیر است:

فرمول مولکولی	ساختار لوویس	فرمول مولکولی	ساختار لوویس
CH_2O	$\begin{array}{c} :\ddot{O}: \\ \\ H-C-H \end{array}$	SO_2	$\begin{array}{c} :\ddot{O}: \\ // \quad \backslash \\ :\ddot{S}: \quad :\ddot{O}: \end{array}$
O_3	$\begin{array}{c} :\ddot{O}: \\ // \quad \backslash \\ :\ddot{O}: \quad :\ddot{O}: \end{array}$	SO_3	$\begin{array}{c} :\ddot{O}: \\ \\ :\ddot{S}: \quad :\ddot{O}: \quad :\ddot{O}: \end{array}$
HCN	$H-C \equiv N:$	NCl_3	$\begin{array}{c} :\ddot{Cl}-\ddot{N}-\ddot{Cl}: \\ \\ :\ddot{Cl}: \end{array}$

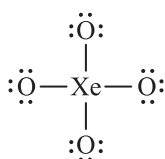
با توجه به ساختار لوویس ترکیبات رسم شده، نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در ترکیب CH_2O برابر نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در ترکیب SO_2 است. همچنین ساختار لوویس کربن دی‌اکسید به صورت $:\ddot{O}=C=\ddot{O}:$ است و در هر مولکول آن چهار پیوند وجود دارد. در ترکیب HCN نیز ۴ پیوند کووالانسی می‌باشد.

۳۵۹ C ۲ با توجه به ساختار لوویس کربن مونوکسید ($C \equiv O:$)، اتم اکسیژن چهار و اتم کربن دو الکترون به اشتراک می‌گذارند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):

ساختار لوویس ترکیب‌های $HClO_4$ و H_2SO_3 به صورت زیر است:

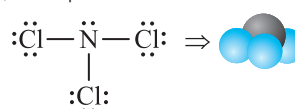
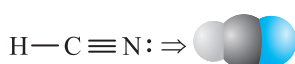


با توجه به ساختارهای رسم شده، همه پیوندهای موجود در این ساختارها یگانه است.



گزینه (۳): ساختار لوویس مولکول XeO_4 (زنون تترا اکسید) به صورت زیر است و همه پیوندها در آن از نوع یگانه هستند.

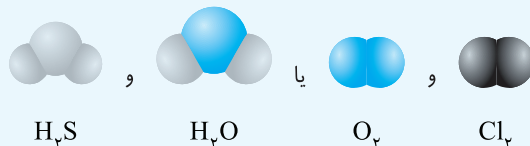
گزینه (۴): به دلیل وجود الکترون ناپیوندی روی اتم N در NCl_3 ، مدل فضا پرکن آن به صورت هرمی است و مدل فضا پرکن HCN به صورت خطی است.



★ **نکته** مدل فضا پرکن: ۱- نوعی مدل سه بعدی برای نمایش مولکول‌ها و یون‌های چندانی است. ۲- با استفاده از ساختار لوویس یک مولکول، می‌توان مدل فضا پرکن آن را پیش‌بینی کرد. در یک مولکول سه‌اتمی، اگر اتم مرکزی الکترون ناپیوندی داشته باشد، مدل فضا پرکن به صورت خمیده (V شکل) ولی اگر اتم مرکزی الکترون ناپیوندی نداشته باشد، مدل فضا پرکن خطی است.



۳- در مدل فضا پرکن اندازه اتم‌ها اهمیت دارد. برای مثال، در مدل فضا پرکن که مربوط به هیدروژن سیانید (HCN) است، اندازه اتم هیدروژن از دیگر اتم‌ها کوچک‌تر است و اندازه اتم کربن نیز به میزان اندکی از اتم نیتروژن بزرگ‌تر است. ۴- همان‌طور که گفته شد با استفاده از ساختار لوویس، می‌توان مدل فضا پرکن یک ماده را حدس زد. با توجه به این موضوع، مدل فضا پرکن بعضی مولکول‌ها به دلیل تشابه ساختار لوویس آن‌ها مشابه هم است.

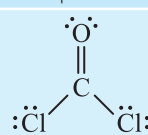
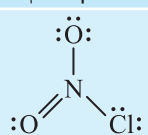
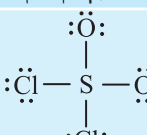


مثال ✓



۵- رنگ اتم‌ها در مدل فضا پرکن مهم است؛ به‌طوری که رنگ هیدروژن همیشه سفید، کربن سیاه، نیتروژن آبی، اکسیژن قرمز، گوگرد زرد و کلر سبز است. برای نمونه به مدل فضا پرکن مقابل توجه کنید. با توجه به رنگ اتم‌ها می‌توان دریافت که مدل فضا پرکن مربوط به SO_3 است. نتیجه نهایی اینکه با دانستن ساختار لوویس یک مولکول و رنگ قراردادی اتم‌ها در این مدل، می‌توان هر مدل فضا پرکنی را تشخیص داد.

۳۶۰ ۲ عبارتهای اول، دوم و سوم نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: COCl_2	عبارت دوم: NO_2Cl	عبارت سوم: SO_2Cl_2
		
شمار الکترون‌های پیوندی شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی	شمار پیوندهای دوگانه شمار پیوندهای یگانه	شمار الکترون‌های اشتراک گذاشته شده شماره گروه اتم مرکزی
$\frac{4 \times (2)}{8} = 1$	$\frac{1}{2}$	$\frac{4 \times (2)}{16} = \frac{1}{2}$

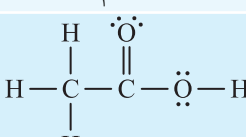
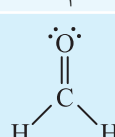
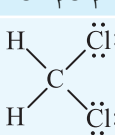
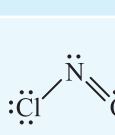
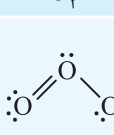
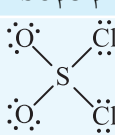
در عبارت سوم، S اتم مرکزی بوده و متعلق به گروه ۱۶ جدول تناوبی است. عبارت چهارم: اکسیژن و نیتروژن موجود در ساختار NO_2 به ترتیب در گروه‌های شانزدهم و پانزدهم جدول تناوبی جای داشته و دارای ۶ و ۵ الکترون ظرفیت هستند:

$\text{N}: 1s^2 2s^2 2p^3$ لایه ظرفیت $\text{O}: 1s^2 2s^2 2p^4$ لایه ظرفیت

بنابراین مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت موجود در این ترکیب برابر $17 + (2 \times 6) = 29$ می‌باشد. ساختار لوویس NO_2 به صورت زیر است:

$\ddot{\text{O}}=\text{N}-\ddot{\text{O}}:$ $\Rightarrow \frac{\text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها}} = \frac{11}{17}$

۳۶۱ ۲ با توجه به جدول زیر، در گزینه (۲) نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی به شمار جفت الکترون‌های پیوندی در گونه سمت راست نصف گونه سمت چپ است.

فرمول مولکولی	CH_3COOH	CO	HCN	CH_3O
ساختار لوویس		$\text{:C}\equiv\text{O:}$	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N:}$	
نسبت شمار جفت الکترون ناپیوندی به پیوندی	$\frac{4}{8}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$
فرمول مولکولی	CH_2Cl_2	NOCl	O_3	SO_2Cl_2
ساختار لوویس				
نسبت شمار جفت الکترون ناپیوندی به پیوندی	$\frac{6}{4}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{12}{4}$

۳۶۲ ۳ ساختار مولکول‌های N_2O_4 و N_2O_3 به صورت روبه‌رو است:

با توجه به ساختارهای رسم شده عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به ساختار رسم شده، دو پیوند دوگانه در مولکول N_2O_4 وجود دارد. عبارت (ب): در مولکول N_2O_4 همانند مولکول N_2O_3 دو پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت (ت): نام ترکیب داده شده، دی‌نیتروژن تترا اکسید است.

*** توجه:** برای نام‌گذاری ترکیب‌های مولکولی ابتدا تعداد و نام اتم عنصر سمت چپ و سپس تعداد و نام اتم عنصر سمت راست را می‌نویسیم. در نوشتن نام ترکیب‌های مولکولی از پیشوند مونو برای اتم سمت چپ استفاده نمی‌شود.

عبارت (ث): در هر مولکول N_2O_4 ، ۶ عدد اتم وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$? \text{ atom} = \frac{2}{3} \text{g N}_2\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4}{92 \text{g N}_2\text{O}_4} \times \frac{6 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol N}_2\text{O}_4} \times \frac{6 \times 2 \times 10^{23} \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 9 \times 10^{22} \text{ atom}$$

۳۶۳ B بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): نسبت شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در ترکیب‌های CH_3O و SOCl_2 به ترتیب برابر با $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{3}$ است. **گزینه (۲):**

با توجه به ساختارهای رسم شده، اتم مرکزی در NO_2 بر خلاف SO_2Cl_2 ، الکترون ناپیوندی دارد. **گزینه (۳):** با توجه به ساختارهای رسم شده، در هر دو مولکول داده شده، تمام پیوندها یگانه هستند. **گزینه (۴):** مجموع شمار الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها در مولکول‌های CO و HF به ترتیب برابر با ۱۰ و ۸ است.

فرمول مولکولی	CH_3O	SOCl_2	SO_2Cl_2	NO_2
ساختار لوویس				
فرمول مولکولی	CH_3F	SF_4	CO	HF
ساختار لوویس				

۳۶۴ B ساختار لوویس درست یون نیترات (NO_3^-) به صورت مقابل است:

$$\left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}=\text{N}-\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^-$$

۳۶۵ B ساختار لوویس HCN و ClO_3^- به صورت مقابل است:

$\text{HCN: H}-\text{C}\equiv\text{N:}$ $\text{ClO}_3^-: \left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}-\ddot{\text{Cl}}-\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^-$

ساختار لوویس گونه‌های داده شده در سؤال به صورت زیر است:

فرمول شیمیایی	SOCl_2	ClO_3^-	POCl_3	SO_3^{2-}
ساختار لوویس				
فرمول شیمیایی	H_2O_2	PO_4^{3-}	CH_3O	CO_3^{2-}
ساختار لوویس				

با توجه به جدول بالا، شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی در POCl_3 همانند HCN برابر با ۴ و شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در یون SO_3^{2-} همانند یون ClO_3^- برابر با ۱۰ است.

۳۶۶ B ساختار لوویس ترکیب‌های داده شده به صورت زیر است:

فرمول مولکولی	H_2CO_3	CH_3^-	SOCl_2	POCl_3
ساختار لوویس				

با توجه به جدول بالا، اتم مرکزی در گونه‌های (الف) و (ت) فاقد جفت‌الکترون ناپیوندی هستند.

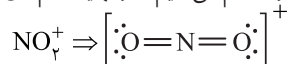
۳۶۷ B ۲ ساختار لوویس گونه‌های داده شده به صورت زیر است:

فرمول شیمیایی	IO_3^-	H_2SO_4	NCl_3	CH_3F	HCOOH	NO^+
ساختار لوویس	$\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{I} - \text{O} - \text{O} \\ \vdots \end{array} \right]^-$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{H} - \text{O} - \text{S} - \text{O} - \text{H} \\ \vdots \quad \vdots \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \vdots \\ \text{Cl} - \text{N} - \text{Cl} \\ \vdots \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H} - \text{C} - \text{F} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \text{H} \\ \vdots \end{array}$	$[\text{N} \equiv \text{O}]^+$
شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی	۸	۱۰	۱۰	۳	۴	۲

شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی در H_2SO_4 و NCl_3 با هم برابر است و در HCOOH و NO^+ همه پیوندها از نوع یگانه نیستند.

۳۶۸ B ۴ برای رسم ساختار لوویس یون NO^+ ، ابتدا آرایش الکترون-نقطه‌ای اتم مرکزی را رسم کرده و سپس یک الکترون از آن کم می‌کنیم. در نهایت اتم‌های

اکسیژن را با پیوند کووالانسی به اتم مرکزی متصل می‌کنیم. ساختار لوویس این یون در شکل مقابل رسم شده است:



بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** ساختار لوویس ترکیب CO به صورت $\text{C} \equiv \text{O}:$ است و در هر مولکول آن ۴ الکترون ناپیوندی وجود دارد. همچنین آرایش الکترونی فشرده

PO_4^{3-}	CS_2	N_2O
$\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{O} - \text{P} - \text{O} \\ \vdots \end{array} \right]^{3-}$	$\text{S} = \text{C} = \text{S}:$	$\text{N} \equiv \text{N} - \text{O}:$
۸ الکترون پیوندی	۸ الکترون پیوندی	۸ الکترون پیوندی

Cr به صورت مقابل است: ${}_{24}\text{Cr}: [{}_{18}\text{Ar}] 3d^5 4s^1 \Rightarrow$ ۶ الکترون پیوندی لایه ظرفیت

گزینه (۲): ساختار لوویس گونه‌های CS_2 ، N_2O و PO_4^{3-} به صورت مقابل

است. **گزینه (۳):** AsBr_3 ، آرسنیک تری‌برمید نام دارد و ساختار لوویس آن

به صورت مقابل است: ۱۰ جفت الکترون ناپیوندی $\Rightarrow \text{Br} - \text{As} - \text{Br}:$

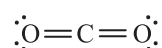
۳۶۹ C ۱ ساختار لوویس هر گونه را رسم می‌کنیم:

نام گونه	فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	شمار جفت الکترون‌های پیوندی
اتین	C_2H_2	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$	۵
گوگرد تری‌اکسید	SO_3	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{S} \\ \vdots \quad \vdots \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	۴
کربن دی‌سولفید	CS_2	$\text{S} = \text{C} = \text{S}:$	۴
هیدروژن سیانید	HCN	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{N}:$	۴
کربن مونوکسید	CO	$\text{C} \equiv \text{O}:$	۳
یون فسفات	PO_4^{3-}	$\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \vdots \\ \text{O} - \text{P} - \text{O} \\ \vdots \end{array} \right]^{3-}$	۴

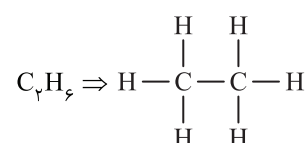
شمار جفت الکترون‌های پیوندی در چهار گونه SO_3 ، CS_2 ، HCN و PO_4^{3-} با هم برابر است. سه گونه C_2H_2 ، HCN و CO در ساختار خود پیوند سه‌گانه دارند.

۳۷۰ C ۱ به جز عبارت‌های (پ) و (ث)، سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در هر مولکول CO_2 ، ۲ اتم اکسیژن و ۴ جفت الکترون

ناپیوندی وجود دارد. ساختار لوویس این ترکیب به صورت مقابل است:

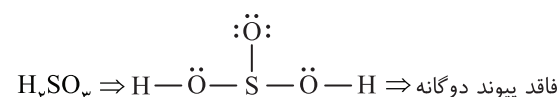


عبارت (ب): در هر مولکول از دی‌نیتروژن تترا اکسید (N_2O_4)، ۶ اتم نافلزی وجود دارد. همچنین ساختار لوویس



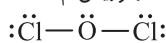
به صورت مقابل است و در هر مولکول آن ۷ پیوند کووالانسی وجود دارد:

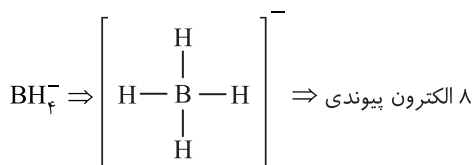
عبارت (پ): ساختار لوویس دو ترکیب H_2SO_3 و HCN به صورت زیر است:



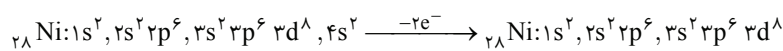
عبارت (ت): فرمول شیمیایی آهن (III) سولفید به صورت Fe_2S_3 بوده و در هر واحد فرمولی از آن، ۲ کاتیون Fe^{3+} وجود دارد. همچنین ساختار لوویس OCl_2

به صورت مقابل است و در مولکول آن، اتم مرکزی (O)، ۲ جفت الکترون ناپیوندی دارد.

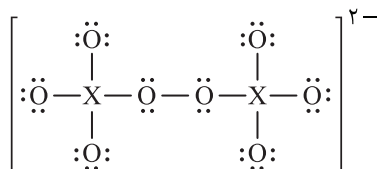




عبارت (ث): برای رسم ساختار لوویس BH_4^- ، ابتدا آرایش الکترون-نقطه‌ای B را رسم کرده و سپس به آن یک الکترون اضافه می‌کنیم. در نهایت اتم‌های H را با پیوند یگانه به B متصل می‌کنیم. آرایش الکترونی $_{28}\text{Ni}$ و Ni^{2+} به صورت زیر است:



بنابراین در کاتیون Ni^{2+} ، ۸ الکترون با $l=2$ (زیرلایه d) وجود دارد.



ابتدا با توجه به اینکه همه اتم‌ها از قاعده هشت‌تایی پیروی می‌کنند، ساختار داده شده را کامل می‌کنیم:

(مجموع تعداد الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی) - (مجموع یکان شماره گروه اتم‌ها) = بار یون چنداتمی

$$-2 = (2 \times X + 8 \times 6) - (3 \times 2) \Rightarrow X = 6$$

با توجه به اینکه هر یک از اتم‌های X، ۶ الکترون در لایه ظرفیت خود دارد، پس این عنصر متعلق به گروه ۱۶ جدول تناوبی است.

۱ ۳۷۲ B

فرمول شیمیایی	CN^-	N_2O	SOF_2	CS_2	SO_2	PCl_3
ساختار لوویس	$[\text{C} \equiv \text{N}]^-$	$\text{N} \equiv \text{N} - \ddot{\text{O}}:$	$\begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ \\ \ddot{\text{S}} \\ \\ \text{F} \end{array}$	$\text{:S} = \text{C} = \text{S:}$	$\begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ \\ \text{O} = \text{S} \\ \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \ddot{\text{Cl}} \\ \\ \ddot{\text{P}} \\ \\ \ddot{\text{Cl}} \end{array}$

با توجه به ساختار داده شده در صورت تست و ساختارهای رسم شده در بالا، پاسخ صحیح هر سه پرسش در گزینه (۱) آمده است. بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): با توجه به تعداد جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی و همچنین بار گونه می‌توان نوشت:

بنابراین اتم مرکزی در این ترکیب دارای ۷ الکترون ظرفیت بوده و متعلق به گروه ۱۷ جدول تناوبی است. پرسش (ب): شمار پیوندهای کووالانسی در یون CN^- و مولکول SOF_2 یکسان و برابر با ۳ می‌باشد. پرسش (پ): با توجه به ساختارهای رسم شده، شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی در مولکول SO_2 برابر با ۶ و شمار جفت الکترون‌های پیوندی در مولکول N_2O برابر با ۴ است، پس نسبت خواسته شده برابر ۱/۵ است.

۳ ۳۷۳ B اتم مرکزی در موارد اول، دوم، سوم و ششم به گروه ۱۵ تعلق دارد.

★ نکته برای تعیین بار یون چنداتمی از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.

(مجموع تعداد الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی) - (مجموع یکان شماره گروه اتم‌ها) = بار یون چنداتمی

بررسی موارد: مورد اول: در این ساختار، ۸ جفت الکترون ناپیوندی و ۴ جفت الکترون پیوندی داریم که مجموع آن‌ها برابر با ۲۴ الکترون می‌باشد. در این ساختار هر اتم اکسیژن، شش الکترون در لایه ظرفیت خود داشته و بار این گونه نیز (-۱) است، پس می‌توان نوشت:

با توجه به تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت، اتم مرکزی در این یون متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است. مورد دوم: در این ساختار تنها ۴ جفت الکترون پیوندی وجود دارد. با توجه به اینکه در لایه ظرفیت هر یک از اتم‌های هیدروژن، یک الکترون وجود دارد، می‌توان نوشت:

با توجه به تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت، اتم مرکزی در این یون نیز متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای می‌باشد. مورد سوم: در این ساختار ۴ جفت الکترون پیوندی و ۴ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد که مجموع آن‌ها برابر با ۱۶ الکترون می‌باشد. با توجه به تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت اکسیژن و بار گونه می‌توان نوشت:

بنابراین اتم مرکزی در این یون نیز متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است. مورد چهارم: در این ساختار ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی و ۴ جفت الکترون پیوندی وجود دارد. در لایه ظرفیت هر اتم کلر، ۷ الکترون وجود دارد، پس با توجه به بار گونه می‌توان نوشت:

بنابراین اتم مرکزی در این یون، متعلق به گروه ۱۳ جدول دوره‌ای است. مورد پنجم: در این ساختار، ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی و ۴ جفت الکترون پیوندی وجود دارد. در لایه ظرفیت هر اتم اکسیژن، ۶ الکترون وجود دارد، پس با توجه به بار گونه خواهیم داشت:

بنابراین اتم مرکزی در این یون، متعلق به گروه ۱۴ جدول دوره‌ای است. مورد ششم: در این ساختار ۱۰ جفت الکترون ناپیوندی و ۳ جفت الکترون پیوندی وجود دارد. در لایه ظرفیت هر اتم اکسیژن، ۶ الکترون وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

بنابراین اتم مرکزی در این یون، متعلق به گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است.

۳ ۳۷۴ B عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):

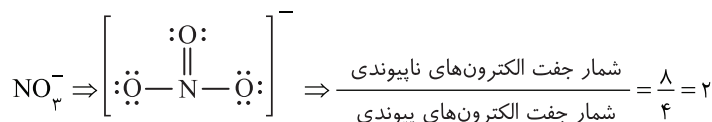
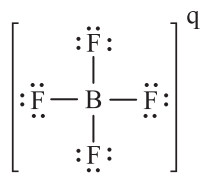
عبارت (ب): ساختار لوویس ترکیب‌های HCN و NO^+ به صورت زیر است:

فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	جفت الکترون‌های پیوندی الکترون‌های ناپیوندی
NH_4^+	$\left[\begin{array}{c} \ddot{\text{N}} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \right]^+$	$\frac{1}{2}$
NO^+	$[\text{:}\ddot{\text{O}} = \text{N} = \ddot{\text{O}}\text{:}]^+$	$\frac{1}{2}$

فرمول شیمیایی	ساختار لوویس	شمار پیوندهای اشتراکی
HCN	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{N:}$	۴
NO^+	$[\text{:}\text{N} \equiv \text{O}\text{:}]^+$	۳

عبارت (پ): ساختار لوویس یون NO_3^- به صورت زیر است:

عبارت (ت): ساختار لوویس این ترکیب به صورت زیر است:

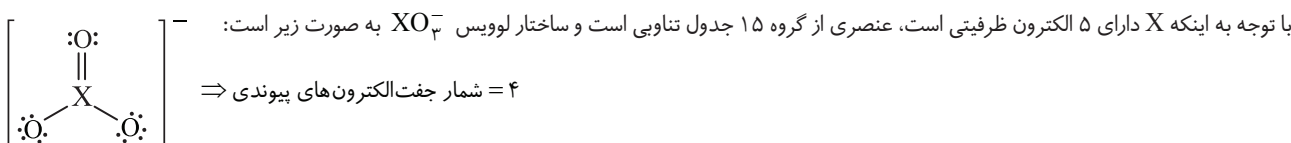
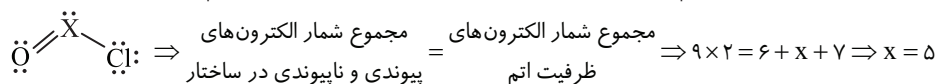


برای به دست آوردن بار یک ترکیب مولکولی می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

[مجموع شمار الکترون های به کار رفته در ساختار لوویس] - [مجموع الکترون های ظرفیت عناصرها] = q (بار یون)

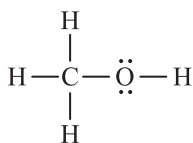
$$\Rightarrow q = [(7 \times 4) + (1 \times 3)] - [(4 \times 2) + (4 \times 6)] = -1$$

۳۷۵ (ب) ابتدا با توجه به اطلاعات داده شده، ساختار لوویس XOCl را رسم کرده و شمار الکترون های ظرفیت عنصر X را تعیین می کنیم:



عنصر X در واکنش با فلزات، یون $(3-)$ تشکیل می دهد و فرمول شیمیایی ترکیب حاصل از واکنش سدیم و X به صورت Na_3X است.

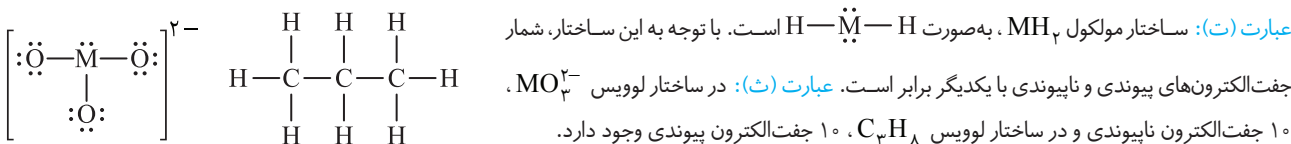
۳۷۶ (ب) عبارت های (الف)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): از آنجا که این گونه خنثی است، پس مجموع الکترون های ظرفیت در آن برابر با مجموع شمار الکترون های پیوندی و ناپیوندی می باشد. در ساختار داده شده، ۴ جفت الکترون پیوندی و ۸ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد، پس مجموع الکترون های لایه ظرفیت برابر با ۲۴ الکترون است. عبارت (ب): ساختار لوویس مولکول متانول (CH_3OH) به صورت زیر است.



با توجه به ساختار لوویس متانول، در هر مولکول آن ۵ پیوند کووالانسی وجود دارد، در حالی که در مولکول گونه داده شده در صورت سؤال، ۴ پیوند کووالانسی یافت می شود. عبارت (پ): با توجه به توضیح عبارت (الف) می توان نوشت: $=(M+3 \times 6)-(1 \times 2 \times 2) \Rightarrow M=6$

بنابراین اتم عنصر M ، ۶ الکترون در لایه ظرفیت خود دارد و متعلق به گروه ۱۶ جدول دوره ای می باشد.

* توجه: عنصرهای یک گروه خواص شیمیایی نسبتاً مشابهی دارند.



۳۷۷ (ج) همه موارد به جز مورد سوم، جمله را به درستی کامل می کنند. ابتدا ساختار یون ها را با توجه به ویژگی های ذکر شده برای آن ها رسم می کنیم. بررسی موارد:

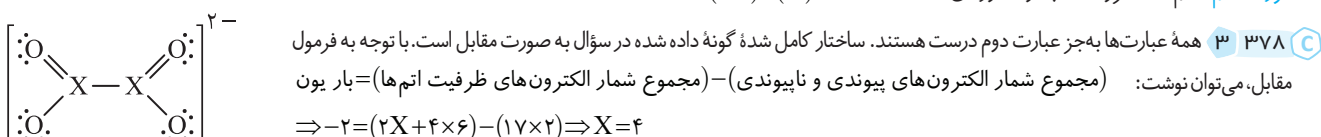
شیمیایی فرمول	XO_4^{2-}	XO_3^-	CX_3^{2-}	XO^+	X_2^{2-}	X_3O^{2-}	X_3^+
ساختار لوویس	$\left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{O}}-\text{X}-\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^{2-}$	$\left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{O}}-\text{X}-\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^-$	$\left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{X}}=\text{C}=\ddot{\text{X}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{X}}\text{:} \end{array} \right]^{2-}$	$[\text{:}\text{X} \equiv \text{O}:]^+$	$[\text{:}\text{X} \equiv \text{X}:]^{2-}$	$\left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{X}}-\text{X}-\ddot{\text{X}}\text{:} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{X}}\text{:} \end{array} \right]^{2-}$	$[\text{:}\ddot{\text{X}}-\ddot{\text{X}}-\ddot{\text{X}}\text{:}]^+$

مورد اول: اتم X : گروه ۱۵ جدول دوره ای $\Rightarrow X=5 \Rightarrow (3 \times 2) - (X + 4 \times 6) = -3$ **مورد دوم:** اتم X : گروه ۱۷ جدول دوره ای $\Rightarrow X=7 \Rightarrow (2 \times 0) - (X + 2 \times 6) = -1$

مورد سوم: اتم X : گروه ۱۵ جدول دوره ای $\Rightarrow X=5 \Rightarrow (4 + 2 \times X) - (1 \times 6) = -2$ **مورد چهارم:** اتم X : گروه ۱۵ جدول دوره ای $\Rightarrow X=5 \Rightarrow (X + 6) - (1 \times 0) = +1$

مورد پنجم: اتم X : گروه ۱۴ جدول دوره ای $\Rightarrow X=4 \Rightarrow (2 \times X) - (1 \times 0) = -2$ **مورد ششم:** اتم X : گروه ۱۶ جدول دوره ای $\Rightarrow X=6 \Rightarrow (2 \times X + 3 \times 6) - (3 \times 2) = -2$

مورد هفتم: اتم X : گروه ۱۷ جدول دوره ای $\Rightarrow X=7 \Rightarrow (3 \times X) - (2 \times 0) = +1$



با توجه به تعداد الکترون های ظرفیت عنصر X ، این عنصر کربن است. بررسی عبارت ها: عبارت اول: ساختار لوویس گونه های CN_2^{2-} و CO_3^{2-} به صورت مقابل است. با توجه به این ساختارها، تعداد پیوند دوگانه در یون CN_2^{2-} با تعداد پیوندهای یگانه در یون CO_3^{2-} یکسان و برابر با ۲ پیوند است.

$$\left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ || \\ \text{:}\ddot{\text{O}}-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{:} \\ | \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^{2-} \quad \left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{N}}=\text{C}=\ddot{\text{N}}\text{:} \end{array} \right]^{2-}$$

$$\begin{array}{c} \cdot\ddot{\text{O}}: \quad :\ddot{\text{O}}\cdot \\ || \quad || \\ :\ddot{\text{O}}-\text{N}-\text{N}-\ddot{\text{O}}: \\ | \quad | \\ :\ddot{\text{O}}: \quad :\ddot{\text{O}}: \end{array}$$
$$\text{SOCl}_2 \Rightarrow \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ | \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}-\text{S}-\ddot{\text{Cl}}\text{:} \end{array}$$
$$\text{SOCl}_2 \text{ پیوند های اشتراکی} = 23/8 \text{g SOCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol SOCl}_2}{119 \text{g SOCl}_2} \times \frac{3 \text{ پیوند}}{1 \text{ mol SOCl}_2} \times \frac{6/2 \times 10^{23} \text{ پیوند}}{1 \text{ mol پیوند}} = 3/6 \times 10^{23} \text{ پیوند}$$
$$\text{N}_2\text{O}_5 \Rightarrow \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \parallel \\ \text{N} - \ddot{\text{O}} - \text{N} \\ \parallel \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \parallel \\ \text{O} \\ \parallel \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}, \frac{\text{شمار الکترون های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون های پیوندی}} = \frac{12 \times 2}{8 \times 2} = 1/5$$
$$\text{SO}_3 \Rightarrow \begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ \parallel \\ \text{S} \\ / \quad \backslash \\ \ddot{\text{O}} \quad \ddot{\text{O}} \end{array}, \frac{\text{شمار الکترون های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون های پیوندی}} = \frac{8 \times 2}{4 \times 2} = 2 \quad \text{HCN} \Rightarrow \text{H} - \text{C} \equiv \text{N} : , \frac{\text{شمار الکترون های ناپیوندی}}{\text{شمار الکترون های پیوندی}} = \frac{1 \times 2}{4 \times 2} = 0.25$$
$$X_r^{r-} : \left[:X \equiv X: \right]^{r-}$$
$$\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} \right] \Rightarrow \text{پیوند اشتراکی}^4$$

به صورت $[X \equiv X]^{-2}$ باشد، در ساختار آن ۳ پیوند اشتراکی وجود دارد؛ بنابراین در مجموع در هر واحد فرمولی

مجموع الکترون‌های به کار رفته در ساختار لوویس] - [مجموع الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها] = q (بار گونه)

$$\left[:N \equiv N - N \equiv N - \ddot{N}: \right]^q \Rightarrow q = (\delta \times \delta) - (12 \times 2) = 2\delta - 24 = +1$$

$$\text{CO}_3^{2-} \Rightarrow \left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ || \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{--C--}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ | \quad | \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \quad \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^{2-}$$

شمار الکترون‌های پیوندی در CO_3^{2-} برابر $12.5 \times \left(\frac{1}{8}\right)$ است.

ሥ ሥላሳ ለ

*** توجه**

توجه کنید

የ ኃላፊ

دی اکسید

(III) آه:

بہم داخل

رومی ۱۱۱

 $\bullet \text{Na}_2\text{O}$

اکسید با فر

የ ሥላሴ

زغال سنگ

10

درسب هدا
ماجد فهد

اکثر

والدین کی

سیمای

مقدار کار

به صورت

۳۸۳ (A) ۴ نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به‌طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود و گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد، اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فراورده‌ها تولید خواهد شد؛ در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):** رنگ زرد شعله، نشان‌دهنده سوختن ناقص است و رنگ آبی شعله، نشان می‌دهد که وسیله گازسوز به‌درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد. رنگ شعله سدید و گوگرد به‌ترتیب زرد و آبی است. **گزینه (۳):** فراورده کربن‌دار سوختن کامل سوخت‌های فسیلی، گاز کربن دی‌اکسید و فراورده کربن‌دار سوختن ناقص آن‌ها که به همراه سایر فراورده‌های سوختن کامل تولید می‌شود، گاز سمی کربن مونوکسید است. با توجه به ساختار لوویس این دو ترکیب، در ساختار لوویس گاز کربن دی‌اکسید دو پیوند دوگانه و در ساختار لوویس گاز کربن مونوکسید یک پیوند سه‌گانه وجود دارد.

۳۸۴ (B) ۴ همه عبارت‌ها به جز عبارت (الف) درست هستند. مدل فضاپرکن نمایش داده شده در صورت سؤال مربوط به گاز کربن مونوکسید است. کربن مونوکسید، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. که ساختار لوویس آن به صورت مقابل بوده و نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در آن برابر $\frac{1}{5}$ است. $\text{CO} \Rightarrow \text{C} \equiv \text{O}:$ چگالی این گاز کمتر از هوا و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است؛ به‌طوری که به سرعت در همه فضای اتاق پخش می‌شود. از آنجا که میل ترکیبی همگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است، مولکول‌های آن پس از اتصال به همگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند.

۳۸۵ (B) ۴ مورد اول: اغلب فلزها مانند آهن در شرایط مناسب با گاز اکسیژن می‌سوزند. **مورد دوم:** نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی به مقدار گاز اکسیژن مورد دسترس در محیط بستگی دارد. **مورد سوم:** یکی از کاربردهای آرگون ایجاد محیط بی‌اثر هنگام جوشکاری است. با این روش، استحکام و طول عمر فلز جوشکاری شده افزایش می‌یابد. **مورد چهارم:** با توجه به فراورده‌های واکنش سوختن زغال سنگ، می‌توان نتیجه گرفت که در ساختار آن عناصر C، H و S وجود دارد و البته عنصرهای اکسیژن و نیتروژن هم یافت می‌شود. همچنین در واکنش سوختن ناقص زغال سنگ، گاز کربن مونوکسید تولید می‌شود.

نکته به هنگام جوشکاری می‌توان از گازهای نجیب مانند آرگون یا هلیوم به‌عنوان محیط بی‌اثر استفاده کرد. در این روش، این گازها به دلیل واکنش‌ناپذیری، با ایجاد محیط بی‌اثر، از ایجاد اکسید و متخلخل شدن ساختار فلز در اثر ایجاد اکسید فلز و سایر ترکیب‌ها جلوگیری می‌کنند.

۳۸۶ (B) ۱ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. شکل‌های (۱) تا (۴) به‌ترتیب سوختن عنصرهای منیزیم، گوگرد، سدیم و آهن را نمایش می‌دهند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** فراورده واکنش‌های (۱) تا (۳) به‌ترتیب منیزیم اکسید، گوگرد دی‌اکسید و سدیم اکسید می‌باشد که از میان این ترکیب‌ها، گوگرد دی‌اکسید برخلاف دو اکسید دیگر، یک ترکیب مولکولی است. **عبارت (ب):** فراورده حاصل در شکل (۲)، گوگرد دی‌اکسید (SO_2) و فراورده حاصل در شکل (۱)، منیزیم اکسید (MgO) است. شمار اتم‌های اکسیژن در هر واحد فرمولی از شکل‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب برابر با یک و دو است؛ بنابراین نسبت شمار اتم اکسیژن در هر واحد فرمولی از فراورده شکل (۲)، دو برابر تعداد اتم‌های اکسیژن در هر واحد فرمولی از فراورده شکل (۱) است. **عبارت (پ):** فراورده شکل‌های (۳) و (۴) به‌ترتیب سدیم اکسید (Na_2O) و آهن (III) اکسید (Fe_2O_3) بوده و نسبت آنیون به کاتیون در این دو ترکیب به‌ترتیب برابر با $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{2}$ است؛ بنابراین نسبت شمار آنیون‌ها به شمار کاتیون‌ها در فراورده شکل (۴)، سه برابر این نسبت در فراورده شکل (۳) است. **عبارت (ت):** عنصر نشان داده شده در شکل (۲)، گوگرد (S) است که پس از سوختن و به اشتراک گذاشتن الکترون با اتم‌های اکسیژن، به آرایش هشت‌تایی پایدار گاز نجیب آرگون می‌رسد.

نکته ترکیبی رنگ شعله واکنش‌ها در کتاب درسی در یک نگاه:

فرایند	رنگ	فرایند	رنگ	فرایند	رنگ	فرایند	رنگ
سوختن گرد آهن	نارنجی	سوختن لیتیم	قرمز	سوختن کامل متان	آبی	سوختن پتاسیم	بنفش
سوختن منیزیم	سفید	سوختن سدیم	زرد	سوختن ناقص متان	زرد	لامپ نئون	قرمز
سوختن گوگرد	آبی	سوختن مس	سبز				

۳۸۷ (A) ۳ رنگ زرد شعله در شکل (۱)، نشان‌دهنده سوختن ناقص سوخت فسیلی است و رنگ آبی شعله در شکل (۲)، نشان می‌دهد که وسیله گازسوز به‌درستی کار می‌کند و اکسیژن کافی در محیط واکنش وجود دارد. نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن سوخت‌های فسیلی، به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد؛ به‌طوری که اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود و گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد. اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فراورده‌ها تولید خواهد شد که در این حالت گفته می‌شود سوختن ناقص است. از آنجا که میل ترکیبی همگلوبین خون با گاز کربن مونوکسید بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است، مولکول‌های کربن مونوکسید پس از اتصال به همگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانه عصبی را فلج می‌کند به‌طوری که قدرت هرگونه اقدامی را از فرد مسموم می‌گیرد و بدین ترتیب باعث مرگ می‌شود.

۳۸۸ (B) ۳

نکته مقایسه واکنش‌های سوختن و اکسایش:

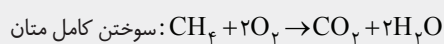
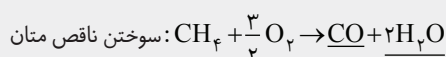
- شباهت‌ها: ۱- نوع فراورده‌های تولیدی ۲- مقدار انرژی آزاد شده
- تفاوت‌ها: ۱- سرعت واکنش ۲- ایجاد نور و شعله ۳- حالت فیزیکی آب

سوختن واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و گرما و نور آزاد می‌کند. اکسایش، واکنش آرام مواد با اکسیژن است که با تولید انرژی همراه است. توجه کنید که واکنش سوختن و اکسایش یک ماده تنها در سرعت واکنش با هم متفاوت‌اند و از نظر فراورده‌ها، میزان گرمای تولیدی و میزان اکسیژن مصرفی مشابه‌اند.

۳۸۹ (B) ۴

نکته ترکیبی تفاوت‌ها و شباهت‌های سوختن کامل و ناقص:

- شباهت‌ها: ۱- در هر دو، واکنش بین ماده سوختنی و اکسیژن انجام می‌شود. ۲- در هر دو واکنش، بخار آب تولید می‌شود. ۳- در هر دو واکنش، واکنش‌دهنده‌ها ناپایدارتر از فراورده‌ها هستند. ۴- چه در سوختن کامل و چه در سوختن ناقص یک ماده، هر دو مقدار مول یکسانی از هر کدام از فراورده‌ها تولید می‌شود.



مثال

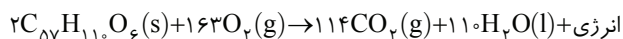
- تفاوت‌ها: ۱- در سوختن کامل برخلاف سوختن ناقص، غلظت اکسیژن محیط به اندازه کافی است. ۲- رنگ شعله سوختن ناقص، زرد رنگ و رنگ شعله سوختن کامل، آبی است. ۳- دمای شعله سوختن کامل بسیار بالاتر از سوختن ناقص است.

سوختن کامل و ناقص گاز شهری در همه موارد ذکر شده با هم متفاوت اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** رنگ شعله در واکنش سوختن کامل گاز شهری به رنگ آبی و در واکنش سوختن ناقص آن به رنگ زرد است. **عبارت (ب):** انرژی نور آبی بیشتر از نور زرد است؛ پس دمای شعله هنگام سوختن کامل گاز شهری بالاتر است. **عبارت (پ):** در واکنش سوختن کامل گاز شهری گاز کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌گردد، در حالی که در واکنش سوختن ناقص آن، گاز کربن مونوکسید و بخار آب تولید می‌شود. **عبارت (ت):** از آنجا که نوع فرآورده‌ها و سطح انرژی آن‌ها در واکنش‌های سوختن کامل و ناقص گاز شهری با یکدیگر متفاوت است؛ پس میزان گرمای حاصل از این واکنش‌ها نیز در شرایط یکسان، متفاوت خواهد بود. گرمای حاصل از سوختن کامل گاز شهری بیشتر از سوختن ناقص آن است. **عبارت (ث):** اگر اکسیژن در محیط وجود داشته باشد، سوختن کامل انجام می‌شود؛ اما اگر اکسیژن کم باشد، سوختن ناقص است. پس میزان اکسیژن مصرفی در واکنش سوختن ناقص کمتر است. **عبارت (ج):** یکی از فرآورده‌های سوختن ناقص گاز شهری گاز کربن مونوکسید است که بسیار سمی است و مسمومیت با آن کشنده است. کربن دی‌اکسید که از سوختن کامل گاز شهری حاصل می‌شود، سمی نیست.

۳۹۰ B ۱ اکسیژن در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها (نه هیدروکربن‌ها!) و پروتئین‌ها یافت می‌شود. هیدروکربن‌ها در ساختار خود دارای اتم‌های کربن و هیدروژن بوده و فاقد اتم اکسیژن هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):** بسیاری از واکنش‌های شیمیایی که پیوسته پیرامون ما رخ می‌دهند به دلیل تمایل زیاد اکسیژن برای انجام واکنش است. **گزینه (۳):** سوختن واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود و بخش دیگری از آن به صورت انرژی پتانسیل (شیمیایی) در فرآورده‌های واکنش باقی می‌ماند. **گزینه (۴):** نوع واکنش سوخت‌های فسیلی با گاز اکسیژن و نوع فرآورده‌های حاصل به مقدار اکسیژن در دسترس بستگی دارد.

۳۹۱ A ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. شکل (الف) مربوط به سوختن ناقص و شکل (ب) مربوط به سوختن کامل متان است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در طیف مرئی، طول موج نور زرد بلندتر از طول موج نور آبی است. **عبارت دوم:** در اثر سوختن ناقص متان، گاز کربن مونوکسید ($C \equiv O$) تولید می‌شود که در ساختار خود دارای یک پیوند سه‌گانه است. **عبارت سوم:** اگر اکسیژن کافی باشد، سوختن کامل انجام می‌شود؛ اما اگر مقدار اکسیژن کم باشد، سوختن به صورت ناقص است؛ بنابراین مقدار اکسیژن مصرفی در واکنش سوختن ناقص، کمتر است. **عبارت چهارم:** گاز کربن مونوکسید یکی از فرآورده‌های سوختن ناقص متان است که میل ترکیبی همگلوبین خون با آن بسیار زیاد و ۲۰۰ برابر گاز اکسیژن است.

۳۹۲ B ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اکسیژن یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهنده هوا که است که زندگی روی زمین به وجود آن گره خورده است. مقدار این گاز در لایه‌های گوناگون هوا که با هم تفاوت دارد. **عبارت (ب):** با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار گاز اکسیژن به طور پیوسته کاهش می‌یابد. **عبارت (پ):** اکسیژن گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب (نه همه!) عناصر و مواد واکنش می‌دهد. **عبارت (ت):** کربن مونوکسید (CO) نسبت به کربن دی‌اکسید (CO_2) سطح انرژی بیشتری دارد و ناپایدارتر است. **عبارت (ث):** چربی ذخیره شده در کوهان شتر ($C_{57}H_{111}O_6$)، مطابق واکنش زیر اکسایش یافته و افزون‌بر تولید انرژی، آب مورد نیاز جانور را نیز تأمین می‌کند. به معادله اکسایش این ماده در بدن شتر توجه کنید:



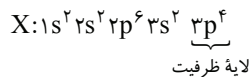
۳۹۳ C ۲ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** آهن دارای اکسیدهای FeO و Fe_2O_3 و مس دارای اکسیدهای CuO و Cu_2O می‌باشد. در FeO و CuO نسبت شمار آنیون به کاتیون، یکسان و برابر ۱ است. **عبارت (ب):** شمار اتم‌ها در فرمول مولکولی دی‌نیتروژن تترا اکسید (N_2O_4) برابر ۶ و در گوگرد دی‌اکسید (SO_2) برابر ۳ است. **عبارت (پ):** هر سه ترکیب SO_2 ، CH_4O و CS_2 در ساختار خود دارای ۴ پیوند کووالانسی هستند. **عبارت (ت):** سوختن واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود. این واکنش الزاماً به صورت کامل نمی‌باشد. **عبارت (ث):** کربن مونوکسید گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کمتر از هوا بوده و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است و میل ترکیبی آن با همگلوبین بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است.

۳۹۴ A ۱ فقط عبارت چهارم درست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند. اکسیدهای فلزی خاصیت بازی داشته و با انحلال در آب، محلولی با pH بزرگ‌تر از ۷ تولید می‌کنند. **عبارت دوم:** کاغذ pH در محیط اسیدی ($pH < 7$) به رنگ قرمز و در محیط بازی ($pH > 7$) به رنگ آبی درمی‌آید. **عبارت سوم:** مرجان‌ها، گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی هستند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این جانداران با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید محلول در آب از بین می‌روند؛ زیرا خاصیت اسیدی آب افزایش می‌یابد. **عبارت چهارم:** برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها از کلسیم اکسید (آهک) استفاده می‌شود. کلسیم عنصری از گروه دوم و دوره چهارم جدول تناوبی است. **عبارت پنجم:** به طور کلی اکسیدهای فلزی مانند Na_2O را اکسید بازی و اکسیدهای نافلزی مانند SO_2 را اکسید اسیدی می‌نامند.

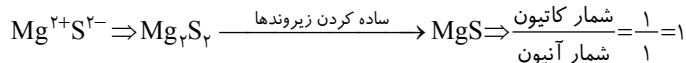
۳۹۵ A ۳ اکسیدهای نافلزی با انحلال در آب خاصیت اسیدی آن را افزایش می‌دهند. کاغذ pH در محیط اسیدی به رنگ قرمز درمی‌آید؛ بنابراین از میان اکسیدهای داده شده، چهار ترکیب کربن دی‌اکسید (CO_2)، تترا فسفر دکا اکسید (P_2O_5)، گوگرد تری اکسید (SO_3) و دی‌نیتروژن پنتا اکسید (N_2O_5) با انحلال در آب اسید تولید می‌کنند و کاغذ pH در محلول آبی این ترکیب‌ها به رنگ قرمز درمی‌آید.

۳۹۶ B ۴ همه اکسیدهای نافلزی، اکسید اسیدی نیستند. برای نمونه CO ، NO و N_2O ، اکسید نافلزی هستند ولی اکسید اسیدی نیستند؛ زیرا هنگام انحلال در آب، با مولکول‌های آب وارد واکنش نمی‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** مرجان‌ها، گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی هستند. آهک همان اکسید فلز کلسیم بوده که عنصری از گروه دوم جدول تناوبی است. **گزینه (۲):** فرمول شیمیایی آهک که همان کلسیم اکسید است، به صورت CaO می‌باشد. نسبت شمار آنیون به کاتیون در این ترکیب برابر با یک است. **گزینه (۳):** برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند.

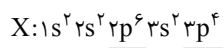
۳۹۷ ۳ اعداد کوانتومی $l=1$ و $n=3$ مربوط به زیرلایه‌های $3p$ است؛ بنابراین عنصر مورد نظر در لایه ظرفیت خود دارای ۴ الکترون در زیرلایه $3p$ است. طبق قاعده آفبا آرایش الکترونی این اتم به صورت مقابل است:



پس این عنصر دارای عدد اتمی ۱۶ بوده و همان گوگرد (S) است. S یک عنصر نافلزی بوده و اکسید آن در واکنش با آب، اسید تولید می‌کند. این اتم نافلزی با گرفتن ۲ الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب و اتم فلزی Mg با ۲ از دست دادن ۲ الکترون به آرایش هشت‌تایی گاز نجیب دست می‌یابد. بنابراین خواهیم داشت:

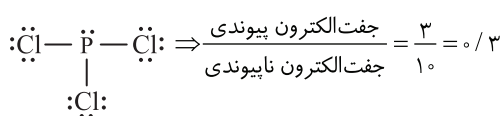


۳۹۸ ۲ عبارتهای چهارم و پنجم نادرست هستند. **بررسی عبارتهای اول:** کربن مونوکسید گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است و میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است به طوری که مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. **عبارت دوم:** برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را به عنوان اکسید فلزی برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این نوع مواد به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند. **عبارت سوم:** کلسیم اکسید (CaO) یک اکسید فلزی بوده و در واکنش با آب، باز تولید می‌کند. به همین دلیل از آن برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها استفاده می‌شود. **عبارت چهارم:** عدد کوانتومی $l=1$ مربوط به زیرلایه‌های p است. پس عنصر مورد نظر دارای ۱۰ الکترون در زیرلایه‌های p می‌باشد. طبق قاعده آفبا خواهیم داشت:



بنابراین این عنصر، گوگرد (S) است. گوگرد در دسته p جدول دوره‌ای قرار داشته و یک نافلز است. اکسید این نافلز یک اکسید اسیدی است و pH محلول آبی آن کمتر از ۷ است. **عبارت پنجم:** ششمین و دوازدهمین عناصر جدول دوره‌ای، کربن (C) و منیزیم (Mg) هستند. از میان اکسیدهای کربن (CO و CO_2)، گاز CO_2 در واکنش با آب، اسید تولید می‌کند و یک اکسید اسیدی است اما گاز CO هنگام انحلال در آب با آب واکنش نمی‌دهد. اکسید فلز منیزیم (MgO) یک اکسید بازی بوده و در واکنش با آب باز تولید می‌کند.

۳۹۹ ۴ عبارتهای (پ) و (ت) درست هستند. آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است، آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود؛ بنابراین، عناصر E, D, C, B, A به ترتیب فسفر، گوگرد، کلر، آرگون، پتاسیم و کلسیم هستند. **بررسی عبارتهای (الف):** پتاسیم اکسید (K_2O) برخلاف اکسیدهای گوگرد (SO_2 و SO_3) یک اکسید فلزی است و با حل شدن در آب یک محلول بازی ایجاد می‌کند که pH بزرگ‌تر از ۷ دارد. **عبارت (ب):** ترکیب حاصل از عناصر فسفر و کلر دارای فرمول مولکولی PCl_3 بوده و ساختار لوویس آن به صورت مقابل است:



عبارت (پ): برخی از کشاورزان کلسیم اکسید (آهک) را برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند. **عبارت (ت):** یون‌های پایدار این عناصر به ترتیب به صورت P^{3-} ، S^{2-} ، Cl^- ، K^+ و Ca^{2+} است و آرایش الکترونی همگی آن‌ها مشابه گاز نجیب آرگون است.

۴۰۰ ۲ عنصرهای معرفی شده در عبارتهای (الف) و (ت) فلز بوده و اکسید آن‌ها در اثر انحلال در آب، محلولی با خاصیت بازی ($pH > 7$) تولید می‌کنند. **بررسی عبارتهای (الف):** عنصر معرفی شده، پتاسیم (K) بوده که فرمول شیمیایی اکسید آن به صورت K_2O است. این ترکیب یک اکسید فلزی یا اکسید بازی است و با انحلال در آب، محلولی با خاصیت بازی تولید می‌کند. **عبارت (ب):** عنصرهای X و Y به ترتیب کلر (Cl) و آهن (Fe) هستند. کلر در گروه هفده جدول تناوبی و آهن در دوره چهارم این جدول قرار دارند؛ بنابراین عنصری که هم گروه با عنصر کلر و هم دوره با عنصر آهن باشد، عنصر برم (Br) است. این عنصر یک نافلز بوده و اکسید آن خاصیت اسیدی دارد. **عبارت (پ):** سومین گاز نجیب در جدول تناوبی، عنصر آرگون است. عنصری که با گرفتن سه الکترون به آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون می‌رسد، عنصر فسفر (P) بوده و یک عنصر نافلزی است؛ بنابراین اکسید آن خاصیت اسیدی دارد. **عبارت (ت):** زیرلایه مورد نظر، زیرلایه $4s$ است که نخستین عنصری است که در آن، این زیرلایه به‌طور کامل پر می‌شود، عنصر کلسیم با آرایش الکترونی $[Ar] 4s^2$ است. کلسیم عنصری فلزی بوده و اکسید آن خاصیت بازی دارد. **عبارت (ث):** چون تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها کوچک‌تر از اندازه بار آنیون است، پس ما این عبارت را یکبار با « $n-e=3$ » و یکبار با « $n-e=2$ » حل می‌کنیم:

$${}_{31}X^{3-} \begin{cases} n+p=31 \\ n-e=2 \end{cases} \xrightarrow{e=p+3} \begin{cases} n+p=31 \\ n-p=5 \end{cases} \Rightarrow p=13$$

حل با $n-e=2$:

عدد اتمی آلومینیم (Al) برابر ۱۳ است. یون پایدار آلومینیم (Al^{3+}) است. (نه Al^{3-})

$${}_{31}X^{3-} \begin{cases} n+p=31 \\ e-n=2 \end{cases} \xrightarrow{e=p+3} \begin{cases} n+p=31 \\ p-n=-1 \end{cases} \Rightarrow p=15$$

حل با $e-n=2$:

عدد اتمی عنصر فسفر (P) برابر ۱۵ است و یون پایدار آن (P^{3-}) است. اکسید این عنصر خاصیت اسیدی دارد و pH آن کوچک‌تر از ۷ است.

۴۰۱ ۴ فقط عبارت (ب) نادرست است. در هر تغییر شیمیایی مانند سوختن مواد، فساد مواد غذایی و ... از یک یا چند ماده شیمیایی، ماده (مواد) تازه‌ای تولید می‌شود. هر تغییر شیمیایی می‌تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آن‌ها را با یک معادله نشان می‌دهند. تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. برای مثال هنگامی که به شکر گرما داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن تغییر می‌کند.

۴۰۲ ۱ معادله نمادی، افزون‌بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها می‌تواند حالت فیزیکی آن‌ها و اطلاعاتی درباره شرایط واکنش نیز ارائه کند. این معادله اطلاعاتی از چگونگی، ترتیب و نحوه مخلوط کردن واکنش‌دهنده‌ها ارائه نمی‌دهد.

معنا	نماد
تولید می کند یا می دهد.	$\longrightarrow$
واکنش دهنده ها بر اثر گرم شدن واکنش می دهند.	$\xrightarrow{\Delta}$
واکنش در فشار ۲۰ اتمسفر انجام می شود.	$\xrightarrow{20\text{atm}}$
واکنش در دمای ۱۲۰۰ درجه سلسیوس انجام می شود.	$\xrightarrow{1200^{\circ}\text{C}}$
برای انجام شدن واکنش، از فلز پالادیم (Pd) به عنوان کاتالیزگر استفاده می شود.	$\xrightarrow{\text{Pd(s)}}$
جامد	(s)
مایع	(l)
گاز	(g)
محلول آبی	(aq)

۴۰۳ عبارت های (پ) و (ث) نادرست اند. بررسی عبارت ها: نمادهای به کار رفته برای حالت فیزیکی مواد در معادله های شیمیایی و معنای برخی از آن ها را در جدول روبه رو مشاهده می کنید. با توجه به توضیحات داده شده در این جدول، به بررسی عبارت ها می پردازیم: عبارت (الف): حالت فیزیکی مواد گازی را در معادله نمادی با نماد (g) نمایش می دهیم. با توجه به معادله داده شده در صورت سؤال، حالت فیزیکی همه مواد شرکت کننده در واکنش یکسان و به حالت گازی می باشد.

*** توجه:** در معادله واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار حالت گاز دارد. عبارت (ب): با توجه به دما و فشار معرفی شده در معادله واکنش، این واکنش در دمای 35°C و فشار 340atm انجام می شود.

★ نکته: دمای مورد نیاز برای انجام واکنش $(\xrightarrow{\theta^{\circ}\text{C}})$ یا علامت نیاز گرما برای شروع واکنش $(\xrightarrow{\Delta})$ ارتباطی با گرماگیر بودن واکنش ندارد و گرماده یا گرماگیر بودن واکنش را تنها با کمیت آنتالپی واکنش می توان سنجید.

عبارت (پ): با توجه به مطالب بیان شده، دمای مورد نیاز برای انجام واکنش، ارتباطی به گرماگیر یا گرماده بودن واکنش ندارد. عبارت (ت): برای نمایش کاتالیزگر واکنش، نماد شیمیایی آن را می توان روی فلش در معادله نمادی نشان داد. در این واکنش فلز پلاتین (Pt(s)) کاتالیزگر واکنش بوده و باعث می شود این واکنش با سرعت بیشتری انجام گیرد. عبارت (ث): از معادله نمادی نمی توان به چگونگی و ترتیب مخلوط شدن واکنش دهنده ها و مکانیزم واکنش پی برد.

۴۰۴

★ نکته: چه واکنش هایی از قانون پایستگی جرم پیروی می کنند؟ در دنیای واکنش های شیمیایی، یک قانون وجود دارد که همه بی چون و چرا از آن پیروی می کنند و آن این است که جرم مخلوط واکنش همواره عددی ثابت است. به این اصل، قانون پایستگی جرم در واکنش های شیمیایی می گوئیم. اکنون به نکات زیر درباره آن توجه کنید: ۱- در معادله واکنش های شیمیایی، مجموع شمار اتم های هر عنصر در دو طرف معادله یکسان است. ۲- در واکنش های شیمیایی موازنه شده، مجموع شمار اتم ها در دو طرف واکنش همواره برابر است. اما دقت کنید که در هر واکنشی که شمار اتم ها در دو طرف معادله یکسان است، لزوماً موازنه شده نیست. ۳- مجموع جرم واکنش دهنده ها با مجموع جرم فراورده ها برابر است. ۴- در برخی واکنش ها همچون تجزیه مواد جامد که در ظرف در باز انجام می گیرند، ممکن است در ظاهر احساس کنیم که جرم فراورده ها کمتر از واکنش دهنده ها است که این موضوع به خروج گازها از ظرف واکنش برمی گردد و این قانون نقض نشده است. ۵- در واکنش های هسته ای، قانون پایستگی جرم برقرار نیست.

یکی از ویژگی های مهم واکنش های شیمیایی این است که همه آن ها از قانون پایستگی جرم پیروی می کنند. طبق این قانون، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است. بررسی گزینه ها: گزینه (۱): در واکنش های شیمیایی، اتمی از بین نمی رود و به وجود هم نمی آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم های واکنش دهنده ها به شیوه های دیگری به هم متصل می شوند و فراورده ها را به وجود می آورند؛ بنابراین تعداد اتم های هر عنصر در دو سمت معادله واکنش یکسان است. طبق این قانون، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است. گزینه (۲): در معادله ای که مجموع تعداد اتم ها در واکنش دهنده ها با این مقدار در فراورده ها برابر است، الزاماً از قانون پایستگی جرم پیروی نمی کنند. برای مثال به واکنش $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{Al}(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}(\text{l}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ که ترمیت نام دارد، دقت کنید. در معادله نمادی نوشته شده، تعداد اتم ها در سمت واکنش دهنده با این تعداد در سمت فراورده ها یکسان و برابر با ۶ اتم می باشد، اما تعداد هر یک از اتم های عنصر آلومینیم و عنصر آهن در دو سمت واکنش یکسان نیست. گزینه (۳): در یک واکنش شیمیایی الزاماً مواد شرکت کننده، ترکیب های مولکولی نبوده و می توانند از دیگر انواع مواد باشند. همچنین توجه کنید که در یک واکنش شیمیایی الزاماً تعداد مول های مواد شرکت کننده در دو سمت معادله برابر نمی باشند، برای مثال در معادله موازنه شده واکنش $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ ، در واکنش دهنده ها یک مول ماده و در فراورده ها دو مول ماده وجود دارد. گزینه (۴): در واکنش های شیمیایی، شیوه اتصال اتم ها به یکدیگر تغییر می کند و از یک یا چند ماده (مولکولی یا یونی) یک یا چند ماده (مولکولی یا یونی) جدید ایجاد می شود.

۴۰۵

عبارت های (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): در معادله نمادی داده شده، نماد شیمیایی پلاتین اشتباه نوشته شده است. نماد شیمیایی عنصر پلاتین «Pt» بوده و «Pd» نماد شیمیایی عنصر پالادیم است. عبارت (ب): یک معادله نمادی، افزون بر نمایش فرمول شیمیایی واکنش دهنده ها و فراورده ها می تواند حالت فیزیکی آن ها و اطلاعاتی درباره شرایط انجام نیز ارائه کند. اما در معادله نوشتاری چنین مواردی بیان نمی شود. عبارت (پ): تغییر شیمیایی می تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آذاسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. اما توجه کنید که برخی از این تغییرات در تغییرات فیزیکی نیز ممکن است رخ بدهند، برای مثال با کاهش دمای یک محلول سیر شده، ماده حل شونده در ته ظرف رسوب می کند یا در هنگام به جوش آوردن آب، بخار آب تولید می شود، اما هیچ یک از این دو فرایند، یک تغییر شیمیایی محسوب نمی شوند. عبارت (ت): طبق قانون پایستگی جرم، در هر واکنش شیمیایی، جرم کل مواد موجود در مخلوط واکنش ثابت است.

۴۰۶

عبارت های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): یکی از ویژگی های مهم واکنش های شیمیایی این است که همه آن ها از قانون پایستگی جرم پیروی می کنند؛ زیرا در این واکنش ها تنها شیوه اتصال اتم ها به یکدیگر تغییر می کند و خود اتم ها از بین نمی روند و به وجود هم نمی آیند. عبارت (ب): طبق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم واکنش دهنده ها با مجموع جرم فراورده ها برابر است. با توجه به شکل داده شده، جرم فراورده واکنش برابر با $247/8 - 215/8 = 32\text{g}$ جرم گوگرد $\Rightarrow$ جرم نقره - مجموع جرم واکنش دهنده ها = جرم گوگرد نیز باید برابر با همین مقدار باشند، پس می توان نوشت:

عبارت (پ): نماد $(\xrightarrow{\Delta})$ نشان می دهد واکنش دهنده ها بر اثر گرم شدن واکنش می دهند و ارتباطی با مقدار گرمای مبادله شده در واکنش ندارد. برای بررسی مقدار گرمای مبادله شده در واکنش و گرماده یا گرماگیر بودن آن، باید کمیت آنتالپی واکنش را بررسی کرد. عبارت (ت): در یک واکنش شیمیایی، تعداد اتم های هر عنصر در دو سمت واکنش باید برابر باشند. از آنجا که در سمت راست واکنش (فراورده ها) $8(3 \times 2 + 2 \times 1)$ اتم اکسیژن یافت می شود، پس تعداد اتم های اکسیژن در سمت واکنش دهنده ها نیز باید همین مقدار باشد، پس می توان نوشت:

$$8 = x \times 2 \Rightarrow x = 4$$

۱۴۰۷ (A) طبق قانون پایستگی جرم، جرم کل مواد در مخلوط واکنش ثابت است، پس برای هر یک از شکل‌های (I) و (II) می‌توان نوشت:

شکل (I): $\text{mol S} = 52/8 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} = 1/65 \text{ mol S}$ ، $273/6 - 220/8 = 52/8 \text{ g}$ ، جرم گوگرد $\Rightarrow$ جرم نقره - جرم فرآورده = جرم گوگرد

شکل (II): $\text{mol O}_2 = 0/12 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} = 3/75 \times 10^{-3} \text{ mol O}_2$ ، $2/31 - 2/19 = 0/12 \text{ g}$ ، جرم اکسیژن $\Rightarrow$ جرم آهن - جرم فرآورده = جرم اکسیژن

۱۴۰۸ (A) ۳ رنگ هر یک از گونه‌های فلز نقره، عنصر گوگرد و نقره سولفید به ترتیب خاکستری، زرد و سیاه می‌باشد. بررسی سایر گزینه‌ها: (۱) نماد (aq) تنها برای محلول‌های آبی استفاده می‌شود. در معادله واکنش، رسوب حالت جامد، مذاب حالت مایع و بخار حالت گاز دارد. گزینه (۲): تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد و نماد «Δ» در معادله نمادی تنها به این معنی است که واکنش‌دهنده‌ها بر اثر گرم شدن واکنش می‌دهند. اینکه یک واکنش گرماده یا گرماگیر باشد را با کمیت دیگری به نام آنتالپی می‌سنجیم. گزینه (۴): یک نوع ماده هم می‌تواند در شرایط مناسب طی یک واکنش شیمیایی به ماده (مواد) دیگر تبدیل شود. به عنوان مثال در واکنش $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ فقط یک ماده به عنوان واکنش‌دهنده شرکت دارد.

۱۴۰۹ (B) ۱ عبارات اول و چهارم درست هستند. بررسی عبارات: عبارت اول: میل ترکیبی همگلوبین خون با گاز کربن مونوکسید بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است. همچنین میل ترکیبی اکسیژن بیشتر از کربن دی‌اکسید است، زیرا اگر این گونه نبود، به دلیل وجود CO_2 در هوا کره انسان‌ها و سایر موجودات زنده از بین می‌رفتند. پس میل ترکیبی همگلوبین خون با CO بیشتر از CO_2 است. عبارت دوم: تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، تشکیل رسوب و گاهی ایجاد نور و صدا همراه باشد. سوختن گرد آهن با اکسیژن، نور نارنجی رنگی پدید می‌آورد که حاکی از یک واکنش شیمیایی است. عبارت سوم: نماد H^+ نشان می‌دهد که برای انجام واکنش از یک کاتالیزگر اسیدی استفاده می‌شود. اما توجه کنید که فرآورده آلی این واکنش، به حالت محلول در آب (aq) است. (نه مایع (l)) عبارت چهارم: طبق قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی، شمار اتم‌ها در دو سمت معادله واکنش برابر است، اما لزوماً شمار مولکول‌ها برابر نیست. به عنوان مثال در معادله موازنه شده واکنش $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ شمار مولکول‌ها در دو طرف معادله برابر است؛ اما در واکنش: $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ شمار مولکول‌ها در دو طرف معادله برابر نیست و هر دو واکنش از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند.

۱۴۱۰ (B) فقط عبارت دوم درست است. بررسی عبارات: عبارت اول: آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژه آرگون به معنای تنبل است، زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری و برش فلزها و همچنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. جو بی‌اثر شهرت گاز نیتروژن است! عبارت دوم: شعله حاصل از سوختن متیزیم، سفید رنگ و شعله حاصل از سوختن سدیم، زرد رنگ است. هنگامی که به شکر گرما داده می‌شود، دچار تغییر شیمیایی می‌شود و رنگ آن به قهوه‌ای تغییر می‌کند. عبارت سوم: در فرایند تهیه هوای مایع، نخست هوا را از صافی‌هایی عبور می‌دهند تا گرد و غبار آن گرفته شود. سپس با استفاده از فشار، دمای هوا را پیوسته تا -200°C کاهش می‌دهند. در این دما، مخلوط بسیار سردی از چند مایع (نیتروژن، آرگون و اکسیژن) پدید می‌آید که به آن هوای مایع می‌گویند. عبارت چهارم: در فرایند تقطیر جزء به جزء هوای مایع، با کاهش دمای هوا تا صفر درجه سلسیوس (نقطه انجماد آب) رطوبت هوا به صورت یخ (جامد) از آن جدا می‌شود. همچنین در دمای -78°C (نقطه چگالش CO_2) گاز کربن دی‌اکسید هوا به حالت جامد درمی‌آید. عبارت پنجم: در واکنش‌های شیمیایی موازنه شده، همواره تعداد اتم‌های دو سمت معادله واکنش با هم برابرند؛ اما هر معادله‌ای که تعداد اتم‌های دو سمت آن برابر باشد موازنه شده نیست. برای مثال در واکنش: $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ، تعداد اتم‌های دو طرف معادله یکسان و برابر ۶ است؛ اما این واکنش موازنه نشده بوده و از قانون پایستگی جرم تبعیت نمی‌کند.

۱۴۱۱ (A) ۴ در واکنش‌های شیمیایی، اتمی از بین نمی‌رود و به وجود هم نمی‌آید، بلکه پس از انجام واکنش، اتم‌های واکنش‌دهنده‌ها به شیوه‌های دیگری به هم متصل می‌شوند و فرآورده‌ها را به وجود می‌آورند. این ویژگی نشان می‌دهد که جرم مواد، پیش از واکنش برابر با جرم مواد، پس از واکنش است؛ به دیگر سخن، جرم مواد شرکت‌کننده در یک واکنش شیمیایی، ثابت است. مطابق قانون پایستگی جرم، شمار اتم‌های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است، پس نسبت شمار اتم‌های عنصرهای گوناگون نسبت به هم نیز ثابت می‌ماند.

۱۴۱۲ (A) ۱ معادله موازنه شده واکنش‌های داده شده و نسبت خواسته شده به صورت زیر است:

واکنش (الف): $2\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{F}_4(\text{g}) + 6\text{HF}(\text{g}) \Rightarrow \frac{\text{مجموع ضرایب فرآورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}} = \frac{7}{7} = 1$

واکنش (ب): $\text{SOCl}_2(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \xrightarrow{\Delta} \text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{HCl}(\text{g}) \Rightarrow \frac{\text{مجموع ضرایب فرآورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}} = \frac{3}{2} = 1/2$

واکنش (پ): $2\text{ClF}_3(\text{g}) + 2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 6\text{HF}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \Rightarrow \frac{\text{مجموع ضرایب فرآورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}} = \frac{8}{4} = 2$

واکنش (ت): $2\text{NaHCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \Rightarrow \frac{\text{مجموع ضرایب فرآورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}} = \frac{3}{2} = 1/2$

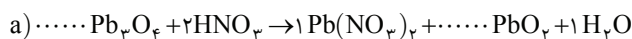
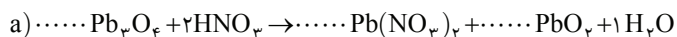
در واکنش‌های (ب) و (ت) مجموع ضریب‌های استوکیومتری فرآورده‌ها، $1/5$ برابر مجموع ضریب‌های استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها است.

۱۴۱۳ (B) ۲ ابتدا معادله موازنه شده هر سه واکنش را نوشته و سپس به بررسی هر یک از پرسش‌های داده شده می‌پردازیم:

(الف) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ (ب) $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (پ) $4\text{KNO}_3 \rightarrow 2\text{K}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + 5\text{O}_2$

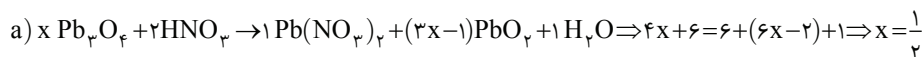
بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): در معادله موازنه شده واکنش (الف)، نسبت ضریب استوکیومتری آب به نیتروژن برابر با ۴ است. پرسش (ب): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش (ب) برابر با ۵ است. پرسش (پ): در واکنش (پ)، گازهای نیتروژن و اکسیژن جزء ترکیب‌های اکسیژن‌دار نیستند. مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های اکسیژن‌دار برابر با ۶ است.

۱۴۱۴ B در واکنش (a)، اتم هیدروژن فقط در HNO_3 و H_2O وجود دارد؛ بنابراین ضریب HNO_3 می‌بایست دو برابر H_2O باشد:

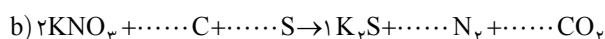
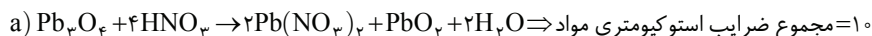


در ادامه اتم N را موازنه می‌کنیم:

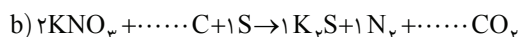
در ادامه ضریب Pb_3O_4 را x فرض کرده و اتم O را موازنه می‌کنیم:



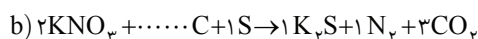
همه ضرایب را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم تا ضریب کسری حذف شود:



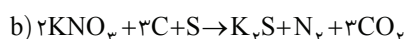
موازنه واکنش (b) را از اتم K آغاز می‌کنیم:



موازنه S و N:



موازنه O:



موازنه C:

بنابراین مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش (b) برابر ۱۱ بوده و تفاوت مجموع ضرایب مواد در واکنش‌های (a) و (b) برابر ۱ (۱۱-۱۰) است.

۱۴۱۵ A بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها با مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها یکسان و برابر ۳ است. گزینه (۲):

با توجه به معادله موازنه شده واکنش، از هر سه مولکول مواد واکنش دهنده (یک مولکول متان و دو مولکول اکسیژن)، سه مولکول فراورده (یک مولکول کربن دی‌اکسید و دو مولکول آب) تولید می‌شود. گزینه (۳): معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل گاز شهری به صورت $(\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O})$ است. در این واکنش مولکول‌های A و B به ترتیب گازهای اکسیژن و کربن دی‌اکسید بوده و ضریب استوکیومتری این دو ترکیب به ترتیب برابر با ۲ و ۱ است. گزینه (۴): شمار اتم‌های اکسیژن در مواد واکنش دهنده و شمار مولکول‌های متان در این واکنش به ترتیب برابر با ۴ و ۱ است.

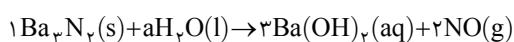
۱۴۱۶ B

* توجه: در معادله موازنه شده، ضرایب استوکیومتری مواد باید کوچک‌ترین اعداد صحیح ممکن باشند و نباید بتوانیم آن‌ها را با یکدیگر ساده نماییم.

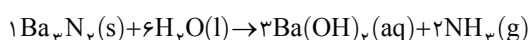
با توجه به شکل داده شده، در ابتدای واکنش ۷ مولکول A و ۴ مولکول B در ظرف واکنش داریم. در حالی که پس از انجام واکنش، ۳ مولکول A، ۲ مولکول B و ۲ مولکول C داریم؛ بنابراین معادله واکنش به صورت $(4A + 2B \rightarrow 2C)$ است. از آنجایی که در معادله موازنه شده واکنش می‌بایست ساده‌ترین و کوچک‌ترین ضرایب صحیح ممکن وجود داشته باشد، پس شکل موازنه شده واکنش انجام شده به صورت $2A + B \rightarrow C$ است.

۱۴۱۷ B طبق قانون پایستگی جرم، شمار اتم‌های هر عنصر در یک واکنش شیمیایی ثابت است. با توجه به معادله داده شده، اگر ضریب Ba_3N_2 را برابر ۱ قرار

دهیم، شمار اتم‌های باریم در واکنش برابر با ۳ است، پس ضریب باریم هیدروکسید در فراورده‌ها برابر با ۳ خواهد بود. با توجه به شمار اتم‌های نیتروژن در واکنش دهنده‌ها و ضریب ترکیب نیتروژن دار X در فراورده، فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت ND می‌باشد که عنصر D می‌تواند اکسیژن یا هیدروژن باشد. اگر D، عنصر اکسیژن باشد، معادله واکنش به صورت روبه‌رو خواهد بود:

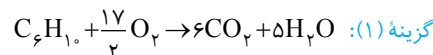


در این حالت، با توجه به تعداد اتم‌های هیدروژن و اکسیژن در سمت فراورده‌ها، نمی‌توان واکنش را موازنه کرد، پس فراورده X باید NH_3 بوده و معادله موازنه شده



واکنش به صورت روبه‌رو خواهد بود:

۱۴۱۸ B معادله موازنه شده هریک از ترکیب‌های داده شده را نوشته و شرط داده شده در صورت سؤال را بررسی می‌کنیم:



با توجه به معادله سوختن یک مول از هر یک از ترکیب‌های داده شده، اختلاف ضریب استوکیومتری کربن دی‌اکسید و اکسیژن در سوختن $(\text{C}_9\text{H}_{12})$ برابر با ۳ است.

۱۴۱۹ B عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. معادله موازنه شده واکنش به صورت $2\text{KBrO}_3 + 3\text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow 3\text{N}_2 + 2\text{KBr} + 6\text{H}_2\text{O}$ است. بررسی عبارت‌ها:

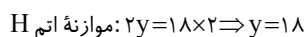
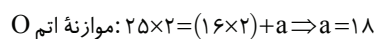
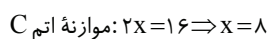
عبارت (الف): ضریب استوکیومتری N_2H_4 و KBr به ترتیب برابر با ۳ و ۲ است، پس نسبت ضریب استوکیومتری N_2H_4 به KBr برابر با $(1/5)$ است. عبارت (ب):

مجموع ضرایب ترکیب‌های هیدروژن دار، یعنی N_2H_4 و H_2O در این واکنش برابر با ۹ است. عبارت (پ): مجموع ضریب استوکیومتری مواد فراورده و واکنش دهنده

به ترتیب برابر با ۱۱ و ۵ است، پس نسبت خواسته شده برابر با $2/2$ است. عبارت (ت): با توجه به معادله موازنه شده واکنش، ضریب استوکیومتری آب برابر با ۶ بوده و از

ضریب استوکیومتری سایر ترکیب‌ها بزرگ‌تر است.

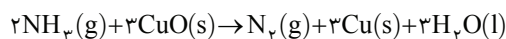
۱۴۲۰ B با توجه به معادله واکنش، مقدار x، y و a را به دست می‌آوریم:



بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌ها برابر ۳۶ (۲+۱۶+۱۸) است. دقت کنید که O_2 عنصر است و ترکیب محسوب نمی‌شود. گزینه (۲): فرمول شیمیایی هیدروکربن به صورت C_8H_{18} بوده و هر مولکول آن دارای ۲۶ اتم است. گزینه (۳): نمادهای (g) و (l) به ترتیب به معنای حالت گاز و مایع است. گزینه (۴): برای سوختن کامل دو مول از هیدروکربن، حداقل به ۲۵ مول گاز اکسیژن نیاز است، بنابراین در حضور اکسیژن ناکافی، هیدروکربن به صورت ناقص سوخته و شعله زرد رنگ ایجاد می‌کند. **B ۴۲۱ ۲** طبق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم مواد واکنش دهنده با مجموع جرم مواد فرآورده برابر است. در واکنش داده شده ۲ مول X با ۳ مول Y واکنش داده و a مول W و ۵ مول Z تولید می‌کند. پس خواهیم داشت:

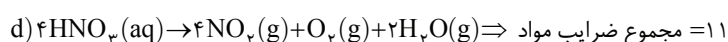
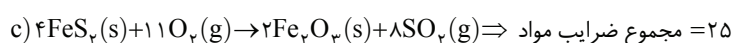
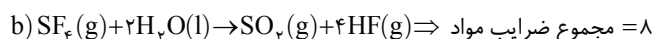
$$2 \times (x \text{ جرم مولی}) + 3 \times (y \text{ جرم مولی}) = a \times (w \text{ جرم مولی}) + 5 \times (z \text{ جرم مولی}) \Rightarrow 2(200) + 3(150) = a(75) + 5(125) \Rightarrow a = 3$$

B ۴۲۲ ۲ در این واکنش گاز آمونیاک با مس (II) اکسید واکنش می‌دهد و گاز نیتروژن، فلز مس و آب تولید می‌کند. معادله موازنه شده این واکنش به صورت زیر است:



با توجه به این معادله، مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها برابر ۵ و مجموع ضرایب استوکیومتری فرآورده‌ها برابر ۷ است. پس نسبت خواسته شده برابر $\frac{5}{7}$ می‌باشد.

B ۴۲۳ ۳ معادله موازنه شده واکنش‌ها به صورت زیر است:



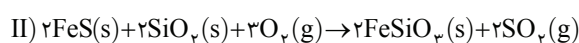
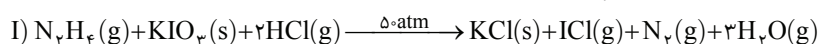
$$\frac{\text{مجموع ضرایب مواد در واکنش}}{\text{مجموع ضرایب مواد در واکنش}} = \frac{11}{25} = \frac{11}{44} = \frac{1}{4}$$

قسمت اول:

$$d \text{ و } b \Rightarrow 11 - 8 = 3 = \text{تفاوت مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش‌های } b \text{ و } d$$

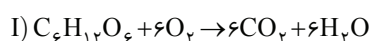
قسمت دوم:

B ۴۲۴ ۴ ابتدا واکنش‌ها را موازنه کرده و سپس به بررسی هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم: (I) برای واکنش (I)، بهتر است موازنه را از عنصر اکسیژن شروع نمایید!



بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): مجموع ضرایب مواد فرآورده در واکنش (I) برابر ۶ و مجموع ضرایب واکنش دهنده‌های جامد در واکنش (II) برابر ۴ است. پس نسبت خواسته شده برابر $\frac{1}{5}$ است. گزینه (۲): با انجام واکنش (I) در یک ظرف سربسته، تعداد مول‌های گازی موجود در ظرف، از ۳ مول به ۵ مول افزایش و در نتیجه فشار داخل ظرف افزایش می‌یابد. نماد $\xrightarrow{\Delta, atm}$ نشان می‌دهد که این واکنش در فشار 5×10^5 اتمسفر انجام می‌شود. گزینه (۳): یکی از فرآورده‌های واکنش (II)، گاز گوگرد دی‌اکسید (SO_2) است. این گاز در هوا کره ابتدا به SO_3 تبدیل شده و هنگام بارش در آب حل می‌شود و باران اسیدی ایجاد می‌کند. گزینه (۴): در واکنش (II)، مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها برابر ۷ و مجموع ضرایب فرآورده‌ها برابر ۴ است، پس تفاوت آن‌ها برابر ۳ است. اما در مولکول فسفر تری‌یدید (PI_3) مجموع شمار اتم‌ها برابر ۴ می‌باشد.

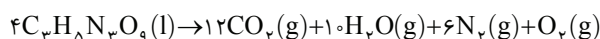
B ۴۲۵ ۳ عبارت‌های اول و سوم درست هستند. ابتدا واکنش‌ها را موازنه کرده و سپس به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: مجموع ضرایب مواد واکنش دهنده در واکنش (III) برابر ۱۸ و مجموع ضرایب مواد شرکت کننده در واکنش (I) برابر ۱۹ است که اختلاف آن‌ها برابر یک واحد است. عبارت دوم: نسبت مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها به مجموع ضرایب فرآورده‌ها در واکنش‌های (I)، (II) و (III) به ترتیب برابر $\frac{18}{17}$ ، $\frac{4}{29}$ و $\frac{7}{12}$ است. در واکنش (III) این نسبت بزرگ‌تر از یک است. عبارت سوم: تعداد اتم‌های Cl موجود در سمت راست واکنش (III) برابر ۱۶ و

مجموع ضرایب فرآورده‌های واکنش (I) برابر ۱۲ است. ضریب پیچیده‌ترین ماده موجود در واکنش (II) یعنی $C_3H_8N_3O_9$ برابر ۴ است.

B ۴۲۶ ۴ معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:



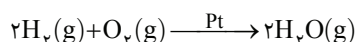
در این واکنش نیتروگلیسرین مایع به فرآورده‌های گازی تبدیل می‌شود. با توجه به معادله واکنش، مجموع ضرایب مواد گازی برابر ۲۹ و ضریب ماده مایع برابر ۴ است که نسبت آن‌ها برابر $\frac{29}{4}$ می‌باشد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): اغلب اکسیدهای نافلزی در واکنش با آب، اسید تولید می‌کنند و به همین دلیل آن‌ها

را اکسیدهای اسیدی می‌نامند. کاغذ pH در محیط اسیدی ($pH < 7$) سرخ‌رنگ است.

*** توجه** در دسته p جدول دوره‌ای علاوه بر نافلزها، شبه‌فلزها و فلزها نیز حضور دارند.

گزینه (۲): تغییر شیمیایی می‌تواند به تغییر رنگ همراه باشد. اما هر تغییر رنگی الزاماً به معنای انجام واکنش شیمیایی نبوده و برخی واکنش‌های فیزیکی نیز با تغییر رنگ

همراه‌اند. گزینه (۳): معادله موازنه شده این واکنش به صورت مقابل است:



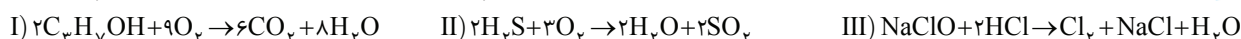
با توجه به این معادله، تعداد مول فرآورده ۱ واحد کمتر از مجموع تعداد مول‌های واکنش دهنده‌هاست.

۱۴۲۷ (B) عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. معادله موازنه شده این واکنشها به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در هر دو واکنش برابر ۱۹ است. عبارت (ب): ضرایب استوکیومتری گاز دواتمی واکنش (I) یعنی H_2 برابر ۹ و ضرایب استوکیومتری گاز دواتمی واکنش (II) یعنی O_2 برابر ۱ است، پس نسبت خواسته شده برابر ۹ می‌باشد. عبارت (پ): ضرایب استوکیومتری KCl و $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$ به ترتیب برابر ۳ و ۱ و ضرایب استوکیومتری H_2 و KBH_4 به ترتیب برابر ۹ و ۳ است. عبارت (ت): در واکنش (I)، سه ماده KBH_4 ، NH_4Cl و KCl دارای ضریب ۳ و در واکنش (II)، چهار ماده FeCrO_4 ، K_2CO_3 ، CO_2 و K_2CrO_4 دارای ضریب ۴ هستند.

۱۴۲۸ (B) همه عبارت‌های داده شده درست هستند. ابتدا معادله واکنش‌های داده شده را موازنه می‌کنیم، سپس به بررسی عبارت‌های داده شده می‌پردازیم:



بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): ضریب استوکیومتری آب در هر یک از معادله‌های (I) و (III) به ترتیب برابر با ۸ و ۱ است. عبارت (ب): در معادله (I)، ضریب استوکیومتری گاز اکسیژن برابر با ۹ است که از ضریب استوکیومتری سایر مواد موجود در واکنش بیشتر است. عبارت (پ): با توجه به معادله موازنه شده واکنش (II)، ضریب استوکیومتری هر یک از ترکیب‌های (H_2S) ، (H_2O) و (SO_2) برابر با ۲ است. عبارت (ت): در واکنش (III)، دو گونه (NaClO) و (H_2O) دارای اتم اکسیژن در ساختار خود هستند. مجموع ضریب استوکیومتری این دو ترکیب برابر با ۲ است. عبارت (ث): مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌های واکنش (II) برابر با مجموع ضرایب ترکیب‌های شرکت کننده در واکنش (III) و برابر ۵ است. دقت کنید که Cl_2 عنصر است نه ترکیب.

۱۴۲۹ (B) معادله موازنه شده واکنشها به صورت زیر است:



در واکنش‌های (۱) و (۳) پارامترهای y و n و در واکنش (۴) پارامترهای x و m برابر ۴ هستند.

۱۴۳۰ (C)

نکته ترکیب موازنه معادله‌های واکنش‌های شیمیایی: در سؤالات کنکور و آزمون‌های آزمایشی ممکن است به معادله‌ای برخورد کنید که به روش واری یا سایر روش‌ها به بن‌بست می‌خورد و نمی‌توان ادامه روند موازنه را انجام داد. این گونه واکنش‌ها باید به روش اکسایش-کاهش یا روش جبری موازنه شود. روش اکسایش-کاهش را در فصل ۲ شیمی ۳ می‌آموزید. فعلاً در این بخش روش جبری را شرح می‌دهیم. اما بدانید که استفاده از این روش به علت تشکیل معادله‌های چند مجهولی، اندکی زمانبر است؛ لذا توصیه می‌کنیم که معادله را به روش واری حل کنید تا تعدادی از ضرایب گونه‌ها را به‌دست آورید و بعد که دیگر نتوانستید با این روش ادامه دهید، از روش جبری که مراحل آن برای یک نمونه واکنش نمایش داده شده استفاده کنید:



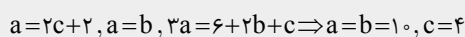
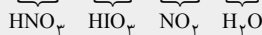
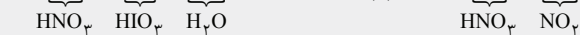
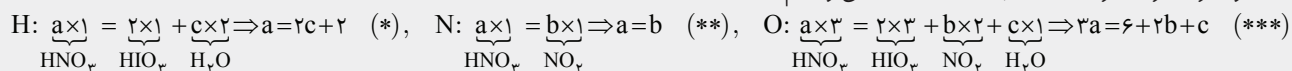
۱- فرض کنید قصد داریم معادله واکنش مقابل را موازنه کنیم:



۲- همان‌طور که ملاحظه می‌کنید از این مقدار بیشتر نمی‌توان پیش رفت؛ بنابراین به ترکیبات باقی‌مانده، ضرایب a ، b و c می‌دهیم:



۳- اکنون برای هر عنصر (H ، N ، O) یک معادله می‌نویسیم:



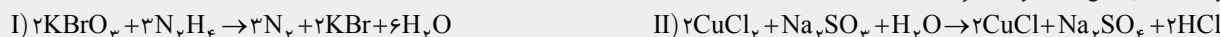
۴- با حل معادلات بالا به اعداد مقابل می‌رسیم:



معادله موازنه واکنش به‌صورت مقابل است:

دقت کنید با توجه به موازنه کامل بد در ابتدای معادله و به‌روش واری، در روش جبری فقط عناصر هیدروژن، نیتروژن و اکسیژن را موازنه کردیم.

معادله موازنه شده واکنشها به‌صورت زیر است:



عبارتهای (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد فرآورده در واکنش (II) با مجموع ضرایب استوکیومتری مواد واکنش‌دهنده در واکنش (I) یکسان و برابر با ۵ است. عبارت (ب): ترکیب‌های مولکولی واکنش‌های (I) و (II) به ترتیب (N_2H_4) ، (N_2) و (H_2O) و (HCl) هستند. ساختار لوویس و شمار جفت الکترون‌های پیوندی این مولکول‌ها به‌صورت زیر است:

(II)		(I)		شماره واکنش
HCl	H ₂ O	H ₂ O	N ₂	گونه شیمیایی
H — $\ddot{\text{Cl}}$:	H — $\ddot{\text{O}}$ — H	H — $\ddot{\text{O}}$ — H	:N $\equiv$ N:	ساختار لوویس
۱	۲	۲	۳	شمار جفت الکترون‌های پیوندی

حال با استفاده از مقادیر محاسبه شده، حداقل تعداد درختان مورد نیاز را می‌یابیم:

$$\text{درخت } ۱۳۷۵۲ = \frac{۲۱۸۸۸}{۱۹۱} = \frac{\text{مقدار کربن دی اکسید تولید شده در یک ماه}}{\text{حداقل تعداد درختان}} \Rightarrow \frac{\text{مقدار کربن دی اکسید مصرفی یک درخت در یک ماه}}{\text{مقدار کربن دی اکسید تولید شده در یک ماه}}$$

۲ ۴۳۷ B هر درخت با قطر ۲۲-۲۸cm به طور متوسط ۳۴/۶ کیلوگرم کربن دی اکسید را در طول یک سال مصرف می کند، پس برای محاسبه مقدار کربن دی اکسید تولید شده هنگام تولید برق مورد نیاز می توان نوشت:

$$\frac{۳۴/۶ \text{ kg CO}_2}{\text{درخت}} = \frac{۱/۲۲ \times ۱۰^۹ \text{ kg CO}_2}{\text{مقدار کربن دی اکسید}}$$

حال مقدار کل برق مصرفی خانه های یک شهر در یک سال را محاسبه کرده و با توجه به مقدار کربن دی اکسید تولید شده در یک سال، مقدار کربن دی اکسید تولید شده به ازای هر کیلووات برق را به دست می آوریم:

$$\frac{۱/۲۲ \times ۱۰^۹ \text{ kg CO}_2}{۱/۷۶ \times ۱۰^۹ \text{ kW}} = \frac{\text{مقدار کربن دی اکسید تولید شده به ازای هر کیلووات ساعت برق مصرفی}}{\text{مقدار کربن دی اکسید تولیدی به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی برای نفت خام برابر با ۰/۷ است.}}$$

با توجه به مقدار محاسبه شده و جدول داده شده، مقدار کربن دی اکسید تولیدی به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی برای نفت خام برابر با ۰/۷ است.

۳ ۴۳۸ B ابتدا مسافت طی شده در طول یک سال (۱۲ ماه) توسط خودرو با برچسب C را بدست می آوریم:

$$\frac{۱۵۰ \text{ km}}{\text{ماه}} \times ۱۲ \text{ ماه} = ۱۸۰۰ \text{ km}$$

سپس میزان کربن دی اکسید تولیدی در طول یک سال توسط هریک از خودروهای با برچسب A و C را محاسبه می کنیم:

$$\frac{۱۲ \text{ g CO}_2}{۱ \text{ km}} \times ۲۵۰۰ \text{ km} = ۳۰۰ \text{ kg CO}_2 \quad \frac{۱۵ \text{ g CO}_2}{۱ \text{ km}} \times ۱۸۰۰ \text{ km} = ۲۷۰ \text{ kg CO}_2$$

بنابراین خودرو با برچسب A در مقایسه با خودرو با برچسب C در طول یک سال میزان CO₂ بیشتری تولید می کند. در نهایت شمار درخت های مورد نیاز برای مصرف

کربن دی اکسید تولید شده در مدت یک سال توسط خودرو با برچسب A را محاسبه می کنیم:

$$\frac{۳۰۰ \text{ kg CO}_2}{۵۰ \text{ kg CO}_2} = ۶ \text{ درخت} \quad \frac{۲۷۰ \text{ kg CO}_2}{۱ \text{ kg CO}_2} = ۲۷۰ \text{ درخت}$$

این مقدار در یک سال توسط این کارخانه تولید می شود. در نهایت مقدار برق مصرفی توسط این کارخانه را در هر یک ماه محاسبه می کنیم:

$$\frac{۳۷/۸ \times ۱۰^۶ \text{ kg CO}_2}{۱ \text{ سال}} \times \frac{۱ \text{ kw/h}}{۰/۹ \text{ kg CO}_2} = ۳/۵ \times ۱۰^۶ \text{ kw/h}$$

۲ ۴۴۰ B به اکسیدهای فلزی، اکسید بازی و به اکسیدهای نافلزی، اکسیدهای اسیدی می گویند. در میان ترکیبات نام برده شده، MgO و Na₂O اکسیدهای بازی و CO₂ و SO₂ اکسیدهای اسیدی محسوب می شوند. بررسی سایر گزینه ها: گزینه (۱): در فرمول مولکولی، اتمی که سمت چپ نوشته می شود، به جز اتم هیدروژن، اتم مرکزی است و اتم های

دیگر با یک، دو یا سه پیوند اشتراکی به آن متصل می شوند. برای مثال در HNO₃ و SO₃ به ترتیب اتم های N و S، اتم مرکزی هستند؛ بنابراین در فرمول مولکولی، همواره اتمی که در سمت چپ نوشته می شود، اتم مرکزی نیست. گزینه (۳): ترتیب درست رد پای کربن دی اکسید تولیدی از منابع مختلف به ازای تولید مقدار برق یکسان به صورت زیر است:

باد > گرمای زمین > انرژی خورشید > گاز طبیعی > نفت خام > زغال سنگ

گزینه (۴): گازهای NO و NO₂ جزء آلاینده هایی هستند که از آگزوز خودروها خارج می شوند. با توجه به ساختار

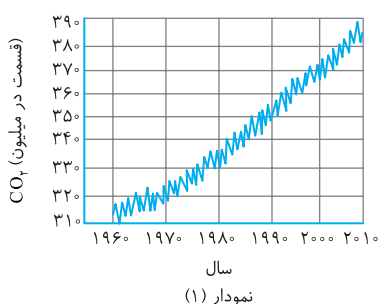
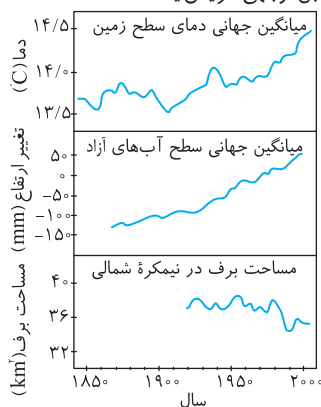
لوویس این دو ترکیب، اتم نیتروژن در آن ها به آرایش گاز نجیب نرسیده است:

۲ ۴۴۱ A فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت ها: عبارت (الف): دانشمندان از استفاده از بالون های هواشناسی، ماهواره ها، کشتی های اقیانوس پیما و گویچه های

شناور در دریاها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کره زمین را در سرتاسر نقاط آن رصد می کنند. عبارت (ب): حفظ و توسعه مزارع، باغ ها و پوشش های گیاهی به کاهش رد پای کربن دی اکسید کمک می کند. به طور مثال یک درخت تنومند سالانه در حدود ۵۰ کیلوگرم کربن دی اکسید مصرف می کند. عبارت (پ): شواهد نشان می دهند که در طول سده گذشته میانگین دمای کره زمین افزایش یافته است. این افزایش دما سبب شده تا شرایط آب و هوایی در نقاط گوناگون زمین تغییر کند. عبارت (ت): آمارها نشان می دهند که سالانه میلیاردها تن کربن دی اکسید به هوا کره وارد می شود، به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هوا کره به میزان قابل توجهی افزایش یافته است.

۱ ۴۴۲ A آمارها نشان می دهند که سالانه میلیاردها تن کربن

دی اکسید به هوا کره وارد می شود، به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هوا کره به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. نمودارهای مقابل تغییر مقدار میانگین کربن دی اکسید در هوا کره، میزان بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییر میانگین دمای کره زمین و میانگین مساحت برف در نیم کره شمالی را نشان می دهند.



۴۴۳ (A) ۲ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** هر دو اکسید کربن، یعنی (CO و CO_۲) در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، به همراه

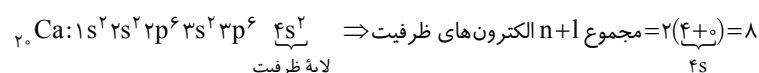
سایر آلاینده‌های تولید شده، وارد هواکره می‌شوند. **عبارت (ب):** با افزایش مقدار کربن دی‌اکسید در هواکره، به دلیل افزایش اثر گلخانه‌ای، میانگین جهانی دمای سطح زمین افزایش می‌یابد. با افزایش میانگین جهانی دمای سطح زمین، مساحت برف در نیمکره شمالی کاهش یافته و میانگین جهانی سطح آب‌های آزاد افزایش می‌یابد. **عبارت (پ):** شواهد نشان می‌دهند که فصل بهار در نیمکره شمالی زمین، نسبت به ۵۰ سال گذشته در حدود یک هفته زودتر آغاز می‌شود. **عبارت (ت):** ترتیب صحیح مقایسه رد پای CO_۲ ایجاد شده از منابع گوناگون برای تولید برق به صورت مقابل است:

بنابراین مقدار گاز کربن دی‌اکسید تولید شده برای تولید برق از انرژی خورشیدی بیشتر از گرمای زمین و باد است. **عبارت (ث):** آلاینده‌های نیتروژن‌دار حاصل از سوزاندن سوخت‌های فسیلی در موتور خودروها، NO و NO_۲ هستند که اتم نیتروژن در هیچ کدام از این دو مولکول به آرایش هشت‌تایی نرسیده است.

۴۴۴ (C) ۲ عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** در تترافسفر دکا اکسید (P_۴O_{۱۰}) مجموعاً ۱۴ اتم و در مس (I) اکسید (Cu_۲O) مجموعاً ۳ اتم وجود دارد؛ بنابراین اختلاف تعداد اتم‌ها در فرمول شیمیایی در این دو ترکیب برابر با ۱۱ است.

عبارت دوم: ساختار لوویس مولکول CH_۴O به صورت روبه‌رو است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، در ساختار این مولکول ۴ جفت‌الکترون پیوندی و دو جفت‌الکترون ناپیوندی وجود دارد. **عبارت سوم:** در اثر سوختن سوخت‌های فسیلی گوگرددار، گوگرد دی‌اکسید (SO_۲) تولید می‌شود. دقت کنید که گاز SO_۲ جزء آلاینده‌های خروجی از آگروز خودروها نیست. **عبارت چهارم:** بیشترین و کمترین میزان CO_۲ تولید شده به ازای تولید مقدار برق یکسان به ترتیب متعلق به زغال سنگ و باد است. مقایسه CO_۲ تولیدی از منابع گوناگون تولید برق به صورت مقابل است:

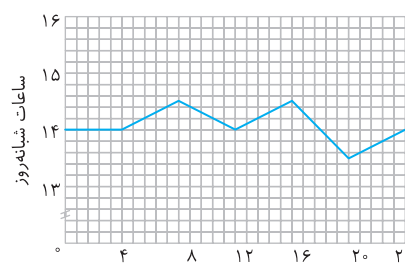
عبارت پنجم: در میان عناصر دوره چهارم جدول دوره‌ای، فقط عنصر کلسیم (Ca) است که مجموع n+l آن برابر ۸ است:



کلسیم اکسید (CaO)، اکسید بازی است و در اثر انحلال در آب، pH آب را افزایش می‌دهد. **عبارت ششم:** NO و NO_۲ دو ترکیب از آلاینده‌های خروجی آگروز خودروها می‌باشند. ساختار لوویس آن‌ها به صورت مقابل است. با توجه به ساختار رسم شده، اتم مرکزی در دو اکسید NO و NO_۲ الکترون منفرد دارد.

۴۴۵ (A) ۱ گلخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دور تا دور آن‌ها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های شفاف می‌پوشانند و در آن‌ها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند. در گلخانه‌ها در چهار فصل سال به ویژه در زمستان، فرآورده‌های کشاورزی مانند قارچ، خیار، گوجه فرنگی، توت فرنگی و ... کشت می‌شود. گلخانه، گیاه یا میوه را از آسیب‌های ناشی از تغییر دما و آفت‌ها حفظ می‌کند. لایه پلاستیکی باعث گرم نگه داشتن گلخانه شده و دمای درون آن را تعدیل می‌کند. تغییرات دما در یک گلخانه در مقایسه با محیط بیرون در یک روز زمستانی بسیار کم است.

۴۴۶ (A) ۴ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی موارد: عبارت‌های (الف) و (ب):** نور خورشید هنگام گذر از لایه پلاستیکی یا شیشه‌ای گلخانه با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و بخش عمده آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو، خاک و گیاهان درون گلخانه گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است و در ناحیه فروسرخ قرار دارد. **عبارت (پ):**



پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج‌های بلندتر به هواکره برمی‌گردند، اما برخی گازهای موجود در هواکره مانند CO_۲ و H_۲O و ... مانع از خروج آن‌ها می‌شوند و بدین ترتیب زمین را گرم می‌کنند. با توجه به توضیح عبارت (الف)، نقش مولکول‌های CO_۲ و H_۲O در هواکره با لایه پلاستیکی یا شیشه‌ای در گلخانه‌ها یکسان و برای جلوگیری از خروج پرتوهای فروسرخ بازتاب شده از زمین است. **عبارت (ت):** با توجه به نمودار روبه‌رو که تغییر دمای یک گلخانه را در یک روز زمستانی نشان می‌دهد، دمای درون گلخانه تقریباً ثابت و بین ۱۳/۵°C تا ۱۴/۵°C است.

۴۴۷ (A) ۴ عبارت‌های (پ) و (ث) نادرست هستند. با توجه به شکل کتاب درسی، نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و بخش عمده‌ای از آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو، زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد؛ با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده، کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است. کره زمین با لایه‌ای از گازها به نام هواکره احاطه شده است. این لایه برای زمین همانند لایه پلاستیکی برای گلخانه است و سبب گرم شدن کره زمین می‌شود، به‌طوری که اگر این لایه وجود نداشت میانگین دمای کره زمین به ۱۸°C- کاهش می‌یافت. با این توصیف پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به زمین دوباره با طول موج‌های بلندتر به هواکره برمی‌گردند، اما برخی از گازهای موجود در هواکره مانند CO_۲ و H_۲O مانع از خروج آن‌ها می‌شوند و بدین ترتیب زمین را گرم‌تر می‌کنند. هرچه مقدار این گازها در هواکره بیشتر باشد، دمای زمین بالاتر خواهد رفت؛ بنابراین عبارت (پ) نادرست است. دقت کنید که زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد و گازهای گلخانه‌ای تنها مانع خروج بخش کوچکی از این گرما از زمین می‌شوند. بنابراین عبارت (ث) هم نادرست است.

۳ ۴۴۸ B به شکل‌های زیر توجه کنید:



با توجه به شکل‌های داده شده، ابتدا پرتوهای خورشیدی به هواکره زمین می‌رسند. بخش کوچکی از پرتوهای خورشیدی به وسیله هواکره جذب می‌شود، بخش عمده‌ای از این پرتوها به وسیله زمین جذب می‌شود و بخشی از پرتوهای خورشیدی بازتابیده شده و به فضا برمی‌گردد. سپس زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد. گازهای گلخانه‌ای مانع از خروج کامل گرمای آزاد شده می‌شود. مقدار قابل توجهی از پرتوهای فروسرخ گسیل شده از زمین پس از برخورد به مولکول‌های کربن دی‌اکسید بازتابش شده و به زمین برمی‌گردند.

۳ ۴۴۹ A نور خورشید هنگام عبور از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های آن برخورد می‌کند و بخش عمده آن به سطح زمین می‌رسد. به طور کلی در مورد پرتوهای خورشیدی گسیل شده به سمت زمین می‌توان گفت:

الف) بخش عمده‌ای از این پرتوها به وسیله زمین جذب می‌شود. ب) بخش کوچکی از پرتوهای خورشیدی به وسیله هواکره جذب می‌شود. پ) بخشی از پرتوهای خورشیدی بازتابیده شده به فضا برمی‌گردد.

بنابراین سهم پرتوهای خورشید جذب شده توسط هواکره در مقایسه با پرتوهای جذب شده توسط کره زمین، اندک است. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): مجموع انرژی گسیل شده از خورشید به سمت زمین بیشتر از مجموع انرژی گسیل شده از سطح زمین است؛ به عبارت دیگر، امواج گسیل شده از زمین در مقایسه با پرتوهای جذب شده دارای انرژی کمتر و طول موج بلندتر هستند. گزینه (۲): سهم گرمای گسیل شده از سطح زمین به خارج از جو، در مقایسه با گرمای برگشت داده شده به سطح زمین، بیشتر است. پرتوهای فروسرخ تابیده شده از سمت زمین به طور عمده از زمین خارج می‌شود و بخش کوچکی از آن، توسط اثر گلخانه‌ای به زمین برمی‌گردد. گزینه (۴): همان‌طور که گفتیم، امواج گسیل شده از زمین در مقایسه با پرتوهای جذب شده دارای انرژی کمتر و طول موج بلندتر هستند؛ بنابراین پرتوها هنگام ورود، پراثری بوده و از سد گازهای گلخانه‌ای عبور می‌کنند (میزان ورود انرژی ناشی از تابش پرتوهای خورشیدی به هواکره، به مقدار گازهای گلخانه‌ای وابسته نیست). ولی میزان خروج انرژی گسیل شده از زمین به هواکره، به مقدار گازهای گلخانه‌ای وابسته است.

۱ ۴۵۰ B عبارتهای (ب) و (ث) درست است. بررسی عبارتهای (الف): بخشی از پرتوهای خورشیدی پس از برخورد به مولکول‌های هواکره بازتاب شده و به فضا برمی‌گردد. عبارت (ب): پرتوهای A، پرتوهای خورشید هستند که دارای طول موج کوتاه و انرژی زیاد هستند. این پرتوها پس از برخورد به زمین آن را گرم کرده و باعث تابش پرتوهای B می‌شوند. این پرتوها طول موج بلندتر و انرژی کمتری نسبت به پرتوهای A دارند. عبارت (پ): پرتوهای C که در محدوده فروسرخ قرار دارند، پرتوهای بازتاب شده از گازهای گلخانه‌ای را نشان می‌دهد. این گازها می‌توانند گونه‌های مختلفی از جمله کربن دی‌اکسید، آب و ... باشند. عبارت (ت): گاز کربن دی‌اکسید یکی از انواع گازهای گلخانه‌ای است و الزاماً در همه مولکول‌های گازهای گلخانه‌ای اتم کربن وجود ندارد. بخار آب نمونه دیگری از گازهای گلخانه‌ای است. عبارت (ث): اگر هواکره و گازهای گلخانه‌ای موجود در آن در اطراف زمین وجود نداشت، دمای سطح کره زمین به 18°C یا 255K می‌رسید.

$$T(\text{K}) = 273 + \theta(^{\circ}\text{C}) = 273 + (-18) = 255\text{K}$$

۲ ۴۵۱ B عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای (الف): سوختن گوگرد و هیدروکربن‌ها به ترتیب منجر به تولید گاز SO_2 و CO_2 می‌شود. وجود این دو گاز در هواکره و واکنش آن‌ها با آب باران، باعث تولید اسیدهای H_2SO_4 و H_2CO_3 و در نهایت کاهش pH آب باران می‌شود. عبارت (ب): یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید می‌باشد. کربن دی‌اکسید و برخی گازهای دیگر موجود در هواکره مانع از خروج پرتوهای بازتاب شده از سطح زمین شده و در نهایت با بازگشت این پرتوها، میانگین دمای کره زمین افزایش می‌یابد. عبارت (پ): مجموع شمار الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در یک مولکول برابر مجموع کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های آن مولکول است:

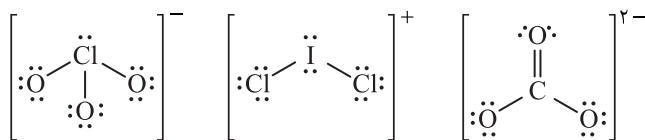
$$\text{NO} \Rightarrow \text{الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها} = 5 + 6 = 11$$

$$\text{SCO} \Rightarrow \text{الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها} = 6 + 4 + 6 = 16$$

بنابراین در ساختار هر مولکول کربنیل سولفید و نیترژن مونوکسید به ترتیب در مجموع ۱۶ و ۱۱ الکترون پیوندی و ناپیوندی وجود دارد. عبارت (ت): فرمول شیمیایی آهن (III) اکسید و آلومینیم اکسید به ترتیب به صورت Fe_2O_3 و Al_2O_3 است و نسبت بار کاتیون به شمار اتم‌ها در هر دوی آن‌ها برابر $\frac{3}{5}$ می‌باشد. عبارت (ث): CO_2 یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که با افزایش غلظت آن در هواکره و انحلال آن در آب، کربنیک اسید (H_2CO_3) تولید شده و در نهایت سبب کاهش pH آب باران و اسیدی شدن آن می‌شود. ولی دقت کنید که باران اسیدی، بارانی است که در آن اسیدهای SO_3 و NO_3 حل شده باشد.

۳ ۴۵۲ C عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست می‌باشند. بررسی عبارتهای (الف): چنانچه در هنگام سوختن هیدروکربن‌هایی مانند متان، اکسیژن کافی در اختیار ماده سوختنی قرار گیرد، رنگ شعله آبی خواهد بود و ماده سوختنی به طور کامل می‌سوزد. اما در صورت عدم وجود اکسیژن کافی، واکنش سوختن به طور ناقص انجام شده و رنگ شعله آن نیز زرد خواهد بود. رنگ شعله حاصل از سوختن گوگرد و سدیم به ترتیب آبی و زرد است. عبارت (ب): معادله موازنه شده این واکنش به صورت مقابل می‌باشد:





با توجه به معادله موازنه شده، مجموع ضرایب مواد جامد (KI و I_2) برابر با ۵ است. عبارت (پ): ساختار لوویس ClO_3^- و ICl_4^+ به صورت مقابل است. با توجه به ساختارهای رسم شده، ClO_3^- دارای ۱۰ جفت الکترون ناپیوندی، ICl_4^+ دارای ۲

جفت الکترون پیوندی و CO_3^{2-} دارای ۸ جفت الکترون ناپیوندی می‌باشد. عبارت (ت): نور خورشید هنگام عبور از هواکره با مولکول‌های دیگر و ذره‌های آن برخورد می‌کند و تنها بخشی از آن به سطح زمین می‌رسد؛ از این رو زمین گرم می‌شود و مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیسی گسیل می‌کند، با این تفاوت که انرژی پرتوهای گسیل شده کمتر و طول موج آن‌ها بلندتر است.

۳۴۵۳ (A) پلاستیک‌های سبز، پلیمرهایی هستند که بر پایه مواد گیاهی مانند نشاسته ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آن‌ها اکسیژن نیز وجود دارد. این پلاستیک در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند.

۳۴۵۴ (A) شیمی سبز شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمی‌دان‌ها در جست‌وجوی فرایندها و فرآورده‌هایی هستند که به کمک آن‌ها بتوان کیفیت زندگی را با بهره‌گیری از منابع طبیعی افزایش داد و هم‌زمان از طبیعت محافظت کرد. در این راستا بایستی تولید و مصرف مواد شیمیایی را که ردپاهای سنگینی روی کره زمین برجای می‌گذارند، کاهش داد یا متوقف کرد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): پلاستیک‌های سبز همانند سوخت‌های سبز، زیست‌تخریب‌پذیر بوده و در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند. گزینه (۲): واکنش‌های انجام شده در این فرایند به صورت زیر است:

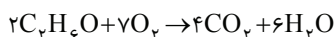


فرآورده‌های این واکنش‌ها، دو ترکیب کلسیم کربنات و منیزیم کربنات هستند. این دو ماده جامد متعلق به ترکیب‌های یونی هستند. گزینه (۳): سنگ‌های متخلخل در زیر زمین، میدان‌های قدیمی گاز و چاه‌های قدیمی نفت که خالی از این مواد هستند، جاهای مناسبی برای دفن این گاز هستند.

۳۴۵۵ (B) موارد چهارم و پنجم جمله داده شده را به درستی تکمیل نمی‌کنند. بررسی همه موارد: مورد اول: سوخت سبز سوختی است که علاوه بر کربن و هیدروژن در ساختار خود اکسیژن نیز دارد و به همین دلیل به نسبت سوخت‌های دیگر آلاینده کمتری ایجاد می‌کند. مورد دوم: سوخت‌های سبز از جمله اتانول را می‌توان از پسماندهای گیاهی مانند نیشکر، سویا و دانه‌های روغنی تهیه کرد. مورد سوم: اتانول و روغن‌های گیاهی از جمله سوخت‌های سبز هستند. اتانول از تخمیر بی‌هوازی گلوکز، طبق واکنش مقابل تولید می‌شود:



مورد چهارم: سوخت سبز به دلیل داشتن اتم اکسیژن در ساختار خود، زیست‌تخریب‌پذیر بوده و توسط جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شود. مورد پنجم: دقت کنید که فرآورده‌های حاصل از سوختن سوخت‌های سبز به نسبت سوخت‌های دیگر، آلاینده کمتری تولید می‌کنند اما این به آن معنا نیست که در اثر واکنش سوختن آن‌ها هیچ ماده آلاینده و مضر تولید نخواهد شد. برای مثال اتانول یکی از سوخت‌های سبز است که طبق واکنش زیر با اکسیژن می‌سوزد:

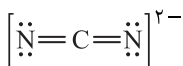


همان‌طور که ملاحظه می‌کنید CO_2 یکی از فرآورده‌های این واکنش است که مقادیر زیاد آن در هواکره، برای موجودات زنده مشکل‌زا بوده و نقش آلاینده‌گی دارد.

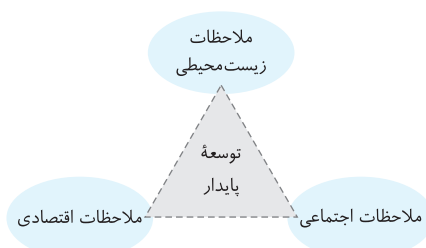
۳۴۵۶ (A) توسعه پایدار یعنی اینکه در تولید هر فرآورده، همه هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن در نظر گرفته شود. هر کالایی به اقتصاد کشور هزینه‌هایی را تحمیل می‌کند که به قیمت تمام شده، اضافه نشده است. توسعه پایدار بیان می‌کند هرگاه در مجموع، شرکت‌ها و کارخانه‌ها، کالاهایی را تولید کنند که قیمت تمام شده تولید کالا برای کشور کاهش یابد، این توسعه سبب رشد واقعی کشور می‌شود و در دراز مدت سبب حفظ یا کاهش مصرف منابع طبیعی می‌گردد؛ به همین دلیل برخی از کشورها برای تولید گاز هیدروژن سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی می‌کنند. قیمت تمام شده تولید پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر نسبت به پلاستیک‌هایی با پایه نفتی در کارخانه بیشتر است، اما از آنجا که این پلاستیک‌ها در مدت زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت باز می‌گردند، از دیدگاه توسعه پایدار تولید آن‌ها نسبت به پلاستیک‌های با پایه نفتی مناسب‌تر است.

۳۴۵۷ (B) به جز عبارت چهارم، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: به منظور تبدیل CO_2 تولید شده در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی به مواد معدنی، آن را با منیزیم اکسید یا کلسیم اکسید واکنش می‌دهند: $\text{MgO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{MgCO}_3(\text{s})$ $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s})$

عبارت دوم: فرمول شیمیایی آلومینیم سولفات و آمونیوم نیترات به ترتیب به صورت $\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3$ و NH_4NO_3 می‌باشد. در هر واحد فرمولی از $\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3$ سه آنیون چندانمی (SO_4^{2-}) یافت می‌شود. همچنین در آمونیوم نیترات سه عنصر (N, O, H) وجود دارد. عبارت سوم: اتم مرکزی CO_2 ، کربن است. سبک‌ترین اکسید عنصر کربن، کربن مونوکسید (CO) می‌باشد. در ساختار کربن مونوکسید یک پیوند سه‌گانه یافت می‌شود. ($\text{C} \equiv \text{O}$): عبارت چهارم: در فرآورده‌های سوختن زغال سنگ، علاوه بر ترکیبات کربن‌دار و آب، گاز گوگرد دی‌اکسید (SO_2) نیز تولید می‌شود. دقت کنید که گوگرد تری‌اکسید (SO_3) جزء فرآورده‌های واکنش سوختن زغال سنگ نیست. عبارت پنجم: ساختار لوویس ترکیب CN_2^{2-} به صورت مقابل است:



با توجه به ساختار رسم شده، این ترکیب دارای ۴ جفت الکترون پیوندی و ۴ جفت الکترون ناپیوندی است؛ بنابراین نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در آن برابر ۱ است.



۴ ۴۵۸ B با توجه به جدول داده شده در صورت تست، خودروی با برچسب D، حداکثر ۵۰ گرم CO_2 اضافی به ازای طی مسافت یک کیلومتر آزاد می‌کند. ابتدا مقدار CO_2 اضافی تولید شده در سال، توسط خودروی با برچسب D را برحسب kg محاسبه می‌کنیم:

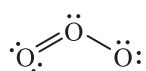
$$1000 \text{ km} \times \frac{50 \text{ g CO}_2}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ g CO}_2} = 50 \text{ kg CO}_2$$

اگر به ازای هر 10 kg کربن دی‌اکسید اضافی، 130 یورو مالیات اضافی در نظر گرفته شود، خواهیم داشت:

$$50 \text{ kg CO}_2 \times \frac{130 \text{ یورو}}{10 \text{ kg CO}_2} = 650 \text{ یورو}$$

۳ ۴۵۹ A در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود.

۲ ۴۶۰ A از آنجا که فرمول مولکولی گاز اکسیژن و اوزون به ترتیب O_2 و O_3 است، پس جرم مولی اوزون $1/5$ برابر گاز اکسیژن است. با توجه به ساختار رسم شده



برای اوزون، در هر مولکول آن یک پیوند دوگانه و یک پیوند یگانه وجود دارد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): فرمول مولکولی اوزون به صورت O_3 است و در هر واحد فرمولی آن سه اتم اکسیژن وجود دارد. گزینه (۳): ساختار لوویس مولکول اوزون به صورت مقابل است:

با توجه به ساختار رسم شده، نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی به شمار جفت الکترون‌های پیوندی برابر $2/3$ است. گزینه (۴): هر دو گونه اوزون و اکسیژن در حالت مایع به رنگ آبی دیده می‌شوند.

* توجه اکسیژن مایع کم‌رنگ‌تر از اوزون مایع است.

۴ ۴۶۱ B عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران

ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که اوزون از اکسیژن واکنش‌پذیرتر است. عبارت (ب): مولکول‌های اوزون و اکسیژن طبق واکنش برگشت‌پذیر $3\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{O}_3(g)$ به هم تبدیل می‌شوند، در مولکول اوزون ۳ پیوند اشتراکی وجود دارد. هنگامی که تابش پراثری فرابنفش به این مولکول

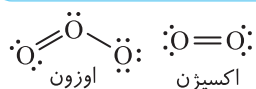
می‌رسد، پیوند اشتراکی بین دو تا از اتم‌های اکسیژن شکسته و مولکول اوزون به یک اتم و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌شود. ذره‌های تولید شده دوباره با هم واکنش داده و اوزون تولید می‌کند و در این واکنش مقداری انرژی به شکل تابش فروسرخ آزاد می‌شود. با تکرار پیوسته این دو واکنش، لایه اوزون بخشی زیادی از تابش فرابنفش را جذب کرده و تابش‌های کم‌انرژی فروسرخ را به زمین گسیل می‌کند و بدین ترتیب ساکنان زمین از پرتوهای مضر خورشید در امان می‌مانند. عبارت (ب): نقطه جوش اوزون از اکسیژن بیشتر است؛ بنابراین با افزایش دمای مخلوط مایع از آن‌ها، ابتدا اکسیژن به گاز تبدیل می‌شود. عبارت (ت): در هر دو مولکول اوزون و اکسیژن، شمار الکترون‌های ناپیوندی ۲ برابر الکترون‌های پیوندی است و همچنین هر دو مولکول در حالت مایع آبی‌رنگ هستند.

۱ ۴۶۲ B

نکته ترکیبی مقایسه گازهای اوزون و اکسیژن:

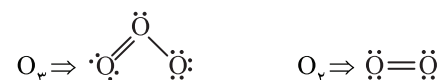
- شباهت‌ها: ۱- آلوتروپ‌هایی از عنصر اکسیژن (O_2) هستند. ۲- هر دو جزء گازهای واکنش‌پذیر محسوب می‌شوند. ۳- هر دو هم در تروپوسفر و هم در استراتوسفر قابل تولیدند. ۴- نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در هر دو گاز یکسان و برابر ۲ است.
- تفاوت‌ها: ۱- گاز اوزون واکنش‌پذیری بیشتری نسبت به اکسیژن دارد و در صنعت برای گندزدایی میوه‌ها و سبزیجات به کار می‌رود. ۲- اوزون در استراتوسفر نقش محافظتی و مفید و در تروپوسفر نقش آلاینده و مضر دارد، در حالی که اکسیژن در استراتوسفر برای حفظ چرخه تولید و مصرف اوزون و در تروپوسفر در تنفس موجودات زنده نقش دارد؛ لذا در هر دو لایه مفید است. ۳- مولکول‌های اوزون حالت خمیده (V شکل) داشته و قطبی‌اند؛ در حالی که مولکول‌های اکسیژن دواتمی و ناقطبی‌اند. ۴- دو ماده در حالت مایع، آبی رنگ بوده ولی اوزون مایع پررنگ‌تر از اکسیژن مایع است. ۵- اوزون در ساختار خود پیوند ضعیف یگانه ($\text{O}-\text{O}$) را دارد که مولکول اکسیژن چنین پیوندی را در ساختار خود ندارد. ۶- بیشترین مقدار اوزون هواکره در لایه استراتوسفر (در منطقه‌ای به نام لایه اوزون) دیده می‌شود؛ در حالی که حداکثر مقدار اکسیژن هواکره مربوط به لایه تروپوسفر است.

موارد دوم، پنجم و هفتم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: میزان واکنش‌پذیری اوزون از گاز اکسیژن بیشتر است و از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود. عبارت‌های دوم و سوم: ساختار لوویس دو گونه اکسیژن و اوزون به صورت مقابل است. با توجه به ساختارهای رسم شده، نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی به



پیوندی برابر با $2/3$ است. در هر مولکول اوزون و اکسیژن یک پیوند دوگانه وجود دارد. عبارت چهارم: جرم و حجم مولکول‌های اوزون بیشتر از اکسیژن است، به همین

دلیل نقطه جوش اوزون بیشتر از اکسیژن است. عبارت پنجم: به دلیل خمیده بودن مولکول O_3 و داشتن الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی، قطبیت (گشتاور دوقطبی) مولکول‌های اوزون از اکسیژن بیشتر است. عبارت ششم: اوزون مایع و اکسیژن مایع هر دو آبی رنگ هستند ولی اوزون مایع پررنگ‌تر است. عبارت هفتم: هر چه نقطه جوش یک ماده بالاتر باشد، راحت‌تر از حالت گاز به مایع تبدیل می‌شود. نقطه جوش اوزون از اکسیژن بالاتر است، پس O_3 راحت‌تر به مایع تبدیل می‌شود.



۳ ۴۶۳ B همه موارد به جز «پایداری!»، جمله را به درستی کامل می‌کنند. ساختار لوویس اوزون (O_3)

و اکسیژن (O_2) به صورت مقابل است:

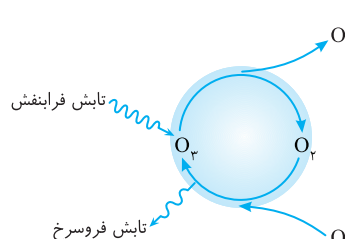
با توجه به ساختارهای بالا، شمار جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در مولکول اوزون بیشتر از اکسیژن است. همچنین واکنش‌پذیری و پایداری اوزون از اکسیژن به ترتیب بیشتر و کمتر است و مولکول‌های اوزون برخلاف مولکول‌های اکسیژن قطبی هستند و گشتاور دوقطبی بزرگ‌تری دارند؛ زیرا در مولکول‌های اوزون روی اتم مرکزی الکترون ناپیوندی وجود دارد. ولی مولکول‌های اکسیژن دواتمی جور هسته هستند.

۱ ۴۶۴ B شکل داده شده لایه اوزون و عملکرد آن در هواکره را نمایش می‌دهد که در آن هر یک از موارد A، B، C و D به ترتیب «تابش فرابنفش خورشید»، «لایه اوزون

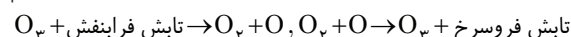
در استراتوسفر»، «مولکول‌های اوزون» و «تابش‌های فروسرخ حاصل از لایه اوزون» هستند. بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): در لایه اوزون اتم اکسیژن و مولکول اکسیژن حاصل از تجزیه مولکول اوزون می‌توانند دوباره در واکنش با یکدیگر، مولکول اوزون را تولید کنند اما در این واکنش، مقداری انرژی به شکل تابش فروسرخ آزاد می‌شود. تابش‌های فروسرخ (D) نسبت به تابش‌های فرابنفش (A) طول موج بلندتری دارند.

گزینه (۲): اصطلاح لایه اوزون به منطقه مشخصی از استراتوسفر گفته می‌شود که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد. **گزینه (۳):** مولکول‌های اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شوند تا موجودات زنده از آثار زیان‌بار این تابش در امان بمانند. **گزینه (۴):** در مولکول اوزون سه پیوند اشتراکی وجود دارد. هنگامی که تابش پرنرژی فرابنفش به این مولکول می‌رسد، پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن می‌شکند و مولکول اوزون به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌شود.

۱ ۴۶۵ (B) فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** به واکنش‌هایی که تنها در یک جهت پیشرفت می‌کنند و در آن‌ها فقط مواد واکنش دهنده به فراورده تبدیل می‌شوند، واکنش یک‌طرفه یا برگشت‌ناپذیر می‌گویند. از جمله این واکنش‌ها می‌توان به واکنش سوختن، مصرف باتری‌های غیرقابل شارژ و ... اشاره کرد. **عبارت (ب):** به واکنش‌هایی که در هر دو جهت رفت و برگشت پیشرفت می‌کنند و مواد واکنش دهنده به فراورده‌ها و مواد فراورده به واکنش دهنده‌ها می‌توانند تبدیل شوند، واکنش دوطرفه یا برگشت‌پذیر می‌گویند. از جمله این واکنش‌ها می‌توان به واکنش چرخه اوزون در لایه استراتوسفر، شارژ شدن باتری‌های قابل شارژ و ... اشاره کرد. **عبارت (پ):** شیمی‌دان‌ها، واکنش تبدیل گاز اوزون به گاز اکسیژن و شارژ شدن باتری‌های قابل شارژ را واکنش‌های برگشت‌پذیر و واکنش‌های سوختن را برگشت‌ناپذیر توصیف می‌کنند. **عبارت (ت):** هر گونه تغییر حالت فیزیکی از جمله ذوب شدن، انجماد، تبخیر و ... نمونه‌ای از فرایندهای برگشت‌پذیر بوده و در هر دو جهت، امکان پیشرفت دارند، اما فرایند زنگ زدن آهن تنها در جهت رفت پیشرفت می‌کند و برگشت‌ناپذیر است. **عبارت (ث):** در واکنش‌های برگشت‌پذیر، لزوماً واکنش‌های رفت و برگشت همزمان انجام نمی‌شوند. مانند باتری موبایل که ممکن است همزمان شارژ و دشارژ شود یا مدتی شارژ شود و بعداً برای مدتی دشارژ گردد.



۲ ۴۶۶ (B) فرایند چرخه گاز اوزون در لایه استراتوسفر به صورت مقابل است. با توجه به این چرخه، واکنش‌های انجام شده به صورت روبه‌رو است:



با توجه به واکنش‌های انجام شده، عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** تابش A، تابش فرابنفش خورشید است که به مولکول‌های اوزون در لایه استراتوسفر برخورد کرده و پیوند اشتراکی بین دوتا از اتم‌های اکسیژن را می‌شکند و مولکول اوزون را به یک اتم اکسیژن و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌کند. **عبارت (ب):** مولکول B، گاز اکسیژن (آلوتروپ سبک‌تر عنصر اکسیژن) است که نقطه جوش و واکنش‌پذیری کمتری نسبت به اوزون (آلوتروپ سنگین‌تر عنصر اکسیژن) دارد. **عبارت (پ):** اتم اکسیژن در لایه‌های بالایی هواکره نیز یافت می‌شود. این اتم در اثر واکنش با گاز

اکسیژن، گاز اوزون و تابش فروسرخ تولید می‌کند که در ناحیه طیف مرئی امواج الکترومغناطیس قرار ندارد. **عبارت (ت):** مولکول‌های اوزون در طی چرخه اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید (تابش A) به سطح زمین می‌شوند تا موجودات زنده از آثار زیان‌بار این تابش در امان بمانند. در اثر انجام واکنش‌های چرخه اوزون در این لایه، تابش‌های فروسرخ (تابش D) تولید می‌شود. از آنجا که تابش A در ناحیه فرابنفش و تابش D در ناحیه فروسرخ قرار دارد، پس طول موج تابش A کوتاه‌تر از تابش D است.

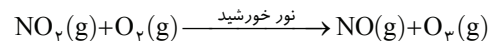
۲ ۴۶۷ (A) در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. در واقع این گازها از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به وجود می‌آیند. **بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱):** گاز نیتروژن به‌عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به‌طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد. تنها هنگام رعد و برق این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند.



گزینه (۳): گاز نیتروژن دی‌اکسید (NO_2) به رنگ قهوه‌ای است. در هر واحد فرمولی از آن، ۳ اتم وجود دارد. **گزینه (۴):** اوزون از اکسیژن واکنش‌پذیرتر است، از این‌رو این ماده، آلاینده‌های سمی و خطرناک به شمار می‌آید، به‌طوری که وجود آن در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. به دیگر سخن در تروپوسفر با نقش زیان‌بار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و محافظتی اوزون آشکار است.

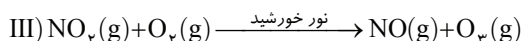
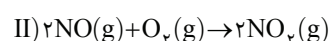
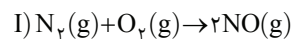
۳ ۴۶۸ (B) عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** اوزون در لایه استراتوسفر با جذب پرتوهای پرنرژی و مضر خورشیدی، نقش حفاظت‌کنندگی دارد؛ اما اوزون تروپوسفری یکی از آلاینده‌های هواکره محسوب می‌شود و سبب سوزش چشم‌ها و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود. **عبارت دوم:** دمای جوش گاز اکسیژن و اوزون در فشار یک اتمسفر به ترتیب برابر -183°C و -112°C است؛ بنابراین در دمای -15°C ، اکسیژن به حالت گاز و اوزون به حالت مایع یافت می‌شود. *** توجه:** O_3 یکی از آلوتروپ‌های اکسیژن است که به علت جرم مولی بیشتر نسبت به O_2 و همچنین قطبی بودن، دمای جوش بالاتری از گاز اکسیژن دارد.

عبارت سوم: اوزون تروپوسفری طی واکنش مقابل و در حضور نور خورشید تولید می‌شود:

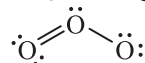


بنابراین بخش قابل توجهی از این گاز در طول روز و در حضور نور خورشید تولید می‌شود. **عبارت چهارم:** دقت کنید که بخش عمده گاز اوزون در لایه استراتوسفر قرار دارد، به گونه‌ای که به بخشی از لایه استراتوسفر که بیشترین مقدار اوزون در آن ناحیه یافت می‌شود، لایه اوزون می‌گویند. این در حالی است که اوزون در لایه تروپوسفر در نزدیکی سطح زمین بیشترین غلظت و تراکم را دارد.

۱ ۴۶۹ (B) معادله موازنه شده واکنش‌های تولید اوزون تروپوسفری به صورت روبه‌رو است:

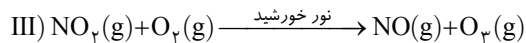
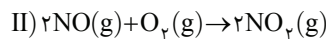
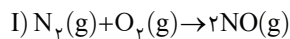


گاز نیتروژن به‌عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به‌طور معمول با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد. تنها هنگام رعد و برق یا درون موتور خودروها در دمای بالا این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شوند. برای انجام واکنش (III) نیز نور خورشید نیاز است تا انرژی کافی برای شروع واکنش تأمین شود. با توجه به واکنش (III)، ماده C همان گاز NO است که فراورده واکنش (I) نیز می‌باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):** مجموع ضرایب استوکیومتری ترکیب‌های شرکت‌کننده در واکنش‌های (II) و (III) به‌ترتیب برابر با ۴ و ۲ است. **گزینه (۳):** مولکول A گاز نیتروژن است که ساختار لوویس آن به صورت $\text{N} \equiv \text{N}$ می‌باشد. در این ماده نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی برابر با ۱/۵ است. ساختار لوویس گاز اوزون به صورت روبه‌رو است.

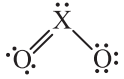


در گاز اوزون، نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی برابر با ۵/۰ است، پس نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در مولکول نیتروژن (A)، ۳ برابر مولکول اوزون است. **گزینه (۴):** فرمول مولکولی ترکیب B به صورت NO_2 است و نام درست این ترکیب «نیتروژن دی‌اکسید» است. در نام‌گذاری این ترکیب تنها از پیشوند «دی» استفاده می‌شود.

عبارت (ت): اگر در مولکول نیتروژن مونوکسید به جای اتم نیتروژن، اتم کربن را جایگزین کنیم، مولکول کربن مونوکسید تولید می‌شود. مولکول کربن مونوکسید در اثر سوختن ناقص گاز شهری تولید شده و شعله حاصل زرد رنگ خواهد بود. **عبارت (ث):** فرایند تولید اوزون و تروپوسفری به صورت زیر است:



بنابراین برای تولید هر مول اوزون تروپوسفری ۵٪ مول گاز نیتروژن و ۲ مول گاز O_2 مصرف می‌شود.

۴۷۵ ۱ C تنها عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با توجه به توضیحات عبارت، ساختار لوویس این مولکول به صورت  روبه‌رو است: (مجموع شمار الکترون‌های به کار رفته) - (مجموع شمار الکترون‌های ظرفیت) $q =$ (بار گونه)

گونه مورد نظر، یک ماده مولکولی و بدون بار است؛ پس $q = 0$ است: $0 = (x + 2 \times 6) - (18) \Rightarrow x = 6$

در لایه ظرفیت اتم x ، ۶ الکترون وجود دارد؛ بنابراین این عنصر می‌تواند متعلق به گروه ۱۶ جدول تناوبی باشد و آرایش لایه ظرفیت آن به شکل $ns^2 np^4$ خواهد بود؛ از این‌رو در آخرین زیرلایه اتم x که همان np^4 است، ۴ الکترون یافت می‌شود. **عبارت (ب):** معادله موازنه شده این واکنش به صورت زیر است:



مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها در این واکنش به ترتیب برابر ۱۹ و ۱۱ است، بنابراین تفاوت مجموع این ضرایب برابر ۸ (۱۹-۱۱) خواهد شد. **عبارت (پ):** زمین بخش قابل توجهی از گرمای جذب شده را به صورت تابش فروسرخ از دست می‌دهد. گازهای گلخانه‌ای مانع از خروج کامل این گرمای آزاد شده می‌شوند.

عبارت (ت): واکنش تولید O_3 از گاز NO_2 و تولید NO_2 از گاز NO به صورت مقابل است: $\text{NO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}_3$ ، $\text{NO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$

با توجه به معادله این دو واکنش، برای تشکیل یک مول از هر یک از ترکیب‌های O_3 و NO_2 به ترتیب به ۱ و ۵٪ مول گاز اکسیژن نیاز است.

۴۷۶ ۳ A به درسنامه رجوع کنید!

۴۷۷ ۴ A **بررسی شکل‌ها: شکل (الف):** در شکل چند تکه ماده جامد دیده می‌شوند که شکل و حجم خود را حفظ کرده‌اند و به شکل ظرفی که درون آن ریخته شده‌اند درنیاخته‌اند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت شکل و حجم یک ماده جامد به شکل ظرف بستگی ندارد. در این شکل اثری از فشار بر روی مواد جامد دیده نمی‌شود، به همین دلیل نمی‌توان از آن برداشت کرد که مواد جامد تراکم‌ناپذیرند. **شکل (ب):** در شکل یک مایع معین را در دو ظرف با شکل‌های متفاوت ریخته‌اند که در هر یک، مایع به شکل ظرف درآمده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مایعات به شکل ظرف محتوی آن‌ها درمی‌آیند. مواد مایع با اینکه شکل معینی ندارند، اما حجم مشخصی دارند و تراکم‌ناپذیرند، به همین دلیل با انتقال آن‌ها از یک ظرف به ظرفی دیگر تنها شکل آن‌ها مطابق شکل ظرفی که مایع را در آن می‌ریزیم تغییر می‌کند، اما حجم آن‌ها تغییری نمی‌کند. **شکل (پ):** در این شکل ابتدا شیر رابط بین دو ظرف بسته است و ظرف سمت راست دارای مقداری گاز است. پس از باز کردن شیر رابط هر دو ظرف دارای گاز هستند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت گاز در هر دو محفظه پخش شده است. گازها برخلاف مواد جامد و مایع، حجم معینی ندارند و حجم آن‌ها برابر با حجم ظرفی است که در آن نگهداری می‌شوند، به همین دلیل وقتی مواد گازی را در ظرفی می‌ریزیم، گاز مورد نظر به سرعت در تمام ظرف پخش می‌شود.

۴۷۸ ۲ A در شکل (۱)، با تغییر فشار روی پیستون روان، حجم گازها تغییر می‌کند و در شکل (۲)، با تغییر دما، حجم گاز تغییر می‌کند؛ بنابراین عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** اگر به یک نمونه گاز درون سرنگ یا سیلندری با پیستون روان، فشار وارد کنیم، گاز فشرده‌تر و حجم آن کمتر می‌شود. گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود، اما اگر فشار کاهش یابد، فاصله بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. **عبارت (ب):** با توجه به شکل داده شده، با افزایش دما، در فشار ثابت، به تدریج حجم گاز افزایش یافته و فاصله بین ذره‌های گاز در حال افزایش است. **عبارت (پ):** با توجه به یکسان بودن دما، سرعت حرکت مولکول‌ها در هر سه ظرف برابر است. **عبارت (ت):** در فشار ثابت، با افزایش دما گازها افزایش می‌یابد.

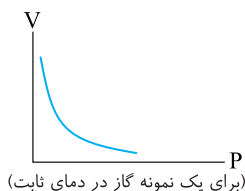
۴۷۹ ۳ A **بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱):** در فشار ثابت، حجم یک نمونه گاز با دمای آن رابطه مستقیم دارد، پس با کاهش دما (توسط نیتروژن مایع) حجم نمونه‌های گازی به شدت کاهش می‌یابد. **گزینه‌های (۲) و (۳):** در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است. این مقدار تنها در شرایط استاندارد (STP) برابر با ۲۲/۴ لیتر است. این بیان نخستین بار در سال ۱۸۱۱ توسط آووگادرو ارائه و بعدها به قانون آووگادرو مشهور شد. **گزینه (۴):** در شرایط یکسان از نظر دما و فشار، حجم یکسان از گازها، شمار مولکول یکسان دارند ولی لزوماً تعداد اتم یکسانی ندارند؛ زیرا برخی گازها مانند آرگون تک‌اتمی و برخی گازها مانند کربن دی‌اکسید، سه‌اتمی هستند.

۴۸۰ ۳ B **بررسی نمودارها: نمودار (الف):** در حجم ثابت، فشار یک گاز با دمای آن رابطه مستقیم دارد، پس در حجم ثابت، فشار (P) با معکوس دما ($\frac{1}{T}$) رابطه عکس دارد. **نمودار (ب):** در دما و فشار ثابت، با افزایش مقدار مول ماده گازی، حجم آن گاز افزایش می‌یابد. **نمودار (پ):**

برای یک نمونه گاز در فشار ثابت، حجم گاز با دمای آن رابطه مستقیم دارد.

*** توجه:** دلیل اینکه در نمودار « $V-T$ » برای یک نمونه گاز خط را تا انتها رسم نکرده و به صورت خط‌چین رسم می‌نمایند آن است که رسیدن به دمای صفر کلوین به صورت عملی میسر نبوده و این عدد تنها به صورت تئوری محاسبه شده است.

نمودار (ت): برای یک نمونه گاز در دمای ثابت، فشار و حجم رابطه عکس دارند. اما این رابطه خطی نیست، به همین دلیل نمودار داده شده در گزینه (۴) نادرست است. نمودار تغییرات حجم برحسب فشار به صورت مقابل است. **نمودار (ث):** برای یک نمونه گاز در دمای ثابت، حاصل‌ضرب فشار (P) در حجم (V) ثابت است، پس با افزایش فشار، حجم به گونه‌ای کاهش می‌یابد که حاصل $P \times V$ ثابت بماند.



(برای یک نمونه گاز در دمای ثابت)

۴۸۱ ۱ B با افزودن مقداری گاز O_2 به سیلندر، چگالی مخلوط گازی به چگالی گاز O_2 نزدیک شده و از آنجا که در شرایط یکسان، چگالی یک گاز با جرم مولی آن گاز متناسب است، چگالی مخلوط گازی کاهش خواهد یافت. دقت کنید که در سیلندر با پیستون متحرک، فشار گاز ثابت است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):** در

دمای ثابت، با افزایش حجم، فشار گاز کاهش می‌یابد. **گزینه (۳):** در حجم و فشار ثابت، دمای گازها با تعداد مول آن‌ها رابطه عکس دارد ($\frac{n_1}{n_2} = \frac{T_1}{T_2}$)؛ بنابراین با خروج

نیمی از گاز O_2 ، دمای گازها افزایش خواهد یافت. **گزینه (۴):** نقطه جوش گازهای اکسیژن و اوزون به ترتیب برابر -183°C و -112°C است. با کاهش دمای سیلندر تا -15°C ، اوزون به حالت مایع در خواهد آمد.

۱ ۴۸۲ A برای توصیف یک نمونه گاز افزون بر مقدار، باید دما و فشار آن نیز مشخص باشد؛ برای مثال ۰/۲ مول گاز اکسیژن در دما و فشار اتاق مثالی از یک نمونه گاز است. در میان گزینه‌ها تنها گزینه (۱) مثال درستی از توصیف یک نمونه گاز است.

۱ ۴۸۳ A فشار ابتدایی بالن سمت چپ را برابر با « P_1 » در نظر می‌گیریم. پس از باز کردن شیر (با صرف‌نظر کردن از حجم لوله رابط میان دو ظرف)، حجم گاز برابر با مجموع حجم دو بالن خواهد بود؛ بنابراین برای نمونه گاز مورد نظر در دمای ثابت می‌توان نوشت:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \xrightarrow{P_2 = P_1 - 0.375} P_1 \times 1/5 = (P_1 - 0.375) \times 4 \Rightarrow P_1 = 0.6 \text{ atm}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \xrightarrow{T = 0 + 273} \frac{V_1}{\theta_1 + 273} = \frac{V_2}{\theta_2 + 273} \xrightarrow{V_2 = 2/25 V_1} \frac{V_1}{\theta_1 + 273} = \frac{2/25 V_1}{\theta_2 + 273}$$

$$\theta_2 + 273 = 2/25 (\theta_1 + 273) \Rightarrow 4\theta_2 + 1092 = 9\theta_1 + 2457 \Rightarrow 4\theta_2 - 9\theta_1 = 1365$$

۳ ۴۸۵ A ابتدا دمای اولیه و نهایی این گاز را برحسب کلوین به دست می‌آوریم:

$$\theta_1 = 27^\circ \text{C} \Rightarrow T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$\theta_2 = 2 \times 27 = 54^\circ \text{C} \Rightarrow T_2 = 54 + 273 = 327 \text{ K}$$

در فشار ثابت، حجم و دمای یک نمونه گاز مشخص، با یکدیگر رابطه مستقیم دارند:

اکنون می‌توانیم تغییرات حجم این گاز را برحسب حجم اولیه (V_1) به دست آوریم:

پس طی این فرایند، میزان افزایش حجم گاز، به اندازه ۰/۹ برابر حجم اولیه است.

۳ ۴۸۶ A ابتدا مقدار مول گاز نئون موجود در سیلندر (n_1) را محاسبه می‌کنیم:

برای یک نمونه گازی در دما و فشار ثابت می‌توان نوشت:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \xrightarrow{V_2 = 1/4 V_1} \frac{V_1}{n_1} = \frac{1/4 V_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = 0.84 \text{ mol} \Rightarrow \text{مقدار مول اکسید نیتروژن} = 0.84 - 0.6 = 0.24 \text{ mol}$$

حال با داشتن مقدار مول اکسید نیتروژن و جرم آن، جرم مولی اکسید مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

با توجه به جرم مولی به دست آمده، اکسید مورد نظر N_2O_4 است.

۱ ۴۸۷ B ابتدا مقدار مول اولیه گاز موجود در سیلندر را محاسبه می‌کنیم، سپس با استفاده از روابط گازها، مقدار مول گاز SO_3 را محاسبه کرده و در نهایت جرم این

گاز را به دست می‌آوریم:

$$n_1 = 60 \text{ g } C_2F_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2F_6}{100 \text{ g } C_2F_6} = 0.6 \text{ mol } C_2F_6$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \xrightarrow{V_2 = 1/6 V_1} \frac{V_1}{n_1} = \frac{1/6 V_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = 0.96 \text{ mol} \Rightarrow \text{مقدار مول } SO_3 \text{ اضافه شده} = 0.96 - 0.6 = 0.36 \text{ mol}$$

$$? \text{ g } SO_3 = 0.36 \text{ mol } SO_3 \times \frac{80 \text{ g } SO_3}{1 \text{ mol } SO_3} = 28.8 \text{ g } SO_3$$

$$? \text{ L } SO_3 = 28.8 \text{ g } SO_3 \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{80 \text{ g } SO_3} \times \frac{22.4 \text{ L } SO_3}{1 \text{ mol } SO_3} = 8.064 \text{ L } SO_3$$

$$\frac{28.8}{80} \times \frac{22.4}{4} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن بدون در نظر گرفتن اعشار و صفر}} \frac{288 \times 224}{800} = 288 \times 28 = 8064 \quad (\text{پاسخ: } 8.064)$$

۱ ۴۸۸ B بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): برای یک نمونه گاز با جرم ثابت و معین، در فشار ثابت، با دو برابر شدن دما برحسب کلوین، حجم دو برابر می‌شود و چگالی

نیز که از رابطه $\frac{m}{V}$ به دست می‌آید، نصف می‌شود. پرسش (ب): چگالی یک ماده به مقدار آن بستگی ندارد، پس برای حل مسئله نیازی به مقدار آن نیست. دانستن

جرم مولی ماده گازی و این نکته که حجم مولی گازها در شرایط STP برابر با ۲۲/۴ لیتر بر مول است. کفایت می‌کند. جرم مولی گاز C_2H_6 برابر $30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ است و حجم مولی همه گازها از جمله C_2H_6 در شرایط STP برابر $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ است. پس خواهیم داشت:

$$\text{چگالی گاز} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow \text{چگالی گاز} = \frac{30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.34 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

نکته ترکیبی روابط مربوط به محاسبه چگالی گازها: چگالی گازها تغییر دما و فشار محیط متغیر تغییر می‌کند. فرمول محاسبه چگالی یک گاز به صورت زیر است:

$$d(\text{چگالی}) = \frac{M(\text{جرم مولی})}{V(\text{حجم مولی گازها})}$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات دما و فشار محیط روی حجم مولی و به دنبال آن چگالی گازها موثر هستند. با توجه به قانون آووگادرو، در شرایط یکسان، حجم یک مول از گازهای مختلف یکسان است؛ بنابراین نسبت چگالی دو گاز مختلف در شرایط (دما و فشار) یکسان به صورت زیر است:

$$\frac{d_1(\text{چگالی گاز ۱})}{d_2(\text{چگالی گاز ۲})} = \frac{M_1(\text{جرم مولی گاز ۱})}{M_2(\text{جرم مولی گاز ۲})}$$

به عبارت دیگر، در شرایط یکسان، نسبت چگالی دو گاز با نسبت جرم مولی‌های آن‌ها برابر است. برای مثال در شرایط یکسان فشار و دما، چگالی گازهای کربن دی‌اکسید (CO_2)، دی‌نیتروژن مونو اکسید و پروپان (C_3H_8) یکسان است؛ زیرا جرم مولی هر سه ماده گازی یکسان و برابر $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ است.

۳ ۴۹۴ B ابتدا مقدار مول گاز کربن دی اکسید را محاسبه کرده و سپس با توجه به حجم مولی گازها در شرایط استاندارد (STP)، حجم نمونه گازی را محاسبه می کنیم:

$$? L CO_2 = 16/5 g CO_2 \times \frac{1 mol CO_2}{44 g CO_2} \times \frac{22/4 L CO_2}{1 mol CO_2} = 8/4 L CO_2$$

$$جفت الکترون ناپیوندی = 9/3 \times 10^{23} = \frac{جفت الکترون ناپیوندی}{1 mol CO_2} \times \frac{4 mol CO_2}{44 g CO_2} \times \frac{16/5 g CO_2}{1 mol CO_2} \times \frac{6/2 \times 10^{23}}{1 mol CO_2} = 9/3 \times 10^{23}$$

توضیح محاسبات +

$$\frac{16/5 \times 4 \times 6/2 \times 10^{23}}{44} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{16/5 \times 4 \times 6/2 \times 10^{23}}{44} \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{16/5 \times 6 \times 10^{23}}{11} = 1/5 \times 6 \times 10^{23} = 9 \times 10^{23}$$

پاسخ به عدد $9/3 \times 10^{23}$ نزدیک است.

۴ ۴۹۵ C در دما و فشار ثابت، برای یک نمونه گازی، مقدار $\frac{V}{n}$ ثابت است؛ بنابراین:

$$(1) \Rightarrow CO \text{ ذره } 5/10 = 14 g CO = (V) L$$

$$(2) \Rightarrow Ne \text{ ذره } 5/10 = 10 g Ne = (V) L$$

$$(3) \Rightarrow CO_2 \text{ ذره } 10/1 = 44 g CO_2 = (2V) L$$

$$(4) \Rightarrow N_2 \text{ ذره } 10/1 = 28 g N_2 = (2V) L$$

$$(5) \Rightarrow He \text{ ذره } 20/2 = 4 g He = (4V) L$$

بررسی گزینه ها: گزینه (۱): نسبت شمار اتم ها در مولکول دواتمی N_2 (نمونه ۴) به شمار مولکول های CO (نمونه ۱) برابر است با:

$$\frac{\text{شمار اتم های نمونه (۴)}}{\text{شمار مولکول های نمونه (۱)}} = \frac{1 mol N_2 \times 2 \times N_A}{5/10 mol CO \times N_A} = 4$$

گزینه (۲): مطابق محاسبات بالا حجم گاز نمونه ۴، برابر $2V$ و حجم گاز نمونه (۱)، برابر V است؛ اما دقت کنید حجم مولی گازها فقط در شرایط STP (دمای 273)

$$(3) \text{ و } (1) \Rightarrow \frac{\text{مجموع جرم گاز در نمونه های (۱) و (۳)}}{\text{جرم گاز در نمونه (۲)}} = \frac{14 + 44}{10} = \frac{58}{10} = 5/8$$

کلوین و فشار اتمسفر) برابر $22/4$ لیتر است. گزینه (۳):

$$\frac{\text{جرم گاز نمونه (۵)}}{\text{جرم گاز نمونه (۲)}} = \frac{4}{10}, \quad \frac{\text{حجم گاز نمونه (۵)}}{\text{حجم گاز نمونه (۱)}} = \frac{4V}{V}$$

گزینه (۴):

۲ ۴۹۶ C موارد (الف)، (ب) و (ت) جای خالی عبارت داده شده در صورت سؤال را به درستی تکمیل می کنند. بررسی موارد:

مورد (ب):

مورد (الف):

$$? mol C = 3/2 L CS_2 \times \frac{1 mol CS_2}{22/4 L CS_2} \times \frac{1 mol C}{1 mol CS_2} = \frac{1}{4} mol C \quad ? g CS_2 = 1/12 L CS_2 \times \frac{1 mol CS_2}{22/4 L CS_2} \times \frac{76 g CS_2}{1 mol CS_2} = 3/8 g CS_2$$

$$? atom S = 2/8 L CS_2 \times \frac{1 mol CS_2}{22/4 L CS_2} \times \frac{2 mol S}{1 mol CS_2} \times \frac{6/2 \times 10^{23} atom S}{1 mol S} = 1/5 \times 10^{23} atom S$$

مورد (پ):

موارد (ت) و (ث): با توجه به ساختار لوویس مولکول کربن دی سولفید (CS_2)، در هر مولکول این گونه، ۴ جفت الکترون ناپیوندی و ۸ الکترون پیوندی وجود دارد:

$$جفت الکترون ناپیوندی = 4/8 mol = \frac{جفت الکترون ناپیوندی}{1 mol CS_2} \times \frac{4 mol CS_2}{22/4 L CS_2} \times \frac{26/88 L CS_2}{1 mol CS_2} = 4/8 mol$$

$$\frac{الکترون پیوندی}{1 mol CS_2} = \frac{8 mol CS_2}{22/4 L CS_2} \times \frac{1 mol CS_2}{26/88 L CS_2} = 2 mol$$

۳ ۴۹۷ C فقط در مورد (ب)، دو مورد ذکر شده با هم برابر نیستند. هر یک از مقادیر داده شده را محاسبه می کنیم. بررسی موارد:

$$? L Ar = 25 g Ar \times \frac{1 mol Ar}{40 g Ar} \times \frac{22/4 L Ar}{1 mol Ar} = 14 L Ar, \quad ? L SO_2 = 40 g SO_2 \times \frac{1 mol SO_2}{64 g SO_2} \times \frac{22/4 L SO_2}{1 mol SO_2} = 14 L SO_2$$

مورد (الف):

$$? molecule O_2 = 560 mL O_2 \times \frac{1 mol O_2}{22400 mL O_2} \times \frac{6/2 \times 10^{23} molecule O_2}{1 mol O_2} = 1/5 \times 10^{22} molecule O_2$$

مورد (ب):

$$? atom = 140 mL N_2 O_3 \times \frac{1 mol N_2 O_3}{22400 mL N_2 O_3} \times \frac{5 mol atom}{1 mol N_2 O_3} \times \frac{6/2 \times 10^{23} atom}{1 mol atom} = 1/88 \times 10^{22} atom$$

$$? atom = 3/36 L N_2 H_4 \times \frac{1 mol N_2 H_4}{22/4 L N_2 H_4} \times \frac{6 mol atom}{1 mol N_2 H_4} \times \frac{6/2 \times 10^{23} atom}{1 mol atom} = 5/4 \times 10^{23} atom$$

مورد (پ):

$$? atom = 6/72 L N_2 O \times \frac{1 mol N_2 O}{22/4 L N_2 O} \times \frac{3 mol atom}{1 mol N_2 O} \times \frac{6/2 \times 10^{23} atom}{1 mol atom} = 5/4 \times 10^{23} atom$$

مورد (ت): در این گزینه، با توجه به اینکه حجم گازها در دما و فشار ثابت برابر است، پس مقدار مول دو گاز نیز برابر است. از آنجایی که جرم مولی دو گاز نیز یکسان و برابر با 44 g.mol^{-1} است، پس بدون انجام محاسبه نیز می‌توان گفت جرم این دو نمونه گاز برابر است.

$$? \text{ g C}_3\text{H}_8 = 2 \text{ L C}_3\text{H}_8 \times \frac{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8}{22.4 \text{ L C}_3\text{H}_8} \times \frac{44 \text{ g C}_3\text{H}_8}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} = 3.93 \text{ g C}_3\text{H}_8, \quad ? \text{ g CO}_2 = 2 \text{ L CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22.4 \text{ L CO}_2} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 3.93 \text{ g CO}_2$$

B ۴۹۸ ۲ قسمت اول:

*** توجه:** در دما و فشار ثابت، نسبت حجمی و نسبت مولی دو گاز با هم برابر است.

$$? \text{ mL هوا} = 3.93 \text{ mol O}_2 \times \frac{100 \text{ mol هوا}}{20 \text{ mol O}_2} \times \frac{22.400 \text{ mL هوا}}{1 \text{ mol هوا}} = 43200 \text{ mL هوا}$$

حال تعداد تنفس در هر ساعت را محاسبه کرده و با استفاده از حجم هوای به‌دست آمده، حجم هوای وارد شده به ریه فرد را در هر بار تنفس محاسبه می‌کنیم:

$$\text{تنفس} = \frac{43200 \text{ mL}}{720} = 60 \text{ mL} \quad \text{حجم هوا در هر تنفس}$$

$$\text{تنفس} = \frac{12 \text{ دقیقه}}{1 \text{ ساعت}} \times \frac{60 \text{ تنفس}}{1 \text{ دقیقه}} = 720 \text{ تنفس}$$

قسمت دوم: با توجه به متن تست و محاسبات انجام شده در قسمت اول، خواهیم داشت:

$$? \text{ kg O}_2 = 1 \text{ سال} \times \frac{365 \text{ روز}}{1 \text{ سال}} \times \frac{24 \text{ ساعت}}{1 \text{ روز}} \times \frac{3.93 \text{ mol O}_2}{1 \text{ ساعت}} \times \frac{4 \text{ mol O}_2}{20 \text{ mol O}_2} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{1 \text{ kg O}_2}{1000 \text{ g O}_2} = 20.2 \text{ kg O}_2$$

B ۴۹۹ ۳ ابتدا دما و فشار هوا را در ارتفاع ۵ کیلومتری سطح زمین به‌دست می‌آوریم:

$$\theta = -6h + 17 = -(6 \times 5) + 17 = -13^\circ \text{C}$$

$$P = 1 - (5 \times 0.1) = 0.5$$

با استفاده از قانون کلی گازها، حجم بادکنک را در ارتفاع ۵ کیلومتری محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{1 \times V_1}{1 \times (273 + 17)} = \frac{0.5 \times V_2}{1 \times (273 - 13)} \Rightarrow V_2 = \frac{52}{29} V_1$$

در ارتفاع ۵ km در سطح زمین

$$\text{در نهایت درصد افزایش حجم بادکنک را حساب می‌کنیم:}$$

$$\text{درصد افزایش حجم} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 = \frac{\frac{52}{29} V_1 - V_1}{V_1} \times 100 = 79.3\%$$

C ۵۰۰ ۱ همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: عنصر نیتروژن در دما و فشار اتاق به صورت گازهای دواتمی N_2 وجود دارد؛ بنابراین:

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم}}{\text{حجم مولی}} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{14}{28} = \frac{x \text{ L N}_2}{20} \Rightarrow x = 10 \text{ L N}_2$$

$$? \text{ L N}_2 = 0.14 \text{ g N}_2 \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{28 \text{ g N}_2} \times \frac{20 \text{ L N}_2}{1 \text{ mol N}_2} = 0.1 \text{ L N}_2$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 1 \text{ atm} \times 10 \text{ L} = P_2 \times 2 \text{ L} \Rightarrow P_2 = 5 \text{ atm}$$

عبارت دوم: در دمای ثابت، حجم یک نمونه گاز با فشار آن رابطه عکس دارد:

بنابراین طی این فرایند، فشار این گاز 4 atm (۱-۵) تغییر کرده است. **عبارت سوم:** طبق قانون آووگادرو، در فشار و دمای ثابت، حجم گازها با تعداد مول آن‌ها رابطه

$$? \text{ g.mol}^{-1} = 22.4 \frac{\text{L}}{\text{mol}} \times \frac{9 \text{ g gas}}{1 \text{ L gas}} = 201.6 \text{ g.mol}^{-1}$$

مستقیم دارد. $(n \propto V)$ **عبارت چهارم: روش اول (کسر تبدیل):**

$$\frac{\text{جرم}}{\text{حجم مولی}} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{9}{22.4} = \frac{1}{x} \Rightarrow x = 2.49 \text{ g.mol}^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

B ۵۰۱ ۲ در شرایط استاندارد (STP)، یک لیتر از گازهای مختلف دارای مقدار مول یکسان گاز هستند؛ اما تعداد اتم‌ها ممکن است متفاوت باشد، زیرا هر مولکول در

واحد فرمولی خود دارای تعداد اتم متفاوتی است. برای نمونه یک مول کربن دی‌اکسید (CO_2) دارای ۳ مول اتم بوده در حالی که هر مول گاز نیتروژن (N_2) دارای

۲ مول اتم است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): دمای 0°C و فشار 1 atm همان شرایط استاندارد است. با توجه به این موضوع می‌توان نوشت:

$$? \text{ mL CH}_4 = 8 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{22400 \text{ mL CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 11200 \text{ mL CH}_4$$

گزینه (۳): در دما و فشار یکسان، مقدار مول‌های برابر از دو نمونه گازی حجم یکسانی را اشغال می‌کنند. از آنجا که شمار مولکول‌های هر گاز با مقدار مول‌های آن رابطه

مستقیم دارد، پس تعداد مولکول‌های برابر از گازهای مختلف، در دما و فشار یکسان، حجم یکسانی را اشغال می‌کنند. **گزینه (۴):** جرم مولی گازهای CH_4 و SO_3

به‌ترتیب برابر ۱۶ و ۸۰ گرم بر مول است، پس در شرایط یکسان دما و فشار چگالی گاز SO_3 باید ۵ برابر چگالی CH_4 باشد؛ بنابراین شرط برابر بودن چگالی این دو

گاز این است که حجم نمونه CH_4 ، $\frac{1}{5}$ برابر حجم نمونه SO_3 و فشار CH_4 ، ۵ برابر فشار SO_3 باشد.

B ۵۰۲ ۱ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مبنای ما برای مقایسه دما در گازها، دما در مقیاس کلوین است؛ بنابراین تنها در

صورتی m برابر شدن دما سبب m برابر شدن حجم گاز می‌شود که این تغییرات در مقیاس کلوین رخ دهد. **عبارت (ب):** در فشار ثابت 1 atm برای یک مول گاز رابطه

میان حجم (L) و دما ($^\circ \text{C}$) به‌صورت خطی بوده که عرض از مبدأ آن برابر با 273.15°C (۰) و فشار 1 atm ، حجم مولی گازها برابر با 22.4

لیتر بر مول است. همچنین طول از مبدأ این نمودار باید برابر با 273°C باشد، زیرا کمترین دمای ممکن برای مواد برابر با صفر کلوین (-273°C) بوده و در این

دما حجم گازها برابر با صفر لیتر خواهد بود.

عبارت (پ): در دمای ثابت برای یک نمونه گاز می‌توان نوشت:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \xrightarrow{P_2 = 1/6 P_1} P_1 V_1 = 1/6 P_1 \times V_2 \Rightarrow V_2 = 6/25 V_1$$

$$\text{درصد تغییر} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 = \frac{6/25 V_1 - V_1}{V_1} \times 100 = -37/5 \%$$

عبارت (ت):

$$? g O_2 = 50/4 L O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{22/4 L O_2} \times \frac{32 g O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 72 g O_2$$

۴ ۵۰۳ B در دما و فشار ثابت، حجم یک نمونه گازی به شمار مول‌های گاز وابسته است؛ در این سؤال با توجه به اینکه حجم بالون ثابت است، پس شمار مول‌های گاز CO خروجی و گاز آرگون ورودی با هم برابر است؛ بنابراین با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \%Ar = \frac{\text{جرم } Ar}{\text{جرم کل}} \times 100 \Rightarrow 30 = \frac{x g Ar}{620} \times 100 \Rightarrow x = 186 g \\ \Rightarrow Ar \text{ مول} = \frac{\text{جرم } Ar}{\text{جرم مولی}} = \frac{186}{40} = 4/65 \text{ mol} \\ \text{جرم } Ar = 186 g \times \frac{1 \text{ mol } Ar}{40 g Ar} = 4/65 \text{ mol } Ar \end{array} \right.$$

$$Ar \text{ جرم} = 620 g \times \frac{30}{100} = 186 g$$

در نتیجه شمار مول‌های گاز CO خروجی نیز برابر ۴/۶۵ mol است. پس خواهیم داشت: $CO \text{ جرم} = 4/65 \text{ mol } CO \times \frac{28 g CO}{1 \text{ mol}} = 130/2 g CO$

اکنون می‌توان جرم اولیه گاز CO را محاسبه کرد: $\text{جرم } CO \text{ خارج شده} + \text{جرم } CO \text{ باقی‌مانده} = \text{جرم مخلوط اولیه}$

$$130/2 + (620 - 186) = 434$$

۲ ۵۰۴ C در ظرف مورد نظر ۵ ذره وجود دارد که هر کدام معادل ۱/۵۰ مول است؛ بنابراین تعداد مول اولیه گاز هلیوم موجود در این ظرف برابر $5 \text{ mol} \times (1/50)$ است. با توجه به قانون آووگادرو، در دما و فشار ثابت، حجم یک نمونه گاز با تعداد مول‌های آن رابطه مستقیم دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \Rightarrow \frac{V_1}{5 \text{ mol}} = \frac{V_2}{(5 + 2) \text{ mol}} \Rightarrow V_2 = 9/8 L$$

قسمت دوم: می‌دانیم که در شرایط STP، حجم هر مول از یک نمونه گاز برابر با ۲۲/۴ L است؛ بنابراین ابتدا حجم این گاز در شرایط STP را به دست می‌آوریم:

$$? L \text{ gas} = (5 + 2) \text{ mol gas} \times \frac{22/4 L}{1 \text{ mol gas}} = 15/6 L$$

بنابراین با تغییر شرایط به حالت STP، حجم این گاز از ۹/۸ L به ۱۵/۶ L تغییر می‌کند. همچنین می‌دانیم که حجم هر ظرف استوانه‌ای شکل، از حاصل ضرب مساحت سطح مقطع آن در ارتفاع به دست می‌آید:

$$V_1 = 9/8 L = 980 \text{ cm}^3, \quad V_2 = 15/6 L = 1560 \text{ cm}^3$$

$$980 = 100 \times h_1 \Rightarrow h_1 = 9.8 \text{ cm}, \quad 1560 = 100 \times h_2 \Rightarrow h_2 = 15.6 \text{ cm}$$

بنابراین تغییرات ارتفاع پیستون طی این فرایند برابر ۵۸/۸ cm (۱۵۶/۸ - ۹۸) است.

$$A \text{ طرف} = 8 g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 g O_2} \times \frac{2 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 5/8 N_A \text{ atom}$$

۴ ۵۰۵ C روش اول (کسر تبدیل):

$$C \text{ طرف} = 22 g CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 g CO_2} \times \frac{3 \text{ mol atom}}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{N_A \text{ atom}}{1 \text{ mol atom}} = 1/2 N_A \text{ atom}$$

$$\frac{O_2 \text{ جرم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{شمار اتم‌های } O_2}{n \times N_A} \Rightarrow \frac{8}{32} = \frac{\text{شمار اتم‌های } O_2}{2 \times N_A} \Rightarrow O_2 \text{ شمار اتم‌های} = 5/8 N_A$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{CO_2 \text{ جرم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{شمار اتم‌های } CO_2}{n \times N_A} \Rightarrow \frac{22}{44} = \frac{\text{شمار اتم‌های } CO_2}{3 \times N_A} \Rightarrow CO_2 \text{ شمار اتم‌های} = 1/2 N_A$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در حجم و دمای برابر، هر چه شمار مول‌های یک گاز بیشتر باشد، تعداد برخوردهای ذرات آن با جداره ظرف بیشتر و در نتیجه فشار حاصل از آن بیشتر است:

$$A \text{ مول} = 8 g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 g O_2} = 0/25 \text{ mol } O_2$$

$$B \text{ مول} = 16 g CH_4 \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{16 g CH_4} = 1 \text{ mol } CH_4$$

$$C \text{ مول} = 22 g CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{44 g CO_2} = 0/5 \text{ mol } CO_2$$

$$D \text{ مول} = 3 g He \times \frac{1 \text{ mol } He}{4 g He} = 0/75 \text{ mol } He$$

بنابراین بیشترین و کمترین فشار به ترتیب مربوط به ظرف‌های B و A است. گزینه (۲): با توجه به دما و حجم برابر دو ظرف، چنانچه تعداد مول‌های دو گاز با یکدیگر برابر باشد، فشار آن‌ها نیز با یکدیگر برابر خواهد بود؛ همان‌طور که در بررسی گزینه (۱) توضیح دادیم، تعداد مول‌های ظرف B نیز برابر ۱ است؛ حال باید ببینیم با اضافه کردن ۲۴ گرم O_2 به ظرف A، تعداد مول گاز در آن به ۱ مول می‌رسد یا خیر.

$$24 g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 g O_2} = 0/75 \text{ mol } O_2$$

$$\text{تعداد مول‌های A در شرایط جدید} = (24 + 8) g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 g O_2} = 1 \text{ mol } O_2$$

بنابراین فشار این دو ظرف با یکدیگر برابر است. **گزینه (۳):** نسبت فشار دو گاز در دما و حجم ثابت، برابر نسبت تعداد مول‌های آن دو گاز است. با توجه به بررسی گزینه (۱)، تعداد مول‌های گازی دو ظرف C و D به ترتیب برابر ۵/۰ و ۷۵/۰ مول است؛ پس نسبت فشار گازها در دو ظرف برابر است با:

$$\frac{P_D}{P_C} = \frac{n_D}{n_C} \Rightarrow \frac{P_D}{P_C} = \frac{0.75}{0.5} \Rightarrow P_D = 1.5 P_C \quad \text{نسبت تغییر فشار} = \frac{P_D - P_C}{P_C} \times 100 = \frac{1.5 P_C - P_C}{P_C} \times 100 = 50\%$$

در چنین سؤالاتی که نسبت درصد فشار دو گاز با یکدیگر مقایسه می‌شود، می‌توانیم فشاری یکی از گازها را برابر ۱۰۰ در نظر گرفته و فشار گاز دیگر را نسبت به آن به‌دست آوریم:

$$P_D = 1.5 P_C \xrightarrow{P_C = 100} P_D = 150$$

بنابراین فشار گاز D به میزان ۵۰٪ بیشتر از گاز C می‌باشد.

$$P \propto \frac{nT}{V}$$

۳ ۵۰۶ C فشار یک گاز با تعداد مول و دمای آن رابطه مستقیم و با حجم آن رابطه عکس دارد:

بنابراین هر چه نسبت $\frac{nT}{V}$ در گازی بیشتر باشد، فشار آن گاز نیز بیشتر خواهد بود. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینه (۱): $\theta = 0^\circ \text{C} \Rightarrow T = 0 + 273 = 273 \text{K}$, $n = \frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم مولی}} = \frac{0.32 \text{g}}{32 \text{g.mol}^{-1}} = 0.01 \text{mol}$, $V = 5/6 \text{L} \Rightarrow \frac{nT}{V} = \frac{0.01 \times 273}{5/6} = 0.4875$

گزینه (۲): $\theta = 0^\circ \text{C} \Rightarrow T = 0 + 273 = 273 \text{K}$, $n = \frac{\text{جرم } SO_2}{\text{جرم مولی}} = \frac{0.32 \text{g}}{64 \text{g.mol}^{-1}} = 0.005 \text{mol}$, $V = 5/6 \text{L} \Rightarrow \frac{nT}{V} = \frac{0.005 \times 273}{5/6} = 0.24375$

گزینه (۳): $\theta = 25^\circ \text{C} \Rightarrow T = 25 + 273 = 298 \text{K}$, $n = \frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم مولی}} = \frac{0.64 \text{g}}{32 \text{g.mol}^{-1}} = 0.02 \text{mol}$, $V = 11/2 \text{L} \Rightarrow \frac{nT}{V} = \frac{0.02 \times 298}{11/2} = 0.532$

گزینه (۴): $\theta = 25^\circ \text{C} \Rightarrow T = 25 + 273 = 298 \text{K}$, $n = \frac{\text{جرم } SO_2}{\text{جرم مولی}} = \frac{0.64 \text{g}}{64 \text{g.mol}^{-1}} = 0.01 \text{mol}$, $V = 11/2 \text{L} \Rightarrow \frac{nT}{V} = \frac{0.01 \times 298}{11/2} = 0.266$

بنابراین بیشترین و کمترین فشار به ترتیب مربوط به ظرف‌های ۳ و ۲ است.

۴ ۵۰۷ B عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** FeCl_3 یک ترکیب یونی با کاتیون‌های Fe^{3+} و آنیون‌های Cl^- است، اما دقت کنید که PCl_3 یک ترکیب مولکولی است که از به اشتراک گذاشتن الکترون بین اتم‌های فسفر و کلر به وجود آمده است و در ساختار آن آنیون و کاتیون وجود ندارد.

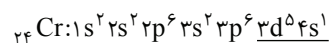
عبارت (ب): چگالی هر گاز را می‌توان از تقسیم جرم مولی بر حجم مولی آن به‌دست آورد: $d = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} \Rightarrow N_2$ چگالی $\frac{28 \text{g.mol}^{-1}}{22.4 \text{L.mol}^{-1}} = 1.25 \text{g.L}^{-1}$

عبارت (پ): سوخت سبب، سوختی است که در ساختار خود افزون‌بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به‌دست می‌آید. دقت کنید که در اثر سوختن این سوخت‌ها نیز همانند سوخت‌های فسیلی، گازهای گلخانه‌ای مانند CO_2 و بخار آب تولید می‌شوند.

عبارت (ت): در دما و فشار ثابت، نسبت حجم دو نمونه گاز با نسبت تعداد مول‌های آن دو برابر است:

$$\frac{V_{O_2}}{V_{He}} = \frac{n_{O_2}}{n_{He}} \Rightarrow \frac{n_{O_2}}{n_{He}} = \frac{\text{جرم مولی } O_2}{\text{جرم مولی } He} \Rightarrow \frac{2 \times 32}{4} = 16$$

۲ ۵۰۸ C موارد سوم و چهارم جمله را به درستی کامل می‌کند. **بررسی موارد: مورد اول:** تعداد جفت‌الکترون‌های پیوندی در N_2O_4 برابر با ۷ است. تعداد الکترون‌های لایه ظرفیت در اتم کروم (۲۴ Cr) برابر با ۶ است.



گروه شیمیایی	NO^+	CO	N_2O_4
ساختار لوویس	$[\text{:O}=\text{N}=\text{O:}]^+$	$\text{:C}\equiv\text{O:}$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{N}=\text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$

مورد دوم: تعداد یون‌های اکسید در هر واحد فرمولی از ماده اصلی بوکسیت (Al_2O_3) برابر با ۳ است. تعداد جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در اکسید سمی کربن (CO) برابر ۲ است. **مورد سوم:** ساختار لوویس گونه‌های داده شده در سؤال به‌صورت مقابل است:

تعداد پیوندهای کووالانسی دوگانه در گونه NO^+ با تعداد کاتیون‌ها در هر واحد فرمولی آهن (III) سولفید (Fe_2S_3) یکسان و برابر با ۲ است. **مورد چهارم:** تعداد اتم‌های هیدروژن در ۱۳/۵ گرم یون آمونیوم (NH_4^+) و ۱۱/۲ لیتر گاز اتان (C_2H_6) در شرایط STP به‌صورت زیر است:

$$? \text{ atom H} = 13.5 \text{ g NH}_4^+ \times \frac{1 \text{ mol NH}_4^+}{18 \text{ g NH}_4^+} \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol NH}_4^+} \times \frac{N_A \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} = 3 N_A \text{ atom H}$$

$$? \text{ atom H} = 11.2 \text{ L C}_2\text{H}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6}{22.4 \text{ L C}_2\text{H}_6} \times \frac{6 \text{ mol H}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{N_A \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} = 3 N_A \text{ atom H}$$

بنابراین تعداد اتم‌های هیدروژن در دو نمونه با یکدیگر برابر است.

۱ ۵۰۹ C فقط در مورد (پ)، شمار اتم‌های کلر، ۱/۲ برابر شمار اتم‌های اکسیژن موجود در ۵۰ گرم سیلیس است. فرمول شیمیایی سیلیس به‌صورت SiO_2 است.

پس شمار اتم‌های اکسیژن در ۵۰ گرم سیلیس برابر است با:

$$? \text{ atom O} = 50 \text{ g SiO}_2 \times \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{60 \text{ g SiO}_2} \times \frac{2 \text{ mol O}}{1 \text{ mol SiO}_2} \times \frac{N_A \text{ atom O}}{1 \text{ mol O}} = \frac{5}{3} N_A \text{ atom O}$$

با توجه به شمار اتم‌های اکسیژن، شمار اتم‌های کلر باید برابر با $2N_A \times (1/2) = N_A$ باشد. حال به بررسی موارد می‌پردازیم:

مورد (الف): $? \text{ atom Cl} = 56 \text{ L SO}_2 \text{Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol SO}_2 \text{Cl}_2}{22/4 \text{ L SO}_2 \text{Cl}_2} \times \frac{2 \text{ mol Cl}}{1 \text{ mol SO}_2 \text{Cl}_2} \times \frac{N_A \text{ atom Cl}}{1 \text{ mol Cl}} = 5N_A \text{ atom Cl}$

مورد (ب): $? \text{ atom Cl} = 75 \text{ L Cl}_2 \text{O} \times \frac{2/9 \text{ g Cl}_2 \text{O}}{1 \text{ L Cl}_2 \text{O}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2 \text{O}}{87 \text{ g Cl}_2 \text{O}} \times \frac{2 \text{ mol Cl}}{1 \text{ mol Cl}_2 \text{O}} \times \frac{N_A \text{ atom Cl}}{1 \text{ mol Cl}} = 5N_A \text{ atom Cl}$

$\frac{75 \times 2/9 \times 2}{87} = ? \xrightarrow[\text{ساده کردن}]{\text{تفکیک اعشار و صفر}} \frac{75 \times 2 \times 2}{87} \times 10^{-1} = \frac{150}{87} \times 10^{-1} = 5$ + توضیح محاسبات

مورد (پ): در این گزینه ابتدا حجم مولی گازها در شرایط داده شده را محاسبه می‌کنیم، سپس شمار اتم‌های کلر را در نمونه گاز به دست می‌آوریم. برای یک نمونه گازی می‌توان نوشت:

$$\frac{P_1 V_{n,1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n,2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{3/2 \times V_{n,2}}{351} \Rightarrow V_{n,2} = 9 \text{ L mol}^{-1}$$

$? \text{ atom Cl} = 6 \text{ L POCl}_3 \times \frac{1 \text{ mol POCl}_3}{9 \text{ L POCl}_3} \times \frac{3 \text{ mol Cl}}{1 \text{ mol POCl}_3} \times \frac{N_A \text{ atom Cl}}{1 \text{ mol Cl}} = 2N_A \text{ atom Cl}$

مورد (ت): $? \text{ atom Cl} = 45 \text{ L NOCl} \times \frac{2/62 \text{ g NOCl}}{1 \text{ L NOCl}} \times \frac{1 \text{ mol NOCl}}{65/5 \text{ g NOCl}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}}{1 \text{ mol NOCl}} \times \frac{N_A \text{ atom Cl}}{1 \text{ mol Cl}} = 1/8 N_A \text{ atom Cl}$

با توجه به شمار اتم‌های کلر در گزینه‌های مختلف، تعداد اتم‌های کلر در گزینه (۲)، $1/2$ برابر شمار اتم‌های اکسیژن در نمونه سیلیس موجود در صورت سؤال است.

$\frac{45 \times 2/62 N_A}{65/5} = ? \xrightarrow[\text{اعداد ۶۶ و ۲/۶۴ قرار گیرد}]{\text{به جای اعداد ۶۵ و ۲/۶۲}} \frac{45 \times 2/64 N_A}{66} \xrightarrow[\text{ساده کردن}]{\text{}} \frac{45 \times 2/64 N_A}{66} = \frac{45 \times 2 \times 10^{-2} N_A}{66} = 1/8 N_A$ + توضیح محاسبات

موارد اول و پنجم درست هستند. ابتدا مقدار مول و حجم هر یک از بالن‌ها را در شرایط استاندارد محاسبه می‌کنیم:

بالن (۱): $? \text{ mol Ne} = 6 \text{ g Ne} \times \frac{1 \text{ mol Ne}}{20 \text{ g Ne}} = 0/3 \text{ mol Ne}$ بالن (۱):

$? \text{ L Ne} = 0/3 \text{ mol Ne} \times \frac{22/4 \text{ L Ne}}{1 \text{ mol Ne}} = 6/72 \text{ L Ne}$

بالن (۲): $? \text{ mol SO}_3 = 20 \text{ g SO}_3 \times \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80 \text{ g SO}_3} = 0/25 \text{ mol SO}_3$ بالن (۲):

$? \text{ L SO}_3 = 0/25 \text{ mol SO}_3 \times \frac{22/4 \text{ L SO}_3}{1 \text{ mol SO}_3} = 5/6 \text{ L SO}_3$

بالن (۳): $? \text{ mol CH}_4 = 12 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} = 0/75 \text{ mol CH}_4$ بالن (۳):

$? \text{ L CH}_4 = 0/75 \text{ mol CH}_4 \times \frac{22/4 \text{ L CH}_4}{1 \text{ mol CH}_4} = 16/8 \text{ L CH}_4$

بررسی موارد: مورد اول: با توجه به مقادیر محاسبه شده، مجموع حجم بالن‌های (۱) و (۳) در شرایط استاندارد برابر با $23/52$ لیتر است. مورد دوم: در دما و فشار یکسان، نسبت حجم دو گاز با نسبت مقدار مول‌هایشان برابر است. از آنجا که نسبت مقدار مول گاز در بالن (۲) به مقدار مول گاز در بالن (۱) برابر با $5/6$ است، پس

نسبت حجم این دو بالن نیز برابر با $5/6$ خواهد بود. مورد سوم:

$$\left. \begin{aligned} ? \text{ mol O (NO}_2 \text{ در)} &= 115 \text{ g NO}_2 \times \frac{1 \text{ mol NO}_2}{46 \text{ g NO}_2} \times \frac{2 \text{ mol O}}{1 \text{ mol NO}_2} \times \frac{N_A \text{ atom O}}{1 \text{ mol O}} = 5N_A \text{ atom O} \\ ? \text{ mol H (CH}_4 \text{ در)} &= 12 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{N_A \text{ atom H}}{1 \text{ mol H}} = 3N_A \text{ atom H} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\text{شمار اتم‌های اکسیژن}}{\text{شمار اتم‌های هیدروژن}} = \frac{5N_A}{3N_A} = \frac{5}{3}$$

مورد چهارم: در دما و فشار یکسان، نسبت چگالی دو گاز برابر با نسبت جرم مولی آن‌هاست؛ بنابراین خواهیم داشت: $\frac{\text{چگالی گاز CH}_4}{\text{چگالی گاز SO}_3} = \frac{\text{جرم مولی گاز CH}_4}{\text{جرم مولی گاز SO}_3} = \frac{16}{80} = 0/2$

مورد پنجم: در صورت یکسان بودن حجم ظرف‌ها و دمای گازها، هر چه مقدار مول یک گاز بیشتر باشد، فشار آن گاز نیز بالاتر خواهد بود، پس مقایسه فشار گاز موجود در سه بالن به صورت: «بالن (۳) < بالن (۱) < بالن (۲)» است.

۳۵۱۱ C جرم این مخلوط را 100 g در نظر می‌گیریم؛ بنابراین 60 گرم از این مخلوط را گازهای دواتمی N_2 و O_2 و 40 g از آن را Ar تشکیل داده است. دمای جوش

سه گاز آرگون، نیتروژن و اکسیژن به ترتیب برابر -186 ، -196 و -183 درجه سلسیوس است؛ بنابراین با سرد کردن این مخلوط تا دمای جوش اکسیژن، اکسیژن به صورت مایع خارج شده و گازهای نیتروژن و آرگون باقی می‌مانند. چنانچه جرم اکسیژن را x در نظر بگیریم، درصد جرمی آرگون در مخلوط جدید برابر خواهد بود با:

$$\text{درصد جرمی Ar} = \frac{\text{جرم آرگون}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{40 \text{ g}}{(100 - x) \text{ g}} \times 100 = 66/6 = x = 40 \text{ g}$$

بنابراین جرم اکسیژن موجود در این مخلوط برابر 40 g و جرم نیتروژن نیز برابر 20 g خواهد بود:

$$\text{O}_2 \text{ های موجود} = 320 \text{ g مخلوط} \times \frac{40 \text{ g O}_2}{100 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} \times \frac{6/02 \times 10^{23} \text{ molecule O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 2/40 \times 10^{24} \text{ molecule O}_2$$

حجم سیلندر استوانه‌ای از حاصل ضرب سطح مقطع آن‌ها در ارتفاع به دست می‌آید. با توجه به ثابت بودن سطح مقطع پیستون، حجم این پیستون با ارتفاع آن رابطه مستقیم دارد:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{h_2}{h_1} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1}$$

همچنین می‌دانیم که در فشار و دمای ثابت، حجم مخلوطی از گازها با تعداد مول‌های آن‌ها رابطه مستقیم دارد:

$$\frac{m_2}{m_1} = 9 \Rightarrow \begin{cases} m_2 = m_{\text{He}} + m_{\text{Ar}} \\ m_1 = m_{\text{He}} \end{cases} \Rightarrow \frac{m_{\text{He}} + m_{\text{Ar}}}{m_{\text{He}}} = 9 \Rightarrow m_{\text{Ar}} = 8m_{\text{He}}$$

همچنین با توجه به صورت سؤال، داریم:

$$n_2 = \frac{m_{\text{He}}}{4} + \frac{m_{\text{Ar}}}{40} \xrightarrow{m_{\text{Ar}} = 8m_{\text{He}}} n_2 = \frac{m_{\text{He}}}{4} + \frac{m_{\text{He}}}{5} = \frac{9}{20} m_{\text{He}}, n_1 = \frac{m_{\text{He}}}{4}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1} \rightarrow \frac{\frac{9}{20} m_{\text{He}}}{\frac{m_{\text{He}}}{4}} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1} \rightarrow \frac{9}{5} = \frac{h_1 + \lambda}{h_1} \Rightarrow 9h_1 = 5h_1 + 40 \Rightarrow h_1 = 10 \text{ cm}$$

در نهایت خواهیم داشت:

ابتدا می‌بایست تعداد مول‌های SO_2 و SO_3 را به دست آورده و سپس از طریق آن فشار مخلوط گازی را به دست آوریم. جرم هر یک از گازهای SO_2 و SO_3 را به ترتیب برابر x و y در نظر می‌گیریم:

$$\text{SO}_2 \text{ در } x \text{ g اکسیژن در هر کدام از این گازها را به دست می‌آوریم: } \frac{1 \text{ mol SO}_2}{64 \text{ g SO}_2} \times \frac{2 \text{ mol O}}{1 \text{ mol SO}_2} \times \frac{16 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = \frac{1}{2} x \text{ g O}$$

$$\text{SO}_3 \text{ در } y \text{ g اکسیژن در هر کدام از این گازها را به دست می‌آوریم: } \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80 \text{ g SO}_3} \times \frac{3 \text{ mol O}}{1 \text{ mol SO}_3} \times \frac{16 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = \frac{3}{5} y \text{ g O}$$

بنابراین مجموع جرم اکسیژن در این مخلوط برابر $(\frac{1}{2}x + \frac{3}{5}y)$ است. با توجه به درصد جرمی اکسیژن در این مخلوط خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن} = \frac{\text{جرم کل اکسیژن موجود در مخلوط}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{\frac{1}{2}x + \frac{3}{5}y}{256} \times 100 = 56/25 \Rightarrow \frac{1}{2}x + \frac{3}{5}y = 144 \quad (\text{II})$$

$$\begin{cases} \frac{1}{2}x + \frac{3}{5}y = 144 \\ x + y = 256 \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{2}x = 32 \Rightarrow y = 160 \text{ g}, x = 96 \text{ g}$$

اکنون به کمک معادله‌های (I) و (II)، x و y را محاسبه می‌کنیم:

اکنون تعداد مول‌های SO_2 و SO_3 را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{SO}_2 \text{ در } 96 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{64 \text{ g SO}_2} = 1.5 \text{ mol SO}_2 \quad \text{SO}_3 \text{ در } 160 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80 \text{ g SO}_3} = 2 \text{ mol SO}_3$$

بنابراین در مجموع $3/5$ مول گاز در این ظرف وجود دارد؛ پس فشار این مخلوط گازی برابر است با: $\frac{3}{5} \text{ mol gas} \times \frac{3 \text{ atm}}{1 \text{ mol gas}} = 1.8 \text{ atm}$

واکنش گازها در صنعت، اهمیت و کاربردهای بسیاری دارد، به‌طوری که هر یک از فرایندهای تهیه سولفوریک اسید و نیتریک اسید شامل چندین واکنش گازی متوالی است.

۴ ۵۱۵ B

★ نکته به منظور سرعت بخشیدن به حل مسائل استوکیومتری، می‌توانید از روش تناسب استفاده کنید. در این روش، ابتدا معادله واکنش را نوشته و موازنه کنید. سپس با توجه به داده‌های مطرح شده در صورت سؤال، به کمک دو عدد از کسرهای زیر، یک معادله تشکیل داده و مجهول (خواسته مسئله) را به دست آورید.

$$\frac{\text{چگالی (g.L}^{-1}\text{)} \times (\text{لیتر گاز غیر STP})}{\text{جرم مولی} \times (\text{L.mol}^{-1}) \times (\text{ضریب})} = \frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{\text{جرم مولی} \times (\text{L.mol}^{-1}) \times (\text{ضریب})} = \frac{\text{اتم یا مولکول}}{\text{جرم مولی} \times (\text{L.mol}^{-1}) \times (\text{ضریب})} = \frac{\text{اتم یا مولکول}}{\text{جرم مولی} \times (\text{L.mol}^{-1}) \times (\text{ضریب})}$$



معادله موازنه شده واکنش به صورت روبه‌رو است:

برای حل این سؤال می‌توان از دو روش استفاده کرد:

روش اول (کسر تبدیل): در این روش ابتدا جرم هر یک از گازهای تولید شده را محاسبه کرده و با یکدیگر جمع می‌کنیم تا مقدار گاز تولید شده به دست آید:

$$? \text{ g O}_2 = 60/6 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{5 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 24 \text{ g O}_2$$

$$? \text{ g N}_2 = 60/6 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{2 \text{ mol N}_2}{4 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{28 \text{ g N}_2}{1 \text{ mol N}_2} = 8/4 \text{ g N}_2$$

گاز $24 + 8/4 = 32/4 \text{ g}$ مجموع جرم گاز تولید شده

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم } \text{KNO}_3 \text{ مصرفی}}{\text{ضریب } \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } \text{O}_2 \text{ تولیدی}}{\text{ضریب } \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } \text{N}_2 \text{ تولیدی}}{\text{ضریب } \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{60/6}{10 \times 4} = \frac{x \text{ g O}_2}{32 \times 5} = \frac{y \text{ g N}_2}{28 \times 2} \Rightarrow x = 24 \text{ g O}_2, y = 8/4 \text{ g N}_2$
مجموع جرم گازهای تولید شده برابر $32/4 \text{ g}$ است.

روش ابتکاری: در این روش با استفاده از قانون پایستگی جرم به حل مسئله می‌پردازیم. با توجه به اینکه همه مواد واکنش دهنده به مواد فراورده تبدیل می‌شوند، پس اگر مقدار جرم ماده جامد فراورده را از مقدار جرم ماده اولیه کم کنیم، جرم فراورده‌های گازی به دست می‌آید:

$$? \text{ g K}_2\text{O} = 60/6 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{2 \text{ mol K}_2\text{O}}{4 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{94 \text{ g K}_2\text{O}}{1 \text{ mol K}_2\text{O}} = 28/2 \text{ g K}_2\text{O}$$

مجموع جرم گاز تولید شده $= 60/6 - 28/2 = 32/4 \text{ g}$

حجم گاز کربن دی‌اکسید تولید شده را حساب می‌کنیم:

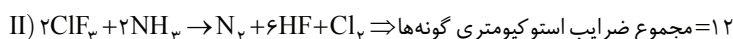
$$8/4 \text{ ton Fe} \times \frac{10^6 \text{ g Fe}}{1 \text{ ton Fe}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{56 \text{ g Fe}} \times \frac{3 \text{ mol CO}_2}{4 \text{ mol Fe}} \times \frac{22/4 \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{1 \text{ m}^3 \text{ CO}_2}{10^3 \text{ L CO}_2} = 252 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم Fe}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم CO}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{8/4 \times 10^6 \text{ g}}{4 \times 56} = \frac{x}{3 \times 22/4} \Rightarrow x = 252 \times 10^3 \text{ L} = 252 \text{ m}^3$$

روش دوم (تناسب):

معادله موازنه شده این دو واکنش به صورت زیر است:



$27 - 12 = 15$ اختلاف مجموع ضرایب استوکیومتری گونه‌ها

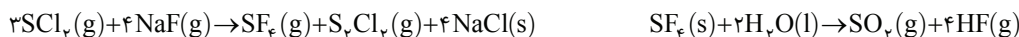
$$? \text{ g ClF}_3 = 4/48 \text{ L NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{22/4 \text{ L NH}_3} \times \frac{2 \text{ mol ClF}_3}{2 \text{ mol NH}_3} \times \frac{92/5 \text{ g ClF}_3}{1 \text{ mol ClF}_3} = 18/5 \text{ g ClF}_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{لیتر NH}_3 \text{ مصرفی}}{22/4 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم NH}_3 \text{ مصرفی}}{22/4 \times 2 \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{4/48}{22/4 \times 2} = \frac{x}{2 \times 92/5} \Rightarrow x = 18/5 \text{ g ClF}_3$$

روش دوم (تناسب):

معادله موازنه شده دو واکنش به صورت زیر می‌باشد:



روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول: محاسبه جرم سدیم فلوئورید (NaF) مصرفی:

$$? \text{ g NaF} = 50 \text{ L HF} \times \frac{10/8 \text{ g HF}}{1 \text{ L HF}} \times \frac{1 \text{ mol HF}}{20 \text{ g HF}} \times \frac{1 \text{ mol SF}_6}{4 \text{ mol HF}} \times \frac{4 \text{ mol NaF}}{1 \text{ mol SF}_6} \times \frac{42 \text{ g NaF}}{1 \text{ mol NaF}} = 84 \text{ g NaF}$$

$$? \text{ g SO}_2 = 50 \text{ L HF} \times \frac{10/8 \text{ g HF}}{1 \text{ L HF}} \times \frac{1 \text{ mol HF}}{20 \text{ g HF}} \times \frac{1 \text{ mol SO}_2}{4 \text{ mol HF}} \times \frac{64 \text{ g SO}_2}{1 \text{ mol SO}_2} = 32 \text{ g SO}_2$$

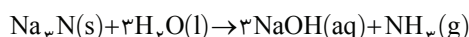
قسمت دوم: محاسبه جرم گوگرد دی‌اکسید (SO_2) تولیدی:

روش دوم (تناسب): با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری SF_6 در هر دو معادله یکسان است، می‌توان نتیجه گرفت:



$$\frac{\text{تولیدی HF} \times \text{چگالی HF}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم NaF مصرفی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم SO}_2 تولیدی}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{50 \times 10/8}{4 \times 20} = \frac{x \text{ g NaF}}{4 \times 42} = \frac{y \text{ g SO}_2}{1 \times 64} \Rightarrow x = 84 \text{ g NaF}, y = 32 \text{ g SO}_2$$

فرمول شیمیایی سدیم نیتريد به صورت Na_3N بوده و در هر واحد فرمولی از آن، چهار یون وجود دارد. معادله واکنش این ترکیب با آب به صورت زیر است:



$$? \text{ L NH}_3 = 3/612 \times 10^{24} \text{ ion} \times \frac{1 \text{ mol ion}}{6/02 \times 10^{23} \text{ ion}} \times \frac{1 \text{ mol Na}_3\text{N}}{4 \text{ mol ion}} \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ mol Na}_3\text{N}} \times \frac{22/4 \text{ L NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 33/6 \text{ L NH}_3$$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول:

$$? \text{ g NaOH} = 3/612 \times 10^{24} \text{ ion} \times \frac{1 \text{ mol ion}}{6/02 \times 10^{23} \text{ ion}} \times \frac{1 \text{ mol Na}_3\text{N}}{4 \text{ mol ion}} \times \frac{3 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol Na}_3\text{N}} \times \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 180 \text{ g NaOH}$$

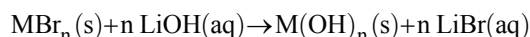
قسمت دوم:

$$\frac{\text{Na}_3\text{N}}{\text{شمار یون ها در ترکیب Na}_3\text{N}} = \frac{\text{مول Na}_3\text{N}}{1} \Rightarrow \frac{3/612 \times 10^{24}}{4 \times 6/02 \times 10^{23}} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = 1/5 \text{ mol Na}_3\text{N}$$

روش دوم (تناسب): محاسبه مقدار مول Na_3N از شمار یون ها:

محاسبه حجم NH_3 و جرم NaOH تولیدی:

$$\frac{\text{مول Na}_3\text{N مصرفی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر NH}_3 \text{ تولیدی}}{22.4 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم NaOH تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{V \text{ L NH}_3}{1 \times 22.4} = \frac{y \text{ g NH}_3}{3 \times 40} \Rightarrow V = 33.6 \text{ L NH}_3, y = 18.0 \text{ g NaOH}$$



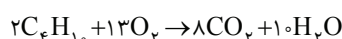
معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g M}(\text{OH})_n = 43.2 \text{ g MBr}_n \times \frac{1 \text{ mol MBr}_n}{(M + 80 \times n) \text{ g MBr}_n} \times \frac{1 \text{ mol M}(\text{OH})_n}{1 \text{ mol MBr}_n} \times \frac{(M + 17 \times n) \text{ g M}(\text{OH})_n}{1 \text{ mol M}(\text{OH})_n} = 18 \text{ g M}(\text{OH})_n \Rightarrow \frac{M}{n} = 28$$

$$\frac{\text{جرم MBr}_n}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم M}(\text{OH})_n}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{43.2}{(M + 80 \times n) \times 1} = \frac{18}{(M + 17 \times n) \times 1} \Rightarrow \frac{M}{n} = 28$$

روش دوم (کسر تناسب):

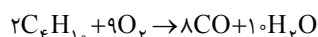
ابتدا حجم O_2 لازم برای سوختن کامل و سوختن ناقص ۷۲/۵ گرم بوتان را محاسبه می‌کنیم. معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل بوتان به صورت زیر است:

$$? \text{ L O}_2 = 72.5 \text{ g C}_4\text{H}_{10} \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}}{58 \text{ g C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{13 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 182 \text{ L O}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم C}_4\text{H}_{10}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم O}_2}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{72.5}{2 \times 58} = \frac{V}{22.4 \times 13} \Rightarrow V = 182 \text{ L O}_2$$

روش دوم (تناسب):



معادله موازنه شده واکنش سوختن ناقص بوتان به صورت مقابل است:

$$? \text{ L O}_2 = 72.5 \text{ g C}_4\text{H}_{10} \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}}{58 \text{ g C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{9 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 126 \text{ L O}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

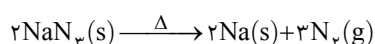
$$\frac{\text{جرم C}_4\text{H}_{10}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم O}_2}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{72.5}{2 \times 58} = \frac{V}{22.4 \times 9} \Rightarrow V = 126 \text{ L O}_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\text{سپس اختلاف حجم گاز O}_2 \text{ مصرفی را به دست می‌آوریم: } 182 - 126 = 56 \text{ L O}_2 = \text{اختلاف حجم گاز اکسیژن مصرفی}$$

روش دیگر: با توجه به معادله‌های واکنش سوختن کامل و ناقص دو مول C_4H_{10} ، به ترتیب ۱۳ و ۹ مولاکسیژن مصرف می‌شود که اختلاف مقدار مول O_2 مصرفی برابر ۴ مول می‌باشد؛ بنابراین:

$$? \text{ L O}_2 (\text{اختلاف}) = 72.5 \text{ g C}_4\text{H}_{10} \times \frac{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}}{58 \text{ g C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{4 \text{ mol O}_2 (\text{اختلاف})}{2 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2 (\text{اختلاف})}{1 \text{ mol O}_2 (\text{اختلاف})} = 56 \text{ L O}_2 (\text{اختلاف})$$



معادله موازنه شده واکنش به صورت روبه‌رو است:

با توجه به اینکه واکنش در شرایط استاندارد صورت نمی‌گیرد، پس باید با استفاده از چگالی گاز نیتروژن به حل مسئله بپردازیم:

$$? \text{ L N}_2 = 39 \text{ g NaN}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaN}_3}{65 \text{ g NaN}_3} \times \frac{3 \text{ mol N}_2}{2 \text{ mol NaN}_3} \times \frac{28 \text{ g N}_2}{1 \text{ mol N}_2} \times \frac{1 \text{ L N}_2}{1.25 \text{ g N}_2} = 22.4 \text{ L N}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم NaN}_3 \text{ تجزیه شده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی} \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \times \text{لیتر گاز N}_2 \text{ تولیدی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{39}{2 \times 65} = \frac{x \times 1.25}{3 \times 28} \Rightarrow x = 22.4 \text{ L N}_2$$

روش دوم (تناسب):

قسمت دوم: ابتدا باید حجم مولی گاز نیتروژن را به دست آوریم:

$$\text{چگالی N}_2 = \frac{\text{جرم مولی N}_2}{\text{حجم مولی N}_2} \Rightarrow 1.25 = \frac{28}{V} \Rightarrow V = 22.4 \text{ L}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22.4}{273} = \frac{1.25 \times 22.4}{T} \Rightarrow T = 341.25 \text{ K}$$

$$\theta(^{\circ}\text{C}) = 341.25 - 273 = 68.25^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = \frac{273 \times 1.25 \times 22.4}{22.4} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{273 \times 1.25 \times 22.4}{22.4} = \frac{273 \times 28}{22.4} = \frac{273 \times 5}{4} = \frac{273 \times 5}{4} \xrightarrow{\text{به جای ۲۷۳ عدد قرار گیرد}} \frac{273 \times 5}{4} = 68.25 \times 5 = 341.25$$

توضیح محاسبات

$$\theta(^{\circ}\text{C}) = 341.25 - 273 = 68.25^{\circ}\text{C}$$

پاسخ نزدیک به 67°C است. (پاسخ: ۶۸/۲۵)

معادله موازنه شده واکنش به صورت روبه‌رو است:

$$? \text{ g CO}_2 = 6.3 \text{ g NaHCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{84 \text{ g NaHCO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol NaHCO}_3} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 1.65 \text{ g CO}_2$$

با توجه به معادله موازنه شده واکنش می‌توان نوشت:

$$\frac{6/3 \times 44}{84 \times 2} = ? \xrightarrow[\text{ساده کردن}]{\text{تفکیک اعشار و}} \frac{63 \times 44}{84 \times 2} \times 10^{-1} = \frac{3 \times 44}{4 \times 2} \times 10^{-1} = 1/65$$

با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری گازهای کربن دی اکسید و بخار آب در معادله موازنه شده واکنش برابر است، پس مقدار مول و حجم این دو گاز با یکدیگر برابر خواهد بود، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{CO}_2 = 0/45 \text{ L} \quad \text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \Rightarrow \text{چگالی} = \frac{1/65 \text{ g}}{0/45 \text{ L}} = 3/67 \text{ g.L}^{-1}$$



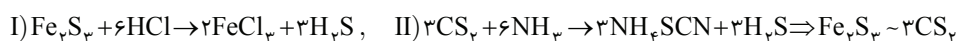
روش اول (کسر تبدیل): با توجه به معادله موازنه شده واکنش‌ها، ابتدا میزان هیدروژن سولفید (H_2S) تولید شده در واکنش (I) را می‌یابیم:

$$? \text{ mol H}_2\text{S} = 4/6 \text{ g Fe}_2\text{S}_3 \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{S}_3}{208 \text{ g Fe}_2\text{S}_3} \times \frac{3 \text{ mol H}_2\text{S}}{1 \text{ mol Fe}_2\text{S}_3} = 0/6 \text{ mol H}_2\text{S}$$

حال جرم کربن دی سولفید (CS_2) مورد نیاز برای تولید این مقدار هیدروژن سولفید (H_2S) در واکنش (II) را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g CS}_2 = 0/6 \text{ mol H}_2\text{S} \times \frac{1 \text{ mol CS}_2}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} \times \frac{76 \text{ g CS}_2}{1 \text{ mol CS}_2} = 45/6 \text{ g CS}_2$$

روش دوم (تناسب): با ضرب کردن معادله (II) در عدد (۳)، ضریب H_2S را در هر دو معادله یکسان می‌کنیم:



$$\frac{\text{جرم CS}_2 \text{ در واکنش (II)}}{\text{جرم مولی CS}_2 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Fe}_2\text{S}_3 \text{ در واکنش (I)}}{\text{جرم مولی Fe}_2\text{S}_3 \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{4/6}{1 \times 208} = \frac{x \text{ g CS}_2}{3 \times 76} \Rightarrow x = 45/6 \text{ g CS}_2$$

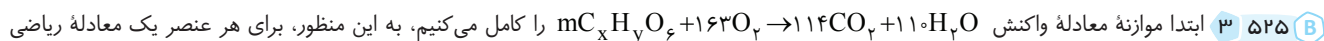
بنابراین خواهیم داشت:

$$? \text{ g NH}_3 = 0/6 \text{ mol H}_2\text{S} \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} \times \frac{17 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 20/4 \text{ g NH}_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم NH}_3 \text{ مصرفی}}{\text{جرم مولی NH}_3 \times \text{ضریب}} = \frac{x}{17 \times 2} \Rightarrow x = 20/4 \text{ g NH}_3, \quad \text{چگالی NH}_3 = \frac{\text{جرم NH}_3}{\text{حجم NH}_3} = \frac{20/4}{13/6} = 1/5 \text{ g.L}^{-1}$$

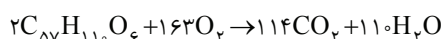
روش دوم (تناسب):



تشکیل داده و مقادیر m ، x و y را به دست می‌آوریم:

$$\text{موازنه C: } mx = (114 \times 1) \xrightarrow{m=2} 2x = 114 \Rightarrow x = 57 \quad \text{موازنه O: } 6m + (163 \times 2) = (114 \times 2) + (110 \times 1) \Rightarrow m = 2$$

$$\text{موازنه H: } my = (110 \times 2) \xrightarrow{m=2} 2y = 220 \Rightarrow y = 110$$



بنابراین معادله موازنه شده واکنش به صورت مقابل است:

حال با استفاده از جرم $\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$ ، حجم گاز اکسیژن (O_2) مصرف شده و مقدار مول CO_2 تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

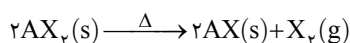
$$? \text{ L O}_2 = 89 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6}{890 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6} \times \frac{163 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 203/75 \text{ L O}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mol CO}_2 = 89 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6}{890 \text{ g C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6} \times \frac{114 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6} = 5/7 \text{ mol CO}_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6}{\text{جرم مولی C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم گاز O}_2}{\text{حجم مولی O}_2 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول CO}_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{89}{2 \times 890} = \frac{x \text{ L O}_2}{163 \times 22.4} = \frac{y \text{ mol CO}_2}{114} \Rightarrow x = 203/75 \text{ L O}_2, y = 5/7 \text{ mol CO}_2$$



۲ ۵۲۶ B

برای حل تست، کافی است میان AX_y و AX یک رابطه استوکیومتری بنویسیم: (جرم مولی A و X را به ترتیب a و x گرم بر مول در نظر می‌گیریم).

$$\frac{1/12 \text{ g AX}_y}{(a+2x) \text{ g AX}_y} \times \frac{1 \text{ mol AX}_y}{2 \text{ mol AX}_y} \times \frac{(a+x) \text{ g AX}}{1 \text{ mol AX}} = 0/72 \text{ g AX} \Rightarrow \frac{a+x}{a+2x} = 0/72 \Rightarrow \frac{a+x}{a+2x} = \frac{9}{14}$$

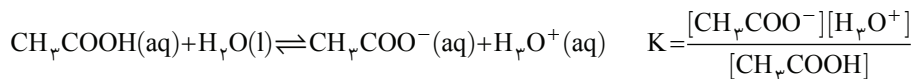
روش اول (کسر تبدیل):

$$\Rightarrow 14a + 14x = 9a + 18x \Rightarrow 4x = 5a \Rightarrow \frac{x}{a} = \frac{5}{4}$$

۳ ۲۸۵۶ C همه عبارت‌ها به‌جز عبارت سوم درست هستند. بررسی عبارت سوم: اگر فشار تعادلی کمتر از فشار اولیه باشد، به این معناست که تعداد مول‌های گازی کاهش یافته، پس واکنش در جهت برگشت پیشرفت کرده است، با گذشت زمان غلظت NO_2 و سرعت واکنش برگشت کاهش یافته و غلظت N_2O_4 و سرعت واکنش رفت افزایش می‌یابد، اما به دلیل وجود N_2O_4 در ابتدای واکنش، سرعت واکنش رفت در ابتدا صفر نیست. بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت اول: واکنش، در ابتدا در جهت برگشت پیشرفت می‌کند و N_2O_4 تولید می‌شود. عبارت دوم: با پیشرفت واکنش در جهت برگشت از میزان گاز NO_2 قهوه‌ای‌رنگ کاسته شده و شدت رنگ محلول کمتر می‌شود. عبارت چهارم: از ابتدای واکنش تا لحظه تعادل، شیب نمودار «غلظت - زمان» برای NO_2 ، دو برابر N_2O_4 است. $(\bar{R}_{\text{NO}_2} = 2\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_4})$

۳ ۲۸۵۷ B به‌جز عبارت سوم، سایر عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت سوم: در رابطه ثابت تعادل فقط غلظت موادی نوشته می‌شود که محلول یا گازی باشند؛ زیرا غلظت این مواد به جرم آن‌ها وابسته است، در حالی که غلظت مواد مایع و جامد خالص، فقط به دما وابسته است و در دمای معین ثابت مانده و با تغییر مقدار آن‌ها تغییر نمی‌کند.

۴ ۲۸۵۸ A $\text{H}_2\text{O}(l)$ یک مایع خالص بوده و غلظت آن ثابت است. بنابراین غلظت آن نباید در عبارت ثابت تعادل نوشته شود.



۴ ۲۸۵۹ B

نکته ترکیبی ثابت تعادل کمیتی است که میان اجزای محلول یا گازی در یک سامانه تعادلی برقرار است. این کمیت در واکنش‌های مختلف متناسب با ضریب فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌های واکنش تعادلی، یکاهای متفاوتی دارد. واکنش گازی مقابل را در نظر بگیرید:

$$aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$$

برای به دست آوردن یکای ثابت تعادل این واکنش، ابتدا مقدار Δn را به دست می‌آوریم که برابر است با مجموع ضرایب فراورده‌ها منهای مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها:

$$\Delta n = (c+d) - (a+b)$$

سپس با کمک رابطه مقابل، یکای ثابت تعادل را به دست می‌آوریم:

$$K = (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^{\Delta n} = (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^{(c+d)-(a+b)}$$

$$K = \frac{[\text{OH}^-][\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow K \text{ یکای } = \frac{(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}} = \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

یکای ثابت تعادل واکنش‌های (الف) و (ت) یکسان هستند: واکنش (الف):

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} \Rightarrow K \text{ یکای } = \frac{(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}} = \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

واکنش (ت):

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]} \Rightarrow K \text{ یکای } = \frac{(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})} = \text{mol}^{-1} \cdot \text{L}$$

بررسی سایر واکنش‌ها: واکنش (ب):

$$K = \frac{[\text{H}_2][\text{CO}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} \Rightarrow K \text{ یکای } = \frac{(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2} = \text{یکای ندارد}$$

واکنش (پ):

اگر تعادلی را معکوس کنیم، مقدار عددی ثابت تعادل جدید، معکوس مقدار عددی ثابت تعادل اولیه است، برای مثال:

$$1) \text{ cC}(g) \rightleftharpoons \text{ aA}(g) + \text{ bB}(g), K_1 = \frac{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}{[\text{C}]^c} \quad 2) \text{ aA}(g) + \text{ bB}(g) \rightleftharpoons \text{ cC}(g), K_2 = \frac{[\text{C}]^c}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b} \Rightarrow K_2 = \frac{1}{K_1}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): اگر ضرایب استوکیومتری را در عدد n ضرب کنیم، مقدار ثابت تعادل این واکنش به توان n می‌رسد:

$$1) \text{ aA}(g) \rightleftharpoons \text{ bB}(g), K_1 = \frac{[\text{B}]^b}{[\text{A}]^a} \quad 2) \text{ naA}(g) \rightleftharpoons \text{ nbB}(g), K_2 = \frac{[\text{B}]^{nb}}{[\text{A}]^{na}} = \left(\frac{[\text{B}]^b}{[\text{A}]^a}\right)^n \Rightarrow K_2 = K_1^n$$

گزینه (۳): اگر یک واکنش تعادلی برابر مجموع چند واکنش تعادلی دیگر باشد، ثابت تعادل واکنش نهایی با حاصل ضرب ثابت تعادل‌های واکنش‌های اولیه برابر است.

گزینه (۴): اگر رابطه ثابت تعادل برای یک واکنش به صورت $K = [\text{A}] \times [\text{B}]^{-2}$ باشد، در این صورت A یک فراورده و B یک واکنش‌دهنده خواهد بود. با توجه به اینکه ضریب B دو برابر ضریب A است، به همین دلیل سرعت مصرف B دو برابر سرعت تولید A می‌باشد.

1 ۲۸۶۱ B

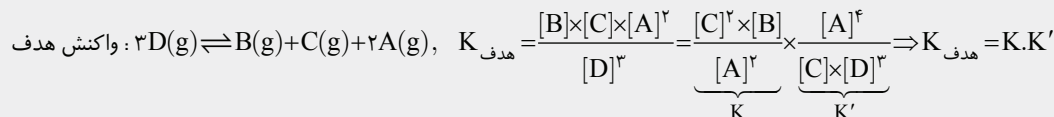
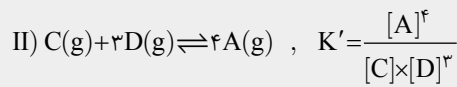
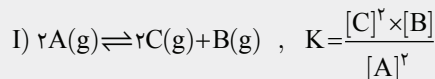
نکته ترکیبی تغییرات ثابت تعادل ضمن تغییرات واکنش: ۱- معکوس کردن واکنش: اگر معادله یک واکنش تعادلی را معکوس کنیم به علت تعویض جای فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها، مقدار ثابت تعادل نیز معکوس خواهد شد. **مثال**

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{I) } \text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g), \quad K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \times [\text{N}_2]} \\ \text{II) } 2\text{NH}_3(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g), \quad K' = \frac{[\text{H}_2]^3 \times [\text{N}_2]}{[\text{NH}_3]^2} \end{array} \Rightarrow K = \frac{1}{K'} \right.$$

۲- برابر کردن ضرایب اجزای واکنش: اگر ضرایب اجزای یک واکنش را n برابر کنیم ثابت تعادل به توان n می‌رسد. **مثال**

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{I) } 2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g), \quad K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \times [\text{O}_2]} \\ \text{II) } 6\text{SO}_2(g) + 3\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 6\text{SO}_3(g), \quad K' = \frac{[\text{SO}_3]^6}{[\text{SO}_2]^6 \times [\text{O}_2]^3} \end{array} \Rightarrow K' = K^3 \right.$$

۳- جمع اجزای دو واکنش: اگر اجزای دو واکنش را با هم جمع کنیم، ثابت تعادل واکنش حاصل برابر با حاصل ضرب ثابت تعادل دو واکنش است. **مثال**



بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): معادله این واکنش عکس معادله واکنش تعادل (۱) است؛ بنابراین ثابت تعادل آن معکوس ثابت تعادل (۱) است:

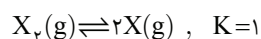
$$K' = \frac{1}{K} = \frac{1}{4/2 \times 10^{-3}} = 238$$

پرسش (ب): ضرایب این معادله $\frac{1}{2}$ برابر ضرایب اجزای تعادل (۲) است؛ بنابراین ثابت تعادل آن برابر ثابت تعادل واکنش (۲) به توان $\frac{1}{2}$ است:

$$K' = (K)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{K} = \sqrt{1/6 \times 10^{-3}} = \sqrt{16 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{-3}$$

پرسش (پ): معادله این واکنش از جمع معادله واکنش‌های تعادلی (۱) و (۲) به دست آمده و لذا ثابت تعادل آن برابر با حاصل ضرب ثابت تعادل دو واکنش تعادلی است:

$$K' = K_1 \cdot K_2 = (4/2 \times 10^{-3}) \times (1/6 \times 10^{-3}) = 6/72 \times 10^{-6}$$



۲۸۶۲ ۳ معادله موازنه شده واکنش تعادلی به صورت مقابل است:

مقدار a برابر با اختلاف غلظت‌های تعادلی دو ماده است؛ بنابراین ابتدا مقادیر غلظت تعادلی دو ماده را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{[\text{X}]^2}{[\text{X}_2]} = 1 \xrightarrow{\frac{[\text{X}]}{[\text{X}_2]} = \frac{1}{2}} \frac{[\text{X}] \cdot [\text{X}]}{[\text{X}_2]} = 1 \Rightarrow [\text{X}] = 2, [\text{X}_2] = 4$$

با توجه به اینکه X_2 واکنش دهنده و X فراورده است، پس در نمودار «غلظت-زمان» داده شده، نمودار بالایی مربوط به X_2 و نمودار پایینی مربوط به X بوده و a برابر است با:

$$a = [\text{X}_2] - [\text{X}] = 4 - 2 = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

۲۸۶۳ ۱ بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): با توجه به ثابت شدن غلظت و رنگ سامانه یعنی واکنش به تعادل رسیده است. پرسش (ب): عبارت ثابت تعادل واکنش

به صورت $\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$ و واکنش انجام شده به صورت $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ است. در حالت تعادل ۵ ذره NO_2 و ۹ ذره N_2O_4 در ظرف واکنش وجود دارد.

$$[\text{NO}_2] = \frac{5 \times 10^{-2} \text{ mol}}{2 \text{ L}} = \frac{1}{40} \text{ mol.L}^{-1}, [\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{9 \times 10^{-2} \text{ mol}}{2 \text{ L}} = \frac{9}{200} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow K = \frac{(\frac{1}{40})^2}{(\frac{9}{200})} = 0.014 \text{ mol.L}^{-1}$$

۲۸۶۴ ۱ ابتدا جرم هر یک از مواد را با استفاده از جرم مولی آن‌ها، به مول تبدیل می‌کنیم.

$$? \text{ mol PCl}_5 = 16/68 \text{ g PCl}_5 \times \frac{1 \text{ mol PCl}_5}{208/5 \text{ g PCl}_5} = 0.08 \text{ mol PCl}_5, \quad ? \text{ mol PCl}_3 = 55 \text{ g PCl}_3 \times \frac{1 \text{ mol PCl}_3}{137/5 \text{ g PCl}_3} = 0.4 \text{ mol PCl}_3$$

$$? \text{ mol Cl}_2 = 56/8 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{71 \text{ g Cl}_2} = 0.8 \text{ mol Cl}_2$$

اکنون برای به دست آوردن غلظت مولی مواد، مول آن‌ها را به حجم ظرف تقسیم می‌کنیم و سپس این غلظت‌ها را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم.

$$[\text{PCl}_5(\text{g})] = \frac{0.08 \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 0.02 \text{ mol.L}^{-1}, [\text{PCl}_3(\text{g})] = \frac{0.4 \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}, [\text{Cl}_2(\text{g})] = \frac{0.8 \text{ mol}}{4 \text{ L}} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{(0.1)(0.2)}{(0.02)} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

۲۸۶۵ ۴ با توجه به واکنش، $2\text{A(g)} + \text{B(s)} \rightleftharpoons 3\text{C(g)}$ ، عبارت ثابت تعادل به صورت $K = \frac{[\text{C}]^3}{[\text{A}]^2}$ است و غلظت‌های تعادلی A و C با توجه به نمودار برابر $3/6$ و 6 است.

$$K = \frac{6^3}{(3/6)^2} = 50$$

۲۸۶۶ B ابتدا تعداد مول KNO_3 تولید شده را به دست می‌آوریم. چون در ابتدا فقط واکنش دهنده در ظرف ریخته شده، تعداد مول KNO_3 در لحظه تعادل.

دو برابر تعداد مول O_2 بوده و با داشتن غلظت O_2 می‌توان ثابت تعادل را محاسبه کرد. $\frac{1 \text{ mol KNO}_3}{185 \text{ g KNO}_3} = \frac{1}{4} \text{ mol KNO}_3$ $\text{KNO}_3 = 119 \text{ g}$ $\text{KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{185 \text{ g KNO}_3} = \frac{1}{4} \text{ mol KNO}_3$

$$\frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol KNO}_3} = \frac{1}{4} \text{ mol KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol KNO}_3} = \frac{1}{8} \text{ mol O}_2 \Rightarrow [\text{O}_2] = \frac{1/8 \text{ mol O}_2}{2/8 \text{ L}} = \frac{1}{16} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = [\text{O}_2] = \frac{1}{16} \text{ mol.L}^{-1}$$

۲۸۶۷ B ابتدا به کمک معادله موازنه شده واکنش و شکل (الف)، ثابت این تعادل را به دست می‌آوریم. (با توجه به برابری مجموع ضرایب استوکیومتری مواد گازی

در دو طرف معادله واکنش، می‌توان حجم ظرف را در محاسبات در نظر نگرفت.)

$$K = \frac{[\text{Z}]^2}{[\text{X}_2][\text{Y}_2]} = \frac{(0/4)^2}{(0/2)(0/2)} = 4$$

با توجه به شکل (ب)، داریم:

	X_2	$+$	Y_2	$\rightleftharpoons$	2Z
مول اولیه	۰/۳		۰/۶		۰
تغییرات مول	-x		-x		+2x
مول تعادلی	۰/۳-x		۰/۶-x		2x

$$K = \frac{[\text{Z}]^2}{[\text{X}_2][\text{Y}_2]} = \frac{4x^2}{(0/3-x)(0/6-x)} = 4$$

$$\Rightarrow 4x^2 = 4(0/6-x)(0/3-x) \Rightarrow x^2 = x^2 - 0/9x + 0/18$$

$$\Rightarrow 0/9x = 0/18 \Rightarrow x = 0/2$$

بنابراین مقدار مول گونه‌ها در سامانه (ب) در حالت تعادل برابر است با:

$$\text{Y}_2 \text{ مول تعادلی} = 0/6 - 0/2 = 0/4, \quad \text{X}_2 \text{ مول تعادلی} = 0/3 - 0/2 = 0/1, \quad \text{Z مول تعادلی} = 2(0/2) = 0/4$$

* توجه این تست را با جایگذاری اعداد گزینه‌ها در رابطه تعادل دوم نیز می‌توانید حل کنید.

Δn مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها - مجموع ضرایب فرآورده‌ها

۲۸۶۸ B ابتدا ثابت تعادل واکنش را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{(n_{\text{O}_2}) \times (n_{\text{SO}_2})^2}{(n_{\text{SO}_3})^2} \times \left(\frac{1}{V}\right)^{\Delta n} \Rightarrow K = \frac{(4 \times 0/4) \times (5 \times 0/4)^2}{(4 \times 0/4)^2} \times \left(\frac{1}{4}\right)^{3-2} = 0/625$$

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{P_2 \times 4}{5/2 \times (117 + 273)} \Rightarrow P_2 = 4/16 \text{ atm}$$

در تعادل ایجاد شده، $\frac{13 \times 0/4}{5/2}$ مول گاز وجود دارد؛ بنابراین داریم:

۲۸۶۹ B قسمت اول: با توجه به معادله واکنش: $\text{A}_2(\text{g}) + \text{D}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AD}(\text{g})$ ، سرعت واکنش با سرعت متوسط مصرف A_2 و D_2 برابر است، پس

برای حل این قسمت، کافی است سرعت متوسط مصرف A_2 یا D_2 را محاسبه کنیم. به این منظور ابتدا تغییرات تعداد ذرات A_2 و همچنین تغییرات مول و غلظت را در بازه زمانی $t = 0 \text{ min}$ و $t = 25 \text{ min}$ به دست می‌آوریم. در $t = 0 \text{ min}$ و $t = 25 \text{ min}$ به ترتیب ۱ و ۴ ذره A_2 وجود دارد، پس در این بازه زمانی، ۶ ذره A_2 که هر کدام معادل ۰/۱ مول است، یعنی ۰/۶ مول A_2 مصرف می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta n(\text{A}_2) = -0/6 \text{ mol}, \quad \Delta[\text{A}_2] = \frac{\Delta n(\text{A}_2)}{V} = \frac{-0/6 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = -0/3 \text{ mol.L}^{-1}, \quad \bar{R}(\text{A}_2) = \frac{|\Delta[\text{A}_2]|}{\Delta t} = \frac{0/3 \text{ mol.L}^{-1}}{(25 \times 60) \text{ s}} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

قسمت دوم: در لحظه تعادل ($t = 45 \text{ min}$)، ۲ ذره A_2 ، ۲ ذره D_2 و ۱۶ ذره AD وجود دارد و هر ذره معادل ۰/۱ مول است، پس مول تعادلی A_2 ، D_2 و

AD به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۲ و ۱/۶ مول است؛ بنابراین ثابت تعادل برابر است با:

$$[\text{A}_2] = \frac{n}{V} = \frac{0/2}{2} = 0/1, [\text{D}_2] = \frac{n}{V} = \frac{0/2}{2} = 0/1, [\text{AD}] = \frac{n}{V} = \frac{1/6}{2} = 0/8 \Rightarrow K = \frac{[\text{AD}]^2}{[\text{A}_2][\text{D}_2]} = \frac{(0/8)^2}{(0/1)(0/1)} = 64$$

۲۸۷۰ B با توجه به غلظت‌های تعادلی O_2 و SO_3 و ثابت تعادل می‌توان غلظت تعادلی SO_2 را یافت:

$$K = \frac{[\text{SO}_2]^2}{[\text{SO}_3]^2[\text{O}_2]} \Rightarrow 4/5 = \frac{[\text{SO}_2]^2}{(1/6)^2(0/5)} \Rightarrow [\text{SO}_2] = 2/4 \text{ mol.L}^{-1}$$

۲۸۷۱ B حجم ظرف و مول‌های تعادلی Cl_2 و NO و در نتیجه غلظت تعادلی آن‌ها را داریم، پس با استفاده از ثابت تعادل، به غلظت تعادلی و سپس به جرم

NOCl در لحظه تعادل می‌رسیم:

$$K = \frac{[\text{NOCl}]^2}{[\text{Cl}_2][\text{NO}]^2} \Rightarrow 1/5 \times 10^{-2} = \frac{[\text{NOCl}]^2}{6 \times 6^2} \Rightarrow [\text{NOCl}] = 1/8 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ g NOCl} = 1/8 \frac{\text{mol NOCl}}{\text{L محلول}} \times 1 \text{ L محلول} \times \frac{65/5 \text{ g NOCl}}{1 \text{ mol NOCl}} = 117/9 \text{ g NOCl}$$

۲ ۲۸۷۲ B با توجه به نمودار، مول‌های تعادلی PCl_5 ، PCl_3 و Cl_2 به ترتیب ۲، $\frac{1}{8}$ و $\frac{1}{2}$ مول است. با توجه به اینکه غلظت هر ماده نسبت مول آن ماده به حجم ظرف است، در ثابت تعادل، غلظت‌های تعادلی را جایگذاری می‌کنیم:

$$K = \frac{[\text{Cl}_2][\text{PCl}_3]}{[\text{PCl}_5]} \Rightarrow \frac{(\frac{1}{2}) \times (\frac{1}{8})}{(\frac{1}{V})} = \frac{1}{24} \Rightarrow V = 0.75 \text{ L}$$

۳ ۲۸۷۳ B ابتدا جرم گازهای NO_2 و O_2 را به مول تبدیل می‌کنیم و سپس این مول‌ها را به حجم ظرف تقسیم می‌کنیم تا غلظت تعادلی هر گاز مشخص شود.

$$? \text{ mol NO}_2 = 64/46 \text{ g NO}_2 \times \frac{1 \text{ mol NO}_2}{46 \text{ g NO}_2} = 1/4 \text{ mol NO}_2 \Rightarrow [\text{NO}_2] = \frac{1/4 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.14 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ mol O}_2 = 22/46 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} = 0.7 \text{ mol O}_2 \Rightarrow [\text{O}_2] = \frac{0.7 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.7 \text{ mol.L}^{-1}$$

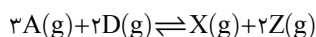
$$[\text{Cl}_2] = \frac{1}{2} [\text{NO}_2] = \frac{1}{2} \times 0.14 = 0.07 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2 [\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]^2 [\text{O}_2]} \Rightarrow 1600 = \frac{(0.14)^2 (0.07)}{[\text{NOCl}]^2 (0.7)} \Rightarrow [\text{NOCl}]^2 = \frac{(0.14)^2}{1600} \Rightarrow [\text{NOCl}] = \sqrt{\frac{(0.14)^2}{(4 \times 10)^2}} = \frac{0.14}{40} = 3/5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون باید غلظت مولی NOCl را در حجم ظرف ضرب کنیم تا تعداد مول تعادلی این گاز را به دست آوریم.

$$? \text{ mol NOCl} = 3/5 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 1 \text{ L} = 3/5 \times 10^{-3} \text{ mol NOCl}$$

۱ ۲۸۷۴ B این مسئله جزء مسائل تعادلی از نوع مقدار اولیه است. برای سادگی در حل این مسئله بهتر است از جدول زیر تغییر مول استفاده نمود: با توجه به اینکه در مسئله گفته شده که تعداد مول تعادلی X برابر ۲ است، پس مقدار y برابر ۲ است. در ادامه غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده در تعادل را محاسبه می‌کنیم:



مول اولیه	۸/۵	۵	۰	۰
تغییرات مول	-۳y	-۲y	+y	+۲y
مول تعادلی	۸/۵-۳y	۵-۲y	y	۲y

$$[A] = \frac{8/5 - 3y}{5} = \frac{8/5 - 3(2)}{5} = \frac{2/5}{5} = 0.04 \text{ mol.L}^{-1}$$

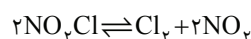
$$[D] = \frac{5 - 2y}{5} = \frac{5 - 2(2)}{5} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[X] = \frac{y}{5} = \frac{2}{5} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[Z] = \frac{2y}{5} = \frac{2(2)}{5} = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[X][Z]^2}{[A]^3[D]^2} = \frac{(0.4)(0.8)^2}{(0.04)^3(0.2)^2} = 51/2$$

در ادامه ثابت تعادل واکنش را به دست می‌آوریم:



مول اولیه	۰.۰۶	۰	۰
تغییرات	-۲x	+x	+۲x
مول نهایی	۰.۰۶-۲x	x	۲x

۴ ۲۸۷۵ B برای حل سؤال از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

مطابق متن سؤال، کاهش جرم واکنش دهنده (NO_2Cl) برابر ۳/۲۶ گرم است.

$$\text{NO}_2\text{Cl} \text{ کاهش جرم} = 2x \text{ mol NO}_2\text{Cl} \times \frac{81/56 \text{ g NO}_2\text{Cl}}{1 \text{ mol NO}_2\text{Cl}} = 3/26 \text{ g NO}_2\text{Cl} \Rightarrow x = 0.02$$

شمار مول‌های گازی درون ظرف در حالت تعادل برابر است با: $(0.06 - 2x) + x + 2x = 0.06 + x = 0.06 + 0.02 = 0.08 \text{ mol}$

برای محاسبه ثابت تعادل، ابتدا غلظت‌های تعادلی گونه‌ها را محاسبه می‌کنیم:

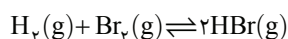
$$\left. \begin{aligned} [\text{NO}_2\text{Cl}] &= \frac{0.06 - 2(0.02) \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.01 \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{Cl}_2] &= \frac{0.02 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.01 \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{NO}_2] &= \frac{2(0.02) \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.02 \text{ mol.L}^{-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow K = \frac{[\text{Cl}_2][\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}_2\text{Cl}]^2} = \frac{0.01 \times (0.02)^2}{(0.01)^2} = 0.04$$

۱ ۲۸۷۶ B ابتدا باید هر یک از جرم‌های داده شده را به مول تبدیل کنیم.

$$? \text{ mol H}_2 = 0.56 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} = 0.28 \text{ mol H}_2$$

$$? \text{ mol Br}_2 = 92/8 \text{ g Br}_2 \times \frac{1 \text{ mol Br}_2}{160 \text{ g Br}_2} = 0.58 \text{ mol Br}_2$$

$$? \text{ mol H}_2 = 0.2 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} = 0.1 \text{ mol H}_2 \quad (\text{تعداد مول تعادلی H}_2)$$



$$\text{H}_2(g) \text{ تعداد مول تعادلی} = 0.28 - x = 0.1 \Rightarrow x = 0.18 \text{ mol}$$

$$\text{Br}_2(g) \text{ تعداد مول تعادلی} = 0.58 - x = 0.58 - 0.18 = 0.4 \text{ mol}$$

$$\text{HBr}(g) \text{ تعداد مول تعادلی} = 2x = 2(0.18) = 0.36 \text{ mol}$$

مول اولیه	۰.۲۸	۰.۵۸	۰
تغییر مول	-x	-x	+۲x
مول تعادلی	۰.۲۸-x	۰.۵۸-x	۲x

تعداد مول گازهای واکنش‌دهنده و فراورده با هم برابر است، بنابراین به جای غلظت مولی هر گاز، تعداد مول آن را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم.

$$K = \frac{[\text{HBr}]^2}{[\text{H}_2][\text{Br}_2]} = \frac{(\frac{0}{36})^2}{(\frac{0}{1})(\frac{0}{4})} = 3/24$$

مول اولیه	۱/۹	۲/۳	۰	۰
تغییر مول	-x	-۳x	+x	+x
مول تعادلی	۱/۹-x	۲/۳-۳x	x	x

$$n_{\text{کل}} = n_{\text{CO}} + n_{\text{H}_2} + n_{\text{CH}_4} + n_{\text{H}_2\text{O}} \quad (\text{در هنگام تعادل})$$

$$= (1/9 - x) + (2/3 - 3x) + x + x = 4/2 - 2x$$

$$\frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{کل}}} \times 100 = 50 \Rightarrow \frac{2/3 - 3x}{4/2 - 2x} \times 100 = 50 \Rightarrow x = 0/1 \text{ mol}$$

اکنون می‌توانیم، تعداد مول هر گاز را در هنگام تعادل پیدا کنیم.

$$n_{\text{CO}} = 1/9 - x = 1/9 - 0/1 = 1/18 \text{ mol}, n_{\text{H}_2} = 2/3 - 3x = 2/3 - 3(0/1) = 2 \text{ mol}, n_{\text{CH}_4} = x = 0/1 \text{ mol}, n_{\text{H}_2\text{O}} = x = 0/1 \text{ mol}$$

حجم ظرف واکنش برابر با ۱۰ لیتر است، پس ابتدا باید تعداد مول تعادلی هر ماده را به حجم ظرف تقسیم کنیم تا غلظت تعادلی آن به دست آید.

$$K = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3} = \frac{(\frac{0}{1})(\frac{0}{1})}{(\frac{1}{18})(\frac{2}{10})^3} = \frac{5}{72} \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2$$

۳ ۲۸۷۸ ابتدا جرم مواد اولیه را به مول تبدیل می‌کنیم.

$$? \text{ mol I}_2 = 50/18 \text{ g I}_2 \times \frac{1 \text{ mol I}_2}{254 \text{ g I}_2} = 0/2 \text{ mol I}_2$$

$$? \text{ mol H}_2\text{S} = 6/18 \text{ g H}_2\text{S} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{S}}{34 \text{ g H}_2\text{S}} = 0/2 \text{ mol H}_2\text{S}$$

در تعادل داده شده، دو ماده جامد I_2 و S را داریم، پس جدول را با استفاده از داده‌های مربوط به تعداد

مول مواد تشکیل می‌دهیم. در حالت تعادل، مواد جامد، شامل یک باقی‌مانده و گوگرد تولید شده است.

جرم گوگرد تعادلی + جرم I_2 تعادلی = جرم مواد جامد

$$28/6 = ((0/2 - x) \text{ mol I}_2 \times \frac{254 \text{ g I}_2}{1 \text{ mol I}_2}) + (x \text{ mol S} \times \frac{32 \text{ g S}}{1 \text{ mol S}})$$

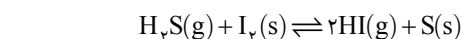
$$\Rightarrow 222x = 22/2 \Rightarrow x = 0/1 \text{ mol}$$

$$\text{H}_2\text{S(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \text{S(s)} \quad \text{تعداد مول تعادلی} = 0/2 - x = 0/2 - 0/1 = 0/1 \text{ mol}$$

$$\text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(g)} \quad \text{تعداد مول تعادلی} = 2x = 2(0/1) = 0/2 \text{ mol}$$

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{(\frac{0}{2})^2}{(\frac{0}{1})} = 0/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

حجم ظرف برابر با یک لیتر است، پس غلظت مولی هر گاز با تعداد مول آن برابر است.



مول اولیه	۰/۷۵	۰/۷۵	۰	۰
تغییر مول	-x	-x	+۲x	+x
مول تعادلی	۰/۷۵-x	۰/۷۵-x	۲x	x

۳ ۲۸۷۹ در واکنش تعادلی داده شده، دو ماده جامد I_2 و S را داریم، پس بهتر است که جدول را با

استفاده از تغییرات تعداد مول مواد رسم کنیم. با توجه به نمودار، مقدار مول اولیه I_2 برابر ۰/۷۵ مول

می‌باشد. از آنجا که تعداد مول اولیه دو ماده I_2 و H_2S با هم برابر است، از این رو، مقدار اولیه H_2S هم

برابر ۰/۷۵ مول است. در نمودار «مول - زمان» داده شده، جایی که منحنی افقی شده و دیگر تغییر نکرده

است، مربوط به لحظه برقراری تعادل می‌باشد، بنابراین در لحظه تعادل، ۰/۵ مول I_2 در ظرف وجود

دارد، با استفاده از این مقدار، می‌توانیم x را به دست آوریم.

$$\text{I}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{S} \quad \text{تعداد مول تعادلی} = 0/75 - x = 0/5 \Rightarrow x = 0/25 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{S}} = 0/75 - x = 0/75 - 0/25 = 0/5 \text{ mol} \quad \text{در حالت تعادل}, n_{\text{HI}} = 2x = 2(0/25) = 0/5 \text{ mol} \quad \text{در حالت تعادل}, n_{\text{S}} = x = 0/25 \text{ mol} \quad \text{در حالت تعادل}$$

I_2 و S در حالت جامد قرار دارند، بنابراین غلظت آن‌ها در عبارت ثابت تعادل نوشته نمی‌شود. پس از اینکه مول‌های تعادلی H_2S و HI را به حجم ظرف تقسیم کرده

و غلظت مولی تعادلی این دو گاز را تعیین کردیم، آن‌ها را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم.

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{(\frac{0}{5})^2}{(\frac{0}{5})} = 0/1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

۴ ۲۸۸۰ ابتدا باید با استفاده از داده‌های جدول، معادله واکنش تعادلی را بنویسیم. تغییرات غلظت C و D منفی نشان داده شده، بنابراین این دو ماده، واکنش‌دهنده

بوده و دو ماده A و B هم که دارای تغییرات غلظت مثبت هستند، فراورده واکنش می‌باشند. اگر تغییر غلظت هر یک از گازها را به تغییر غلظت کوچک‌تر یعنی ۰/۴

$$\text{A}, \text{B}, \text{C} : \frac{0/4}{0/4} = 1, \text{D} : \frac{0/8}{0/4} = 2 \Rightarrow \text{معادله واکنش} : \text{C(g)} + 2\text{D(g)} \rightleftharpoons \text{A(g)} + \text{B(g)}$$

تقسیم کنیم، می‌توانیم ضرایب استوکیومتری را هم به دست آوریم.

$$[\text{A}]_{\text{تعادلی}} = 0 + 0/4 = 0/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, [\text{B}]_{\text{تعادلی}} = 0 + 0/4 = 0/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, [\text{C}]_{\text{تعادلی}} = 0/8 - 0/4 = 0/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, [\text{D}]_{\text{تعادلی}} = 1 - 0/8 = 0/2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$K = \frac{[\text{A}][\text{B}]}{[\text{C}][\text{D}]^2} = \frac{(\frac{0}{4})(\frac{0}{4})}{(\frac{0}{4})(\frac{0}{2})^2} = 1 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$$

حجم ظرف برابر یک لیتر است، پس غلظت مولی هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد. غلظت اولیه گاز A را $a \text{ mol.L}^{-1}$ فرض می‌کنیم.

غلظت اولیه	a	۰/۵	۰
تغییر غلظت	-x	-x	+2x
غلظت تعادلی	a-x	۰/۵-x	2x

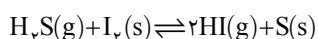
$$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g) \quad [B]_{\text{تعادلی}} = ۰/۵ - x = ۰/۵ \Rightarrow x = ۰/۴۵ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[C]_{\text{تعادلی}} = 2x = 2(۰/۴۵) = ۰/۹ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} \Rightarrow ۱۸ = \frac{(۰/۹)^2}{[A](۰/۵)} \Rightarrow [A]_{\text{تعادلی}} = ۰/۰۹ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[A]_{\text{تعادلی}} = a - x = ۰/۰۹ \Rightarrow a - ۰/۴۵ = ۰/۰۹ \Rightarrow a = ۰/۵۴ \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{V=1L} A \text{ تعداد مول اولیه} = ۰/۵۴ \text{ mol}$$

مول اولیه	n	۰/۱	۰	۰
تغییر مول	-x	-x	+2x	+x
مول تعادلی	n-x	۰/۱-x	2x	x



با توجه به حضور دو جامد I_2 و S در واکنش تعادلی داده شده، بهتر است جدول تغییرات را با

استفاده از داده‌های مربوط به تعداد مول مواد کامل کنیم. تعداد مول اولیه گاز H_2S را برابر n در نظر می‌گیریم.

$$(\text{تعداد مول گوگرد در حالت تعادل}) \quad ? \text{ mol S} = ۱/۶ \text{ g S} \times \frac{۱ \text{ mol S}}{۳۲ \text{ g S}} = ۰/۰۵ \text{ mol S}$$

$$\text{تعداد مول گوگرد در حالت تعادل} = x = ۰/۰۵ \text{ mol}$$

$$\text{تعداد مول HI در حالت تعادل} = 2x = 2(۰/۰۵) = ۰/۱ \text{ mol}$$

تعداد مول تعادلی گاز HI را به حجم ظرف تقسیم می‌کنیم و سپس آن را در عبارت ثابت تعادل قرار می‌دهیم تا غلظت تعادلی گاز H_2S به دست آید:

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2S]} \Rightarrow ۱/۶ \times ۱۰^{-2} = \frac{(۰/۱)^2}{[H_2S]} \Rightarrow [H_2S]_{\text{تعادلی}} = ۰/۰۲۵ \text{ mol.L}^{-1}$$

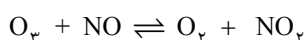
$$\Rightarrow ? \text{ g } H_2S = ۰/۱۷۵ \text{ mol } H_2S \times \frac{۳۴ \text{ g } H_2S}{۱ \text{ mol } H_2S} = ۵/۹۵ \text{ g } H_2S$$

$$[H_2S]_{\text{تعادلی}} = ۰/۰۲۵ = \frac{(n-x)}{۵} = \frac{n-۰/۰۵}{۵} \Rightarrow n = ۰/۱۷۵ \text{ mol } (H_2S \text{ گاز اولیه})$$

در ابتدا در هر یک از طرف‌ها ده ذره معادل یک مول گاز وجود دارد. پس از باز شدن شیر، حجم کل ظرف دو لیتر خواهد شد، پس غلظت اولیه هر گاز

۰/۵ مولار است. با توجه به معادله واکنش می‌توان نوشت:

غلظت اولیه	۰/۵	۰/۵	۰	۰
تغییرات	-x	-x	+x	+x
غلظت تعادلی	۰/۵-x	۰/۵-x	x	x



حال با توجه به عبارت ثابت تعادل می‌توان نوشت:

$$K = \frac{[O_2][NO_2]}{[O_2][NO]} \Rightarrow ۹ = \frac{x \times x}{(۰/۵-x)(۰/۵-x)} \Rightarrow ۳ = \frac{x}{۰/۵-x} \Rightarrow x = ۰/۳۷۵$$

بنابراین مجموع غلظت گازهای درون ظرف برابر با یک مولار بوده و شمار مول‌های درون ظرف برابر با ۲ مول خواهد بود. توجه کنید که در این سوال، چون مجموع ضرایب استوکیومتری مواد دخیل در ثابت تعادل با هم برابر است، می‌توانستیم به جای غلظت از مول مواد شرکت‌کننده نیز استفاده کنیم.

برای حل این تست اصلاً نیازی به انجام محاسبات نیست. دقت کنید که با توجه به یکسان بودن ضرایب N_2 و O_2 در فرآورده، نمودارهای «غلظت-زمان»

این دو ماده روی یکدیگر می‌افتد؛ بنابراین نمودار موجود در گزینه‌های (۱) و (۲) نادرست هستند. همچنین طبق معادله واکنش، تغییر غلظت NO باید دو برابر تغییر غلظت N_2 و

O_2 باشد. در گزینه (۴) تغییر غلظت N_2 و O_2 برابر ۲/۳ و تغییر غلظت NO برابر ۴/۶ (۵-۰/۴) می‌باشد. پس نمودار گزینه (۴) پاسخ تست است. پیشنهاد ما این است که

این تست را به همین روشی که شرح داده شده حل کنید، ولی اگر می‌خواهید از مقدار مول NO به غلظت تعادلی گونه‌ها برسید، می‌توانید به روش زیر عمل کنید.

روش دوم: ابتدا جدول تغییر مول مواد شرکت‌کننده در تعادل را رسم می‌کنیم: از آنجا که تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها با تعداد مول گازی فرآورده‌ها برابر است، در

رابطه ثابت تعادل می‌توانیم به جای غلظت مولی گونه‌ها، مول تعادلی آن‌ها را قرار دهیم:

مول اولیه	۱۰	۰	۰
تغییر مول	-2x	+x	+x
مول تعادلی	۱۰-2x	x	x

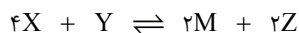
$$K = \frac{[N_2][O_2]}{[NO]^2} = \frac{n(N_2) \times n(O_2)}{n(NO)^2} = ۴۹ \Rightarrow \frac{x^2}{(۱۰-2x)^2} = ۴۹$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{x}{۱۰-2x} = ۷ \Rightarrow x \approx ۴/۶$$

$$NO \text{ غلظت مولی تعادلی هر گونه را محاسبه می‌کنیم:} \quad NO \text{ غلظت تعادلی} = \frac{۰/۸}{۲} = ۰/۴ \text{ mol.L}^{-1}$$

$$O_2 \text{ و } N_2 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{۴/۶}{۲} = ۲/۳ \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به اعداد به دست آمده، نمودار گزینه (۴) صحیح است.



مول اولیه	a	a	۰	۰
تغییرات	-4x	-x	+2x	+2x
مول تعادلی	$\frac{a-4x}{0.2 \text{ mol}}$	$\frac{a-x}{0.8 \text{ mol}}$	2x	2x

۲ ۲۸۸۵ B مول اولیه هر یک از واکنش‌دهنده‌ها را a در نظر می‌گیریم و جدول تغییر مول را

رسم می‌کنیم:

سپس مقدار a و x را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} a-4x=0.2 \\ a-x=0.8 \end{cases} \Rightarrow x=0.2 \text{ mol}, a=1 \text{ mol}$$

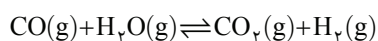
حال به کمک مقادیر x، a و ثابت تعادل واکنش، حجم ظرف را محاسبه می‌کنیم:

$$[X]=\frac{0.2}{V} \text{ mol.L}^{-1}, [Y]=\frac{0.8}{V} \text{ mol.L}^{-1}, [M]=\frac{2x}{V}=\frac{2 \times 0.2}{V}=\frac{0.4}{V} \text{ mol.L}^{-1}, [Z]=\frac{2x}{V}=\frac{2 \times 0.2}{V}=\frac{0.4}{V} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow K=\frac{[M]^2[Z]^2}{[X]^4[Y]} \Rightarrow 25=\frac{(\frac{0.4}{V})^2(\frac{0.4}{V})^2}{(\frac{0.2}{V})^4(\frac{0.8}{V})} \Rightarrow 25=\frac{16 \times 16 \times 10^{-8}}{16 \times 8 \times 10^{-10}} \times V \Rightarrow V=0.125 \text{ L}=125 \text{ mL}$$

۲ ۲۸۸۶ B تعداد مول اولیه واکنش‌دهنده‌ها را برابر n مول فرض می‌کنیم. تعداد مول گازی دو طرف معادله واکنش برابر است. بنابراین حجم ظرف از صورت و

مخرج کسر عبارت ثابت تعادل ساده شده و می‌توانیم به جای غلظت تعادلی، تعداد مول تعادلی هر گاز را در عبارت ثابت تعادل قرار دهیم.

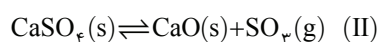
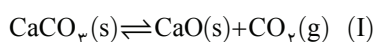


مول اولیه	n	n	۰	۰
تغییر مول	-x	-x	+x	+x
مول تعادلی	n-x	n-x	x	x

$$K=\frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} \Rightarrow 49=\frac{(x)(x)}{(n-x)(n-x)} \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از دو طرف تساوی}} \sqrt{49}=\frac{x}{n-x}$$

$$\frac{\text{مجموع غلظت مولی فراورده‌ها}}{\text{مجموع غلظت مولی واکنش‌دهنده‌ها}}=\frac{(\frac{x}{4})+(\frac{x}{4})}{(\frac{n-x}{4})+(\frac{n-x}{4})}=\frac{2x}{2(n-x)}=\frac{x}{n-x}=\sqrt{49}=7$$

۱ ۲۸۸۷ B فرض می‌کنیم در ابتدا a مول CaCO_3 و b مول CaSO_4 وارد ظرف شده‌اند، بر این اساس داریم:



مول تعادلی: a-x x x

مول تعادلی: b-y y y

از طرفی SO_3 جرم مولی بیشتری از CO_2 داشته و در نتیجه قدرت نیروهای بین مولکولی آن بیشتر است؛ بنابراین داریم:

$$\text{SO}_3 \text{ درصد جرمی} = \frac{n_{\text{SO}_3}}{n_{\text{SO}_3} + n_{\text{CO}_2}} \times 100 = \frac{y}{y+x} \times 100 = 40 \Rightarrow y = \frac{2}{3}x$$

$$\frac{K(\text{I})}{K(\text{II})} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{SO}_3}} = \frac{x}{y} = \frac{x}{\frac{2}{3}x} = 1.5$$

بنابراین نسبت ثابت تعادل دو واکنش برابر است با:

$$\text{جرم CaO} = \frac{(x+y) \times 56}{y \times 80} = \frac{\frac{5}{3}x \times 56}{\frac{2}{3}x \times 80} = \frac{35}{20} = 1.75$$

در نهایت نسبت جرم CaO به SO_3 را محاسبه می‌کنیم:

۴ ۲۸۸۸ B ابتدا غلظت یون هیدروکسید را در محلول به دست می‌آوریم:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-12/3} = 5 \times 10^{-13} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-13}} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

طبق فرض سؤال، pH و در نتیجه غلظت یون هیدروکسید ثابت بوده و غلظت یون کلسیم برابر غلظت کلسیم هیدروکسید حل شده در یک لیتر آب است. بنابراین داریم:

$$K = [\text{Ca}^{2+}] \times [\text{OH}^-]^2 \Rightarrow 6 \times 10^{-8} = [\text{Ca}^{2+}] \times (2 \times 10^{-2})^2 \Rightarrow [\text{Ca}^{2+}] = \frac{6 \times 10^{-8}}{4 \times 10^{-4}} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

بنابراین در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از این آب، 1.5×10^{-4} مول کلسیم هیدروکسید حل شده، پس در ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول، 1.5×10^{-5} مول کلسیم هیدروکسید حل شده

$$1.5 \times 10^{-5} \text{ mol Ca(OH)}_2 \times \frac{74 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} \times \frac{10^3 \text{ mg Ca(OH)}_2}{1 \text{ g Ca(OH)}_2} = 1.11 \text{ mg}$$

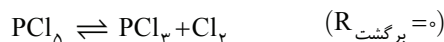
است که جرم آن برابر است با:

بنابراین انحلال‌پذیری کلسیم هیدروکسید در آب برابر ۱/۱۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر از آن است.

۲ ۲۸۸۹ C پس از باز کردن شیر رابط بین دو ظرف، چند نکته وجود دارد: ۱- باید تعداد مول PCl_5 موجود در دو ظرف را با هم جمع کنیم تا تعداد مول اولیه این

گاز را به دست آوریم. (۲- حجم نهایی مخلوط گازی برابر مجموع حجم هر یک از ظرف‌ها است. (۱+۱=۲L)

۳- از آنجا که در آغاز واکنش، فقط PCl_5 را در دو ظرف داریم، پس تنها امکان انجام واکنش رفت وجود دارد.



غلظت اولیه	۰/۵	۰	۰
تغییر غلظت	-x	+x	+x
غلظت تعادلی	۰/۵-x	x	x

$$[PCl_5]_{\text{اولیه}} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} \Rightarrow 0.25 = \frac{(x)(x)}{(0.5-x)} \Rightarrow x^2 + 0.25x - 0.125 = 0 \xrightarrow{\text{حل معادله درجه ۲}} ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-0.25 \pm \sqrt{(0.25)^2 - 4(1)(-0.125)}}{2} = \frac{-0.25 \pm \sqrt{1.5625}}{2}$$

$$x_1 = \frac{-0.25 - 0.75}{2} = -0.5 \text{ (غ ق ق)}, \quad x_2 = \frac{-0.25 + 0.75}{2} = 0.25 \text{ mol.L}^{-1} \text{ (ق ق)}, \quad [PCl_5]_{\text{تعادلی}} = 0.5 - x = 0.5 - 0.25 = 0.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

برای محاسبه تعداد مول PCl_5 در حالت تعادل، باید تعداد مول تعادلی این گاز را در حجم ظرف ضرب کنیم.

* **توجه** حال یکی از پرسش‌های کنکور ریاضی سال ۹۷ و همچنین یکی از پرسش‌های کنکور تجربی سال ۹۶ احتیاج به حل معادله درجه دوم داشت. پس بهتر است که شما هم به خوبی با نحوه حل این دسته از پرسش‌ها آشنا باشید.

۳ ۲۸۹۰ جدول تغییرات واکنش اول را رسم می‌کنیم:

	$2HCl$	Cl_2	H_2
مول اولیه	$\frac{43/8}{37/5} = 1/2$	۰	۰
مول نهایی	$1/2 - 2x$	x	x

$$K = \frac{n_{H_2} \times n_{Cl_2}}{(n_{HCl})^2} = \frac{x^2}{(1/2 - 2x)^2} = 4$$

$$\Rightarrow \frac{x}{1/2 - 2x} = 2 \Rightarrow 5x = 2/4 \Rightarrow x = 0.4 \text{ mol}$$

$$1/2 - (2 \times 0.4) = 0.2 \text{ mol}$$

بنابراین مقدار HCl باقی‌مانده برابر است با:

این مقدار HCl وارد واکنش دوم شده و باعث جابه‌جایی آن در جهت برگشت می‌شود؛ بنابراین داریم:

	NH_4Cl	NH_3	HCl
مول اولیه	۰	۰/۰۹	۰/۲۴
مول نهایی	x	۰/۰۹ - x	۰/۲۴ - x

$$K = \frac{n_{NH_3} \times n_{HCl}}{V^2} = \frac{(0.09 - x)(0.24 - x)}{1^2} = 0.1$$

$$\Rightarrow 0.116 - 0.33x + x^2 = 0 \Rightarrow (x - 0.04)(x - 0.29) = 0 \Rightarrow x = 0.04 \text{ یا } 0.29$$

از بین دو عدد به دست آمده، مقدار ۰/۰۴ مول برای x قابل قبول است؛ بنابراین جرم آمونیم کلرید در تعادل برابر است با:

$$0.04 \text{ mol } NH_4Cl \times \frac{53.5 \text{ g } NH_4Cl}{1 \text{ mol } NH_4Cl} = 2.14 \text{ g } NH_4Cl$$

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} \text{ عبارت ثابت تعادل در واکنش } N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \text{ به صورت}$$

$$K = \frac{(0.2)^2}{(0.4)(0.5)^3} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}^{-2} \cdot L^2$$

با توجه به مقدار کم ثابت تعادل مشخص است که واکنش در این شرایط پیشرفت زیادی نداشته است.

$$K \text{ در واکنش } aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g) \text{ به صورت } K = \frac{(\frac{\text{mol}}{L})^{c+d} - (a+b)}{(\frac{\text{mol}}{L})^{2-(1+3)}} \text{ و در واکنش تولید آمونیاک به صورت}$$

یا $L^2 \cdot \text{mol}^{-2}$ است.

۲ ۲۸۹۲ اگر ثابت تعادل واکنش $2SO_3(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g)$ بزرگ باشد، واکنش در جهت رفت پیشرفت خوبی دارد و غلظت فراورده‌ها در لحظه

تعادل بیشتر از غلظت واکنش‌دهنده‌ها در لحظه تعادل است، یعنی غلظت $SO_3(g)$ در لحظه تعادل، بیشتر از غلظت $O_2(g)$ و $SO_2(g)$ در لحظه تعادل است.

شیب منحنی «غلظت - زمان» برای SO_3 دو برابر O_2 است، زیرا ضریب استوکیومتری SO_3 دو برابر ضریب استوکیومتری O_2 است. باید دقت کرد که غلظت

O_2 در لحظه تعادل به صفر نمی‌رسد، زیرا واکنش تعادلی است و همواره مقداری O_2 در جهت برگشت تولید می‌شود.

۲ ۲۸۹۳

* **نکته ترکیبی** ثابت‌های تعادل بزرگ: مفهوم ثابت تعادل برای یک واکنش تعادلی بیان می‌دارد که آن واکنش تا چه میزان پیشرفت می‌کند، به عبارتی نسبت

فراورده‌های تولید شده به واکنش‌دهنده‌های باقی‌مانده، چقدر است. اگر این نسبت برای یک واکنش بسیار بالا باشد، می‌توان آن واکنش را کامل در نظر گرفت که مقدار غلظت واکنش‌دهنده‌ها (که در مخرج قرار دارند) باقی‌مانده ناچیز و به تقریب برابر صفر است. با توجه به آن می‌توان به این نتیجه رسید که بازده چنین واکنشی به تقریب برابر ۱۰۰٪ بوده و می‌توان مقادیر فراورده‌ها را به روش استوکیومتری و به‌طور مستقیم از مقادیر واکنش‌دهنده‌های مصرف شده به دست آورد.

به کمک مقدار عددی ثابت تعادل می‌توان به پیشرفت واکنش تعادلی پی برد؛ به‌طوری‌که اگر ثابت تعادل یک واکنش عدد به بزرگی مثلاً 10^{28} باشد، می‌توان نتیجه گرفت که

بازده یا پیشرفت واکنش، حدوداً ۱۰۰٪ است و در نتیجه همه واکنش‌دهنده‌های آن به فراورده تبدیل می‌شوند و برای محاسبه جرم فراورده(ها) از استوکیومتری واکنش استفاده نمود:

$$? \text{ mol Na}_2\text{O} = 9/2 \text{ g Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \times \frac{2 \text{ mol Na}_2\text{O}}{4 \text{ mol Na}} = 0/2 \text{ mol Na}_2\text{O}$$

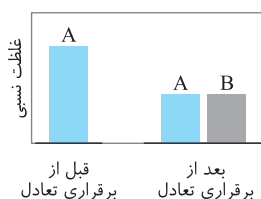
روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{Na گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{Na}_2\text{O مول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{9/2}{4 \times 23} = \frac{X}{2} \Rightarrow X = 0/2 \text{ mol Na}_2\text{O}$$

روش دوم (تناسب):

+ توضیح محاسبات

$$\frac{9/2 \times 2}{23 \times 4} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{9/2 \times 2}{23 \times 4} = \frac{1}{5} = 0/2$$



۱ ۲۸۹۴ B تنها عبارت (پ) نادرست است. با توجه به نمودار داده شده، A واکنش‌دهنده و B فراورده است و در ظرف واکنش، در ابتدا فقط A وجود داشته و بعد از رسیدن به تعادل غلظت A و B به تقریب با هم برابر شده است؛ ولی با توجه به یکسان بودن ضرایب استوکیومتری، غلظت تعادلی A و B باید نصف غلظت اولیه A باشد که اینگونه نیست. بررسی سایر عبارات: عبارت (الف): با توجه به نمودار داده شده، اندازه تغییر غلظت فراورده و واکنش‌دهنده در لحظه تعادل با هم برابر بوده و با توجه به صورت سؤال، ضرایب استوکیومتری آن‌ها نیز برابر است، پس ثابت تعادل واکنش برابر با یک است. عبارت (ب): غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و ضریب استوکیومتری آن‌ها با هم برابر $K \leq$ برابر یک $\leq$ درصد پیشرفت واکنش برابر با ۵۰٪ عبارت (ت): نمودار داده شده، نشان‌دهنده غلظت برابر از واکنش‌دهنده و فراورده در لحظه تعادل است.

۲ ۲۸۹۵ B اگر مقدار عددی ثابت تعادل یک واکنش برابر با $1/9 \times 10^{-17}$ باشد، درباره این واکنش می‌توان گفت که پیشرفت بسیار زیادی در جهت رفت و رسیدن به تعادل دارد، زیرا K بسیار بزرگ است، اما نمی‌توان سرعت آن را پیش‌بینی کرد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): اگر ثابت تعادل یک واکنش برابر $2/4 \times 10^{-3}$ باشد، واکنش در جهت رفت پیشرفت زیادی داشته و مقدار زیادی از واکنش‌دهنده (ها) به فراورده (ها) تبدیل می‌شود. گزینه (۳): اگر ثابت تعادل یک واکنش برابر $1/21$ باشد، چون K به یک نزدیک است، می‌توان گفت در لحظه تعادل غلظت واکنش‌دهنده (ها) و فراورده (ها) به تقریب با هم برابرند. گزینه (۴): اگر ثابت تعادل یک واکنش برابر $1/66 \times 10^{-5}$ باشد، چون K بسیار کوچک است، می‌توان گفت واکنش در جهت رفت پیشرفت خوبی نداشته و مقدار زیادی از واکنش‌دهنده‌ها در ظرف واکنش باقی می‌مانند و به فراورده تبدیل نمی‌شوند.

۲ ۲۸۹۶ B در شکل داده شده، مقدار اولیه SO_3 برابر ۲ مول و مقدار تعادلی این واکنش‌دهنده برابر با ۰/۲ مول است، از این‌رو واکنش پس از مصرف شدن ۱/۸ مول از SO_3 اولیه به تعادل رسیده است.

$$\text{مول از SO}_3 \text{ اولیه به تعادل رسیده است} = \frac{1/8 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \times 100 = 6.25\%$$

از آنجا که در ابتدای واکنش، SO_3 و O_2 به نسبت استوکیومتری وارد ظرف شده‌اند، تفاوتی ندارد که از کدام یک از آن‌ها برای محاسبه درصد پیشرفت واکنش استفاده کنیم.

۱ ۲۸۹۷ B ابتدا تعداد مول تعادلی NO را به دست آورده و جدول مقابل را رسم می‌کنیم:

$$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$$

مول اولیه	۱	۱	۰
تغییر مول	-x	-x	+2x
مول تعادلی	1-x	1-x	2x

$$\text{NO تعادلی} = 1/2 \text{ g NO} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{30 \text{ g NO}} = 0/4 \text{ mol NO} = 2x \Rightarrow x = 0/2 \text{ mol}$$

$$\text{درصد پیشرفت واکنش} = \frac{\text{مقدار مصرف شده N}_2}{\text{مقدار اولیه N}_2} \times 100 = \frac{0/2}{1} \times 100 = 20\%$$

۳ ۲۸۹۸ B تعداد مول گازی مواد در دو طرف معادله واکنش با هم برابر است، پس حجم ظرف در محاسبات ما اهمیتی ندارد، زیرا حجم ظرف از صورت و مخرج کسر K ساده می‌شود.

$$2\text{HBr} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{Br}_2$$

مول اولیه	۱/۰۸	۰	۰
تغییر مول	-2x	+x	+x
مول تعادلی	1/۰۸-2x	x	x

$$K = \frac{[\text{H}_2][\text{Br}_2]}{[\text{HBr}]^2} = 1 = \frac{(x)(x)}{(1/8-2x)^2} \xrightarrow{\text{از دو طرف تساوی جذر می‌گیریم}} 1 = \frac{x}{1/8-2x}$$

$$\Rightarrow x = 0/26 \text{ mol}$$

$$\text{درصد تجزیه شده HBr} = \frac{\text{تعداد مول HBr که تجزیه شده است}}{\text{تعداد مول اولیه HBr}} \times 100 = \frac{2x}{1/8} \times 100 = \frac{2(0/26)}{1/8} \times 100 = 66.7\%$$

۴ ۲۸۹۹ B قسمت اول: با توجه به معادله تعادلی داده شده، اگر x مول از CO و H_2O

را وارد ظرف کنیم و بازده واکنش ۸۰٪ باشد، $0/8x$ مول از CO و H_2O مصرف شده و

$0/8x$ مول از CO_2 و H_2 تولید می‌شود؛ بنابراین در جدول تغییر مول داریم:

مول آغازی	x	x	۰	۰
تغییرات مول	-0/8x	-0/8x	+0/8x	+0/8x
مول تعادلی	0/2x	0/2x	0/8x	0/8x

$$K = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{(0/8x/4) \times (0/8x/4)}{(0/2x/4) \times (0/2x/4)} = 16$$

$$\text{CO}_2 \text{ قسمت دوم: اگر غلظت تعادلی } \text{CO}_2 \text{ برابر } 4 \text{ mol.L}^{-1} \text{ باشد، داریم:}$$

$$Y = \frac{0.8x}{4} = 0.4 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$$

پس با توجه به اینکه مقدار مول آغازی CO را برابر x در نظر گرفتیم، پس مقدار آن برابر ۲ مول است.

تغییرات مول مواد شرکت کننده در این واکنش تا برقراری تعادل، به صورت جدول مقابل است:

$$\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$$

مول اولیه	۱	۱	۰
تغییر مول	-x	-x	+2x
مول تعادلی	1-x	1-x	2x

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

رابطه K برای این واکنش به صورت مقابل است:

$$\%R = \frac{\text{مقدار واکنش دهنده مصرف شده}}{\text{مقدار اولیه واکنش دهنده}} \times 100 = \frac{x}{1} \times 100 = 100$$

و بازده درصدی در هر دما برابر است با:

$$\text{در دمای } b^\circ\text{C: } K = 4 = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می گیریم}} 2 = \frac{2x}{1-x} \Rightarrow 2 - 2x = 2x \Rightarrow 2 = 4x \Rightarrow x = \frac{1}{2} \Rightarrow \%R_b = \frac{1}{2} \times 100 = 50$$

$$\text{در دمای } a^\circ\text{C: } K = 0.1 = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می گیریم}} 0.1 = \frac{2x}{1-x} \Rightarrow 0.1 - 0.1x = 2x \Rightarrow 0.1x = 2x \Rightarrow x = \frac{1}{21} \Rightarrow \%R_a = \frac{1}{21} \times 100 = 4.76$$

$$\frac{\%R_b}{\%R_a} = \frac{\frac{1}{2} \times 100}{\frac{1}{21} \times 100} = \frac{21}{2} = 10.5$$

نسبت خواسته شده در سؤال برابر است با:

دقت کنید با توجه به اینکه شمار مول مواد در دو طرف این تعادل گازی برابر است؛ پس حجم ظرف از صورت و مخرج عبارت K حذف شده و در نتیجه در محاسبه K به جای غلظت‌های تعادلی، مول تعادلی مواد را قرار دادیم.

به طور کلی تغییر در پارامترهای غلظت، فشار و دما، تعادل را به هم می‌زند؛ اما تنها عاملی که می‌تواند ثابت تعادل را تغییر دهد، دما است.

کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را کاهش می‌دهد و موجب افزایش سرعت رسیدن مواد به تعادل می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): کاتالیزگر بر غلظت مولی فراورده‌ها تأثیری ندارد. گزینه (۲): کاتالیزگر بر مقدار ثابت تعادل و میزان پیشرفت واکنش اثری ندارد. گزینه (۳): کاتالیزگر سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود که تعادل زودتر برقرار شود.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) جمله داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت مربوط به تعادل هابر را به یک‌اندازه کاهش می‌دهد و باعث می‌شود که تعادل با سرعت بیشتری برقرار شود. عبارت (ب): کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌اندازه کاهش می‌دهد. عبارت (پ): استفاده از کاتالیزگر تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد. عبارت (ت): کاتالیزگر بر میزان آنتالپی واکنش، میزان پیشرفت واکنش و مقدار عبارت ثابت تعادل بی‌تأثیر است.

طبق اصل لوشاتلیه، با اعمال یک تغییر به سامانه تعادلی، واکنش در جهت رفت یا برگشت پیشرفت می‌کند تا از این طریق، تا آنجا که امکان دارد، با تغییر وارد شده مقابله کند و دوباره به تعادل برسد.

اگر تغییری سبب به هم خوردن تعادل در یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن را جبران کند نه به طور کامل. فقط در یک سری از شرایط خاص تعادل به طور کامل اثر تغییر اعمال شده را رفع می‌کند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با افزایش غلظت یک ماده، تعادل در جهت مصرف آن پیش می‌رود اما معمولاً نمی‌تواند به طور کامل اثر آن را جبران کند. گزینه (۲): تغییر دما، سبب به هم خوردن تعادل شده و ثابت تعادل را هم تغییر می‌دهد. گزینه (۴): با کاهش غلظت یک ماده، تعادل در جهت تولید آن پیش می‌رود اما معمولاً نمی‌تواند اثر آن را به طور کامل جبران کند.

عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر غلظت یک واکنش دهنده را افزایش دهیم، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. عبارت (ب): به طور معمول جابه‌جایی تعادل اثر تغییر وارد شده را به طور کامل از بین نمی‌برد. عبارت (پ): با خارج کردن یک ماده و کاهش غلظت آن، تعادل در جهت تولید آن جابه‌جا می‌شود. عبارت (ت): هنگامی که غلظت یک ماده را تغییر می‌دهیم، تعادل سعی می‌کند، با جابه‌جایی به سمت چپ و یا سمت راست، با این تغییر مقابله کند و دوباره به تعادل برسد، ولی به طور معمول نمی‌تواند به طور کامل اثر تغییر تحمیل شده را از بین ببرد. بنابراین هنگامی که مقدار یک فراورده را به اندازه ۱ مول کاهش می‌دهیم، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، اما تعداد مول فراورده تولید شده بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، کمتر از ۱ مول خواهد بود.

با افزایش غلظت گاز O_2 ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. با کاهش غلظت گاز SO_2 ، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. پس از تغییر غلظت و جابه‌جایی تعادل، اثر تغییر وارد شده به طور کامل از بین نمی‌رود، بنابراین مقداری از گاز O_2 اضافه شده مصرف می‌شود و مقداری از کاهش غلظت SO_2 جبران می‌شود.

موارد دوم و سوم درست هستند. $\text{I}_2(\text{g})$ در قسمت فراورده‌ها و در سمت راست معادله واکنش قرار دارد، با افزودن I_2 به سامانه تعادلی، غلظت این ماده افزایش یافته و طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه به طور معمول اثر تغییر وارد شده به طور کامل از بین نمی‌رود، غلظت I_2 در تعادل جدید از تعادل اولیه بیشتر است. همچنین بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، غلظت H_2 و کاهش غلظت HI افزایش می‌یابد.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) جمله را به درستی تکمیل می‌کنند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): خارج کردن مقداری گاز آمونیاک از سامانه باعث کاهش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت تولید آن می‌شود. عبارت (ب): وارد کردن مقداری گاز هیدروژن در سامانه باعث افزایش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت مصرف آن می‌شود. در نتیجه غلظت آمونیاک افزایش یافته و غلظت گاز نیتروژن کاهش می‌یابد. دقت کنید که اثر تغییر غلظت روی گاز هیدروژن باقی می‌ماند. برای مثال اگر ۱ مول از آن وارد شود، مقدار 0.8 مول آن مصرف می‌شود و غلظت نهایی آن افزایش یافته است. عبارت (پ): خارج کردن مقداری گاز نیتروژن از سامانه باعث کاهش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت تولید آن می‌شود. در نتیجه غلظت آمونیاک کاهش و غلظت هیدروژن افزایش می‌یابد. عبارت (ت): وارد کردن مقداری گاز آمونیاک به سامانه باعث افزایش غلظت آن و حرکت تعادل به سمت مصرف آن می‌شود اما دقت کنید که ثابت تعادل تغییری نمی‌کند زیرا ثابت تعادل فقط با تغییر دما دچار تغییر می‌شود.

B ۲۹۱۰ ۳ با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، غلظت B کاهش می‌یابد، اما بدون اطلاع از مقدار K، نمی‌توانیم بگوییم غلظت B در تعادل جدید، چه نسبتی با تعادل اولیه دارد. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** بر اثر کاهش غلظت A، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، یعنی در جهت برگشت پیشرفت می‌کند تا به تعادل جدید برسد. در سمت فراورده‌ها، ۴ مول گاز (۱ مول B و ۳ مول C) و در سمت واکنش‌دهنده‌ها ۲ مول گاز (۲ مول A) وجود دارد. بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، شمار مولکول‌های گاز موجود در ظرف کاهش می‌یابد. **گزینه (۲):** با کاهش غلظت A و جابه‌جایی واکنش به سمت چپ، تعادل سعی می‌کند تا آنجا که امکان دارد، با تغییر وارد شده مقابله کند، اما به دلیل اینکه تعادل به‌طور معمول نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، با جابه‌جایی تعادل، به اندازه نصف مقدار A تولید نمی‌شود، بنابراین غلظت A در تعادل جدید به اندازه تعادل اولیه نیست ولی از نصف غلظت اولیه بیشتر می‌باشد. **گزینه (۴):** با خروج A از سامانه تعادلی، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود تا تعادل جدید ایجاد کند. در تعادل جدید، غلظت گونه‌ها کمتر از تعادل اولیه است؛ پس سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است.

B ۲۹۱۱ ۲ با دو برابر شدن غلظت $\text{NO}_2(\text{g})$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه به‌طور معمول اثر تغییر وارد شده به‌طور کامل از بین نمی‌رود، با جابه‌جایی تعادل، تمام $\text{NO}_2(\text{g})$ اضافه شده، مصرف نمی‌شود، بنابراین غلظت $\text{NO}_2(\text{g})$ در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر است. از سوی دیگر، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، غلظت $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ هم افزایش می‌یابد، با توجه به اینکه غلظت و مقدار هر دو گاز موجود در تعادل، در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر است، فشار سامانه تعادلی در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر می‌باشد. بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** با توجه به اینکه مقدار ثابت تعادل (K) را نداریم، نمی‌توانیم درباره نسبت غلظت N_2O_4 در تعادل جدید به غلظت این ماده در تعادل اولیه اظهار نظر کنیم. فقط می‌توانیم بیان کنیم که غلظت این ماده افزایش می‌یابد. **گزینه‌های (۳) و (۴):** پس از برقراری تعادل جدید، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با یکدیگر برابر شده و بیشتر از تعادل اولیه است، اما نمی‌توانیم بگوییم که سرعت‌ها دو برابر می‌شود.

B ۲۹۱۲ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب)، (پ) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت (الف):** بر اثر کاهش غلظت $\text{SO}_3(\text{g})$ ، تعادل در جهت تولید آن، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. با پیشرفت واکنش رفت، غلظت گازهای SO_2 و O_2 به تدریج کاهش می‌یابد. **عبارت (ب):** همان‌طور که در عبارت (الف) گفته شد، غلظت گازهای SO_2 و O_2 کاهش می‌یابد و همچنین با وجود حرکت تعادل برای تولید گاز کربن دی‌اکسید، اما همه مقدار خارج شده تولید نمی‌شود پس غلظت نهایی این ماده نیز کاهش می‌یابد. **عبارت (پ):** با کاهش غلظت SO_2 و جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت هر سه گاز SO_2 ، SO_3 و O_2 در تعادل جدید، کمتر از تعادل اولیه است، از این رو، پس از برقراری تعادل جدید، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. **عبارت (ت):** مقدار عددی ثابت تعادل فقط با تغییر دما عوض می‌شود. **عبارت (ث):** با خروج مقدار SO_3 از سامانه تعادلی، واکنش در جهت تولید آن جابه‌جا می‌شود و طی این فرایند مقدار مول و غلظت SO_3 افزایش می‌یابد.

B ۲۹۱۳ ۱ عبارت‌های اول و دوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** غلظت مولی یک ماده از تقسیم تعداد مول آن به حجم ظرف به‌دست می‌آید. حجم ظرف ۱۰ لیتر است، پس می‌توانیم غلظت هر یک از گازهای SO_2 و SO_3 را در تعادل جدید و تعادل اولیه به‌دست آوریم.

$$\text{تعادل اولیه: } [\text{SO}_3]_1 = \frac{0.68 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.068 \text{ mol.L}^{-1}, [\text{SO}_2]_1 = \frac{0.32 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.032 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \frac{[\text{SO}_3]_1}{[\text{SO}_2]_1} = \frac{0.68}{0.32} = 2/1$$

$$\text{تعادل جدید: } [\text{SO}_3]_2 = \frac{1.46 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.146 \text{ mol.L}^{-1}, [\text{SO}_2]_2 = \frac{0.54 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.054 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \frac{[\text{SO}_3]_2}{[\text{SO}_2]_2} = \frac{1.46}{0.54} = 2/7$$

ملاحظه می‌کنید که نسبت غلظت مولی $\text{SO}_3(\text{g})$ به $\text{SO}_2(\text{g})$ در دو تعادل با یکدیگر برابر نیست. **عبارت دوم:** طبق اصل لوشاتلیه، بر اثر افزایش غلظت SO_3 ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. به دلیل اینکه ثابت تعادل (K) فقط تابع دما است، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه برابر است. **عبارت سوم:** غلظت گاز اکسیژن در تعادل جدید برابر است با:

$$[\text{O}_2]_2 = \frac{0.27 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.027 \text{ mol.L}^{-1}$$

عبارت چهارم: در نخستین لحظه‌ای که ۱ مول SO_3 را به تعادل می‌افزاییم، تعداد مول این ماده از ۰/۶۸ به ۱/۶۸ مول می‌رسد، بعد از این تغییر، تعادل جابه‌جا می‌شود و سعی می‌کند که با این تغییر مقابله کند، اما همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌کنید، تعداد مول SO_3 در تعادل جدید، برابر ۱/۴۶ مول است، یعنی تعادل تمام SO_3 اضافه شده را مصرف نکرده و مقداری از تغییر وارد شده از بین نرفته است.

B ۲۹۱۴ ۲ **روش اول:** با افزودن ۲ مول گاز NO، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود تا دوباره به تعادل برسد. بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت گاز NO_2 ، به تدریج افزایش و غلظت گازهای NO و O_2 به تدریج کاهش می‌یابد.

$$2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$$

$$4+2-2x \quad \quad 4-x \quad \quad 8+2x$$

$$\text{تعادل جدید: } [\text{O}_2] = 4-x = 3/45 \Rightarrow x = 0.55 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow [\text{NO}]_{\text{تعادل جدید}} = 4+2-2x = 6-2(0.55) = 4/9 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{NO}_2]_{\text{تعادل جدید}} = 8+2x = 8+2(0.55) = 9/1 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم: هنگامی که ۲ مول NO را به تعادل می‌افزاییم، غلظت این ماده از ۴M به ۶M افزایش می‌یابد، سپس تعادل جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه تعادل نمی‌تواند به‌طور کامل اثر تغییر وارد شده را از بین ببرد، غلظت تعادلی NO در تعادل جدید از ۴M بزرگ‌تر خواهد بود، پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که گزینه‌ای که در آن غلظت NO بین ۴M و ۶M باشد، می‌تواند جواب پرسش باشد. فقط در گزینه (۲) این شرط رعایت شده است.

B ۲۹۱۵ ۲ از شکل (الف) تا (پ)، تعداد مولکول‌های قهوه‌ای‌رنگ NO_2 در حال افزایش است. اما در دو شکل (پ) و (ت) تعداد مولکول‌ها ثابت است. بنابراین می‌توانیم نتیجه بگیریم که در شکل (پ) تعادل برقرار شده است. پس از برقراری تعادل، غلظت مواد موجود در تعادل تغییر نمی‌کند. به همین دلیل نسبت $\frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]}$ و شدت رنگ قهوه‌ای در شکل‌های (پ) و (ت) یکسان است.

بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱):** به دلیل اینکه ضریب استوکیومتری NO_2 دو برابر ضریب استوکیومتری N_2O_4 است، از این‌رو سرعت تولید $\text{NO}_2(g)$ هم دو برابر سرعت تولید $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ می‌باشد. **گزینه (۳):** از شکل (الف) تا شکل (پ)، غلظت $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ در حال کاهش است. بنابراین سرعت مصرف $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ در شکل (ب) کمتر از شکل (الف) است (با گذشت زمان، سرعت واکنش کاهش می‌یابد). **گزینه (۴):** اگر مقداری گاز NO_2 به مخلوط واکنش افزوده شود، واکنش در جهت تولید N_2O_4 یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۱۶ ۲ مقایسه‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:** **عبارت (الف):** سرعت مصرف $\text{PCl}_5(g)$ همان سرعت واکنش برگشت است. به دلیل کاهش غلظت $\text{PCl}_5(g)$ ، سرعت واکنش برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر است. **عبارت (ب):** در تعادل سرعت واکنش رفت و برگشت با هم برابر است و بنابر توضیحات عبارت (الف) چون سرعت واکنش برگشت در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است پس سرعت واکنش رفت هم در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است. **عبارت (پ):** طبق اصل لوشاتلیه، با کاهش غلظت PCl_3 ، تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. بنابراین غلظت $\text{PCl}_5(g)$ به تدریج کاهش می‌یابد. به دلیل ثابت بودن دما، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه یکسان است. در صورت کسر ثابت تعادل، $[\text{PCl}_5]$ و در مخرج آن حاصل‌ضرب $[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]$ وجود دارد، پس اگر $[\text{PCl}_5]$ کاهش یابد، باید حاصل‌ضرب $[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]$ هم به همان نسبت کاهش یابد تا نسبت آن‌ها یعنی مقدار K تغییر نکند. **عبارت (ت):** بر اثر کاهش غلظت $\text{PCl}_3(g)$ ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، غلظت $\text{Cl}_2(g)$ به تدریج افزایش می‌یابد. بنابراین غلظت $\text{Cl}_2(g)$ در تعادل جدید، نسبت به تعادل اولیه بیشتر است. **عبارت (ث):** به دلیل ثابت بودن دما، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه یکسان است:

$$K = \frac{[\text{PCl}_5]}{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]} = [\text{PCl}_5] \times [\text{PCl}_3]^{-1} \times [\text{Cl}_2]^{-1}$$

B ۲۹۱۷ ۳ عبارت ثابت تعادل برای این واکنش به صورت روبه‌رو است:

با توجه به عبارت، بر اثر کاهش $[\text{NH}_3]$ ، تعادل در جهت تولید این ماده، یعنی جهت رفت، پیش می‌رود و مقدار $\text{H}_2\text{S}(g)$ نیز افزایش می‌یابد. اثر تغییر غلظت روی مقدار ثابت تعادل تغییری ایجاد نمی‌کند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **گزینه (۱):** بر اثر افزایش غلظت $\text{H}_2\text{S}(g)$ ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و مقدار $\text{NH}_4\text{HS}(g)$ افزایش می‌یابد، اما با توجه به اینکه NH_4HS یک جامد خالص است، غلظت آن ثابت بوده و تغییر نمی‌کند.

نتیجه‌گیری: در واکنش‌های تعادلی، تغییر جرم اجزای جامد یا مایع تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد؛ زیرا در دمای معین، غلظت این مواد همواره ثابت باقی می‌ماند؛ بنابراین افزودن این مواد به ظرف تعادل یا خارج کردن بخشی از آن‌ها از سامانه تعادلی سبب به هم خوردن تعادل نمی‌شود و تغییری در نمودار «مول-زمان» و غلظت سایر اجزای تعادل ایجاد نمی‌کند.

گزینه (۲): با اضافه یا کم کردن یک ماده جامد خالص، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. **گزینه (۴):** NH_4HS یک جامد خالص است، پس با خارج کردن آن تغییری در تعادل ایجاد نشده و سرعت واکنش‌های رفت و برگشت تغییر نمی‌کند.

B ۲۹۱۸ ۴ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** **عبارت (الف):** بر اثر کاهش غلظت $\text{H}_2\text{O}(g)$ ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در قسمت فرآورده‌ها، ۱۱۲ گرم ماده جامد (۲ مول Fe) و در قسمت واکنش‌دهنده‌ها، ۱۶۰ گرم ماده جامد (۱ مول Fe_2O_3) داریم، از این‌رو، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، جرم مواد جامد موجود در تعادل افزایش می‌یابد. **عبارت (ب):** Fe یک جامد خالص است، پس با افزایش مقدار آن، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. **عبارت (پ):** با افزایش غلظت $\text{H}_2\text{O}(g)$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، بنابراین سرعت واکنش برگشت افزایش پیدا می‌کند. همچنین بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، مقدار (تعداد مول) $\text{Fe}_2\text{O}_3(g)$ افزایش می‌یابد. **عبارت (ت):** یک جامد خالص بوده و غلظت آن ثابت است، پس با خارج کردن مقداری از این ماده، تغییری در تعادل مشاهده نخواهیم کرد.

B ۲۹۱۹ ۳ مقداری از A را از تعادل خارج کرده‌ایم، از این‌رو باید در نخستین لحظه، غلظت A به‌طور ناگهانی کاهش یابد (نادرستی گزینه (۴))، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، مقداری از کاهش غلظت A جبران می‌شود، بنابراین غلظت A در تعادل جدید، نسبت به تعادل اولیه کمتر است (نادرستی گزینه (۲))، بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، باید غلظت C کاهش یابد (نادرستی گزینه (۱)).

B ۲۹۲۰ ۱ فقط مورد دوم درست است. با توجه به نمودار، تغییر وارد شده، افزایش غلظت PCl_5 می‌باشد. **بررسی عبارت‌ها:** **عبارت اول:** بر اثر افزایش غلظت PCl_5 ، تعادل به هم خورده و به سمت راست جابه‌جا می‌شود، در تعادل جدید، غلظت هر سه ماده PCl_5 ، PCl_3 و Cl_2 از تعادل اولیه بیشتر است، بنابراین سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه بیشتر می‌باشد. **عبارت دوم:** بر اثر این تغییر سرعت واکنش رفت افزایش یافته و تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، غلظت PCl_3 و Cl_2 به تدریج افزایش می‌یابد تا به تعادل جدید برسیم و غلظت این دو ماده ثابت شود. بنابراین از لحظه اعمال تغییر تا لحظه برقراری تعادل جدید، سرعت مصرف PCl_3 که همان سرعت واکنش برگشت است، به تدریج افزایش می‌یابد. **عبارت سوم:** K فقط تابع دما است، از آنجا که دما ثابت است، K تغییر نکرده، مقدار K در تعادل جدید با تعادل اولیه برابر است. **عبارت چهارم:** مقدار افزایش غلظت PCl_3 و Cl_2 به یک‌میزان است، اما با توجه به افزودن مقداری PCl_5 به ظرف، نمی‌توان درباره رابطه مقدار تغییر غلظت آن با مواد دیگر بحث کرد.

B ۲۹۲۱ ۴ بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (الف): H_2O یک ماده مایع خالص است، بنابراین غلظت آن ثابت می‌باشد. عبارت (ب): بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت یون $CoCl_4^{2-}(aq)$ افزایش می‌یابد، اما به دلیل ثابت بودن دما، مقدار ثابت تعادل (K) تغییر نمی‌کند. عبارت (ت): با افزایش غلظت $Cl^-(aq)$ در تعادل جدید، سرعت واکنش رفت افزایش یافته و با توجه به برابر بودن سرعت واکنش رفت و برگشت در تعادل جدید، می‌توان نتیجه گرفت که سرعت واکنش برگشت نیز افزایش یافته است.

B ۲۹۲۲ ۲ افزودن چند قطره محلول نقره نیترات سبب ایجاد موارد دوم، سوم و چهارم می‌شود. نقره نیترات ($AgNO_3$) محلول در آب است و بر اثر تفکیک یونی آن، یون‌های $Ag^+(aq)$ و $NO_3^-(aq)$ آزاد می‌شوند. یون‌های $Ag^+(aq)$ با یون‌های $Cl^-(aq)$ موجود در تعادل واکنش داده و رسوب سفیدرنگ $AgCl(s)$ را تولید می‌کنند.

$$AgNO_3(s) \xrightarrow{H_2O} Ag^+(aq) + NO_3^-(aq) \quad Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$$

بر اثر واکنش یون‌های $Ag^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$ ، غلظت یون $Cl^-(aq)$ در محلول کاهش می‌یابد، بنابراین طبق اصل لوشاتلیه، تعادل انحلال KCl به سمت راست جابه‌جا می‌شود در نتیجه مقداری از ذره‌های KCl جامد حل می‌شوند و انحلال‌پذیری KCl افزایش می‌یابد. همچنین یون‌های $K^+(aq)$ تولید شده موجب افزایش غلظت این یون در محلول می‌شوند. اما از آنجا که به‌طور معمول تعادل نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، پس از برقراری تعادل جدید، غلظت یون Cl^- نسبت به تعادل اولیه کمتر است.

B ۲۹۲۳ ۱ با افزودن آب، غلظت مواد محلول کاهش می‌یابد و غلظت مواد جامد ثابت می‌ماند. با توجه به اینکه تعداد مول مواد محلول در سمت واکنش دهنده‌ها بیشتر است، غلظت مواد در سمت واکنش دهنده‌ها بیشتر کاهش می‌یابد و مطابق اصل لوشاتلیه، واکنش در جهت تولید واکنش دهنده‌ها (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): با افزودن نمک طعام، مقداری از یون‌های $Ag^+(aq)$ در ترکیب با یون $Cl^-(aq)$ نمک، تشکیل رسوب $AgCl$ را می‌دهند و از غلظت آن‌ها کاسته می‌شود. بنابراین تعادل در جهت تولید یون Ag^+ (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. گزینه (۳): با افزودن نقره نیترات، غلظت یون $Ag^+(aq)$ افزایش می‌یابد و تعادل در جهت مصرف آن جابه‌جا می‌شود که همان جهت رفت است. بنابراین سرعت مصرف $Cu(s)$ افزایش می‌یابد. گزینه (۴): با افزودن مس (II) سولفات، غلظت یون Cu^{2+} افزایش می‌یابد و تعادل در جهت مصرف آن جابه‌جا می‌شود که در نتیجه این جابه‌جایی غلظت یون $Ag^+(aq)$ افزایش می‌یابد که در نتیجه آن سرعت مصرف این یون هم افزایش می‌یابد.

B ۲۹۲۴ ۲ عبارت‌های سوم و ششم نادرست هستند. اگر به این سامانه مقداری HCl اضافه کنیم، یون $H^+(aq)$ با یون $OH^-(aq)$ واکنش می‌دهد و از غلظت یون OH^- کاسته می‌شود. تعادل برای مقابله با این تغییر در جهت تولید $OH^-(aq)$ که همان جهت رفت است، حرکت می‌کند و غلظت یون آمونیم افزایش می‌یابد. با توجه به ثابت بودن دما، ثابت تعادل تغییری نمی‌کند.

$$[OH^-] \Rightarrow \text{کاهش} \quad [NH_4^+] \Rightarrow \text{افزایش} \quad \text{کاهش} [NH_3] \Rightarrow$$

دقت کنید که تعادل نمی‌تواند غلظت $OH^-(aq)$ را دوباره به حالت اول برگرداند و غلظت نهایی آن کمتر از غلظت اولیه آن می‌باشد. در نتیجه pH محلول تعادلی کاهش می‌یابد. همان‌طور که می‌دانید حاصل ضرب $[OH^-]$ در $[H^+]$ در دمای معین، ثابت است، پس طی این فرایند حاصل آن تغییر نمی‌کند.

C ۲۹۲۵ ۳ همه موارد به‌جز مورد سوم نادرست هستند. بررسی موارد: مورد اول: اگر به این تعادل مقداری گاز CO_2 اضافه کنیم، تعادل در جهت مصرف آن یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و سرعت مصرف $H_2(g)$ که همان سرعت واکنش برگشت است، افزایش می‌یابد. مورد دوم: کلسیم کربنات ماده‌ای جامد است و با افزایش مقدار آن، غلظتش ثابت می‌ماند. در نتیجه تعادل جابه‌جا نمی‌شود. مورد سوم: با افزودن آب و دو برابر کردن حجم محلول، غلظت هر ماده محلول نصف می‌شود و غلظت مواد جامد ثابت می‌ماند. با توجه به اینکه تعداد مول مواد محلول در آب در سمت واکنش دهنده‌ها بیشتر است، غلظت واکنش دهنده‌ها بیشتر دچار کاهش می‌شود و طبق اصل لوشاتلیه تعادل در جهت تولید واکنش دهنده‌ها، یعنی جهت برگشت حرکت می‌کند. مورد چهارم: در صورت خارج کردن مقداری از گاز اکسیژن از تعادل مورد نظر، طبق اصل لوشاتلیه تعادل در جهت تولید گاز O_2 حرکت می‌کند، اما نمی‌تواند مقدار $O_2(g)$ خارج شده را به‌طور کامل جبران کند. در نتیجه $[O_2(g)]$ و $[SO_3(g)]$ نسبت به غلظت اولیه آن‌ها کاهش و $[SO_3(g)]$ نسبت به غلظت اولیه آن افزایش می‌یابد. مورد پنجم: هنگامی که گاز Ar را به تعادل می‌افزاییم، این گاز نجیب با هیچ‌یک از مواد موجود در تعادل واکنش نمی‌دهد. از این رو، تعداد مول مواد تغییر نمی‌کند. به گازهایی مانند Ar گاز بی‌اثر می‌گوییم، یعنی گازی که تمایلی به انجام واکنش با مواد موجود در تعادل ندارد. حجم ظرف هم ثابت است، بنابراین به دلیل تغییر نکردن تعداد مول مواد، بر اثر افزودن گاز Ar ، غلظت هیچ‌یک از گازهای مخلوط تعادلی تغییر نکرده و به همین دلیل تعادل جابه‌جا نمی‌شود. تنها اثر افزودن Ar افزایش فشار کل است، یعنی به دلیل افزایش تعداد مول‌های گاز موجود در ظرف، تعداد برخوردها با دیواره ظرف افزایش یافته و در نتیجه، فشار مخلوط گازی زیاده‌تر می‌شود.

B ۲۹۲۶ ۱ پس از افزایش غلظت $O_2(g)$ ، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت مصرف O_2 ،

یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در نخستین لحظه تغییر وارد شده، غلظت گاز اکسیژن از 0.2 به 0.3 مول بر لیتر افزایش می‌یابد. حجم ظرف برابر ۱ لیتر است، بنابراین غلظت هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد.

$$[NO] = 1 - 2x = 1 - 2(0.125) = 0.75 \text{ mol.L}^{-1}$$

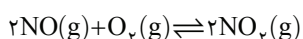
$[NO_2] = 0.4 + 2x = 0.65 \Rightarrow x = 0.125 \text{ mol.L}^{-1}$ تعادل جدید

B ۲۹۲۷ ۱ با توجه به جدول تغییر مول برای سامانه تعادلی، می‌توان مقادیر A و B را محاسبه کرد. با توجه به تعادل (۲) مقدار مول نهایی هیدروژن برابر 0.47 مول است؛ پس x برابر است با:

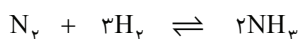
$$0.5 - 0.3x = 0.47 \Rightarrow x = 0.01$$

در نتیجه برای مقادیر A و B در تعادل جدید داریم:

$A = 0.14 + 2x = 0.14 + 2(0.01) = 0.16 \text{ mol}$, $B = 0.12 - x = 0.12 - 0.01 = 0.11 \text{ mol}$



غلظت در نخستین لحظه تغییر	۱	$0.2 + 0.1$	0.4
تغییر غلظت	$-2x$	$-x$	$+2x$
غلظت در تعادل جدید	$1 - 2x$	$0.3 - x$	$0.4 + 2x$

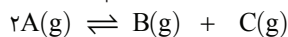


مول اولیه	0.7	0.5	0.14
تغییر مول	$+0.5 - x$	$-3x$	$+2x$
مول نهایی	$0.12 - x$	$0.5 - 3x$	$0.14 + 2x$

همین‌جا گزینه درست به دست آمد! اما برای تکمیل شدن پاسخ تشریحی، به کمک مول‌های تعادلی در تعادل (۱)، ثابت تعادل را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \times [\text{N}_2]} = \frac{(\frac{0.14}{1})^2}{(\frac{0.5}{1})^3 \times (\frac{0.07}{1})} = \frac{(0.14)^2}{(0.5)^3 \times 0.07} = 2/24 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$$

ابتدا باید با استفاده از غلظت‌های تعادلی داده شده، مقدار ثابت تعادل (K) را در تعادل اولیه به دست آوریم. ۳ ۲۹۲۸ B



غلظت در نخستین لحظه تغییر	۲-۱	۴	۴
تغییر غلظت	+۲x	-x	-x
غلظت در تعادل جدید	۱+۲x	۴-x	۴-x

$$K = \frac{[\text{B}][\text{C}]}{[\text{A}]^2} = \frac{(4)(4)}{(2)^2} = 4$$

$$K = \frac{[\text{B}][\text{C}]}{[\text{A}]^2} = \frac{(4-x)(4-x)}{(1+2x)^2} = 4 \Rightarrow \frac{4-x}{1+2x} = 2 \Rightarrow x = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{B}]_{\text{تعادل جدید}} = 4-x = 4-0.4 = 3.6 \text{ mol.L}^{-1}$$

با کاهش غلظت A از 2 mol.L^{-1} به 1 mol.L^{-1} ، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل برای تولید A به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. بر اثر این جابه‌جایی، به تدریج غلظت گازهای B و C کاهش و غلظت A به تدریج افزایش می‌یابد تا اینکه دوباره به تعادل برسیم و غلظت‌ها ثابت شوند. چون حین جابه‌جایی تعادل، دما تغییر نکرده، مقدار K در تعادل جدید با مقدار K در تعادل اولیه برابر است.

ابتدا ثابت تعادل اولیه را محاسبه می‌کنیم: ۲ ۲۹۲۹ B



مول در نخستین لحظه تغییر	۱+۳	۴	۴
تغییر مول	-x	-x	+۲x
مول در تعادل جدید	۴-x	۴-x	۴+۲x

$$K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{(\frac{4}{3})^2}{(\frac{1}{3})(\frac{4}{3})} = 4$$

با افزودن ۳ مول A، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. می‌دانیم با تغییر غلظت مواد، در دمای ثابت تعادل تغییری نخواهد کرد.

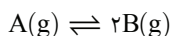
$$K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{(4+2x)^2}{(4-x)(4-x)} = 4 \Rightarrow \frac{4+2x}{4-x} = 2 \Rightarrow 4+2x = 8-2x \Rightarrow x = 1$$

با توجه به اینکه مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌های گازی برابر است، حجم سامانه را می‌توان در نظر نگرفت و به جای غلظت از مقدار مول مواد استفاده کرد.

پس مول C در تعادل جدید برابر ۶ و در نتیجه غلظت آن برابر است با:

$$[\text{C}] = \frac{6 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

بازده درصدی ۵۰٪ به این معنی است که در تعادل، نیمی از مول‌های واکنش‌دهنده (A) تجزیه شده است. ۴ ۲۹۳۰ C



مول اولیه	۴	۰
تغییر مول	-x	+۲x
مول تعادل جدید	۴-x	۲x

$$x = \frac{50}{100} \times 4 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$$

مطابق داده‌های سؤال می‌توان نوشت:

$$K = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{(2x)^2}{(4-x)} = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ mol.L}^{-1}$$

اکنون ثابت تعادل را حساب می‌کنیم:

اگر نیمی از مول‌های B، یعنی ۲ مول از این ماده را از سامانه واکنش خارج کنیم، تعادل برای جبران آن در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، یعنی مقداری A مصرف و مقداری B تولید خواهد شد و دوباره واکنش به تعادل می‌رسد.

$$\begin{aligned} \text{در تعادل جدید: } \begin{cases} \text{A تعداد مول: } 2-x \\ \text{B تعداد مول: } 2+2x \end{cases} &\Rightarrow K = \frac{(2+2x)^2}{2-x} = 8 \Rightarrow \frac{2^2(1+x)^2}{2-x} = 8 \Rightarrow \frac{(1+x)^2}{2-x} = 2 \Rightarrow x^2 + 4x - 3 = 0 \Rightarrow x = \frac{-4 \pm \sqrt{28}}{2} = \frac{-4 \pm 2\sqrt{7}}{2} \\ &= \frac{-4 \pm 2(2/65)}{2} \Rightarrow x_1 = 0.65 \text{ (ق ق)}, x_2 = -4.65 \text{ (غ ق ق)} \Rightarrow [\text{B}] = \frac{(2+2x) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = \frac{2+2(0.65)}{1} = 3.3 \text{ mol.L}^{-1} \end{aligned}$$

بازده ۴۰ درصدی واکنش به معنای آن است که در این واکنش ۴۰٪ واکنش‌دهنده مصرف و به فراورده تبدیل شود؛ پس از ۴ مول NO_2 وارد شده به ۲ ۲۹۳۱ C

ظرف مقدار ۱/۶ مول از آن مصرف شده و طی آن ۱/۶ مول گاز NO و ۸/۰ مول گاز O_2 تولید می‌شود. طبق فرض سؤال، مقداری از گاز O_2 تولید شده تا لحظه برقراری تعادل از ظرف خارج شده و مقدار آن برابر ۸/۰ مول نیست. بنابراین طبق ثابت تعادل واکنش داریم:

$$K = \frac{(n_{\text{NO}})^2 \times n_{\text{O}_2}}{(n_{\text{NO}_2})^2} \times \left(\frac{1}{V}\right)^{3-2} \Rightarrow 0.25 = \frac{(1/6)^2 \times n_{\text{O}_2}}{(2/4)^2} \times 2 \Rightarrow n_{\text{O}_2} = \frac{9}{32} \text{ mol}$$

حال جرم گاز O_2 خارج شده از ظرف واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} 32 \text{ g O}_2 \times \frac{9}{32} \text{ mol O}_2 = 9 \text{ g} \\ 25 \text{ g O}_2 \times \frac{9}{32} \text{ mol O}_2 = 7.03 \text{ g} \end{cases} \Rightarrow \text{جرم O}_2 \text{ خارج شده} = 25/6 - 9 = 16/6 \text{ g}$$

۲۹۳۲ ۱ ابتدا ثابت تعادل واکنش تعادلی را محاسبه می‌کنیم: $([B]=[C]=4[A])$

$$K = \frac{[B] \times [C]}{[A]^2} = \frac{4[A] \times 4[A]}{[A]^2} = 16$$

با توجه به حجم ظرف، افزودن یک مول از هر ماده، به غلظت آن یک مولار اضافه می‌کند. اگر مقادیر ابتدایی $[A]$ ، $[B]$ و $[C]$ را به ترتیب M ، $4M$ و $4M$ در نظر بگیریم، پس از افزودن یک مول از هر کدام از اجزای واکنش، غلظت A ، B و C به ترتیب به $M+1$ ، $4M+1$ و $4M+1$ می‌رسد. اکنون با توجه به پیچیدگی تعادل، نیازی نیست که تشخیص دهیم واکنش به کدام سمت جابه‌جا می‌شود. فرض می‌کنیم در همان جهت رفت حرکت کرده است. اگر مقدار x عددی مثبت به دست آید، یعنی فرضمان درست بوده و واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده و در غیر این صورت فرضمان اشتباه بوده و علامت x منفی به دست می‌آید که این بدین معناست که واکنش در جهت برگشت انجام شده است: اکنون از رابطه ثابت تعادل داریم:

$$2A \rightleftharpoons B + C$$

غلظت اولیه	$M+1$	$4M+1$	$4M+1$
تغییر غلظت	$-2x$	$+x$	$+x$
غلظت نهایی	$M-2x+1$	$4M+x+1$	$4M+x+1$

$$K = \frac{[B] \times [C]}{[A]^2} = \frac{(4M+x+1)^2}{(M-2x+1)^2} = 16 \Rightarrow \frac{4M+x+1}{M-2x+1} = 4$$

$$\Rightarrow 4M+x+1 = 4M-8x+4 \Rightarrow x = \frac{1}{3}$$

بنابراین فرضمان درست بوده و تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده است. در نهایت می‌توان تغییر جرم A را در سامانه به دست آورد:

$$[A]_{\text{جدید}} = [A] - 2x + 1 = [A] - 2\left(\frac{1}{3}\right) + 1 = [A] + \frac{1}{3}$$

بنابر مقدار $\Delta[A]$ برابر $\frac{1}{3}$ مولار است که با توجه به اینکه حجم سامانه برابر یک لیتر است، تغییرات مول A برابر $\frac{1}{3}$ مول می‌باشد؛ پس تغییرات جرم A برابر است با:

$$\Delta \text{جرم } A = \frac{1}{3} \text{ mol } A \times \frac{45 \text{ g } A}{1 \text{ mol } A} = 15 \text{ g } A$$

۲۹۳۳ ۴ در تعادل‌های گازی تغییرات حجم و فشار با یکدیگر رابطه عکس دارند. اما هیچ کدام نمی‌توانند ثابت تعادل را تغییر دهند. تنها عاملی که می‌تواند سبب تغییر ثابت تعادل شود، دما است. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با افزایش فشار بر یک سامانه تعادلی گازی، تعادل در جهت جبران این افزایش فشار جابه‌جا می‌شود و این کار را با کاهش شمار مول‌های گازی انجام می‌دهد؛ زیرا بر اساس قانون گازها، در دمای ثابت فشار با شمار مول‌ها رابطه مستقیم دارد. گزینه‌های (۲) و (۳): تغییر فشار بر سامانه‌های فاقد ماده گازی بی‌تأثیر است. همچنین در واکنش‌هایی که تعداد مول گازی در دو طرف معادله یکسان است، تغییر حجم و فشار سامانه نمی‌تواند سبب جابه‌جایی تعادل شود.

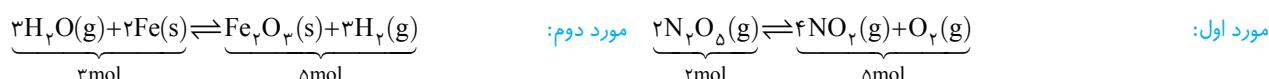
۲۹۳۴ ۳ فقط مورد (پ) نادرست است. تغییر نشان داده شده در شکل، افزایش فشار است. طبق اصل لوشاتلیه در اثر افزایش فشار، تعادل در جهت تولید تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود تا با اثر افزایش فشار مقابله کند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شکل، اثر افزایش غلظت مواد شرکت کننده در اثر کاهش حجم را در دمای ثابت نشان می‌دهد. عبارت (ب): با توجه به رابطه $P_1 V_1 = P_2 V_2$ می‌توان گفت: $P_2 > P_1 \Rightarrow V_2 < V_1$

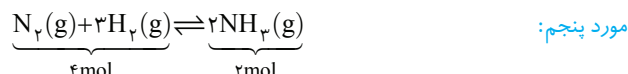
عبارت (پ): با توجه به معادله واکنش تولید آمونیاک، $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ تعادل در جهت تولید گاز آمونیاک پیش می‌رود. عبارت (ت): با توجه به ثابت بودن دما، مقدار عددی ثابت تعادل تغییری نمی‌کند، اما به علت کاهش حجم، غلظت همه گونه‌ها افزایش می‌یابد.

۲۹۳۵ ۴ طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود. اگر بخواهیم، مقدار فرآورده‌ها افزایش یابد، باید تعادلی را انتخاب کنیم که در آن مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد گازی در سمت فرآورده‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها باشد. بررسی واکنش‌ها: گزینه (۱): در این تعادل، ماده گازی نداریم، پس تغییر حجم ظرف، تأثیری بر جابه‌جایی این تعادل ندارد. گزینه (۲): در تعادل موجود در این گزینه، تعداد مول گازی دو طرف معادله واکنش با هم برابر است، بنابراین با افزایش حجم ظرف، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. گزینه (۳): در سمت چپ، گاز CO_2 را داریم، اما در سمت راست، ماده گازی نداریم، به همین دلیل، افزایش حجم، موجب جابه‌جایی این تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها که تعداد مول گازی بیشتری دارند، می‌شود. گزینه (۴): تعداد مول گازی فرآورده‌ها از تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است، در نتیجه این تعادل با افزایش حجم به سمت راست جابه‌جا شده و از این رو مقدار فرآورده‌ها افزایش می‌یابد.

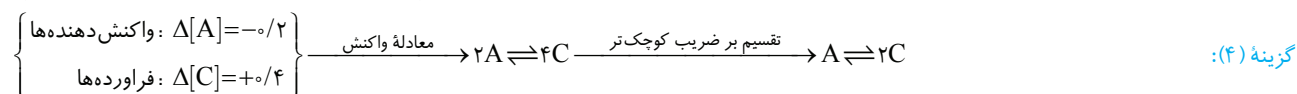
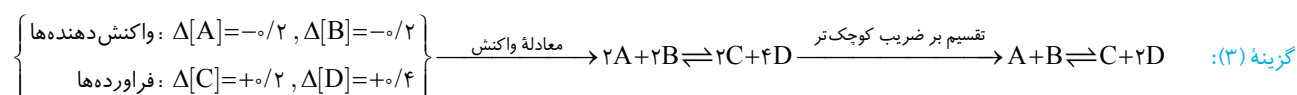
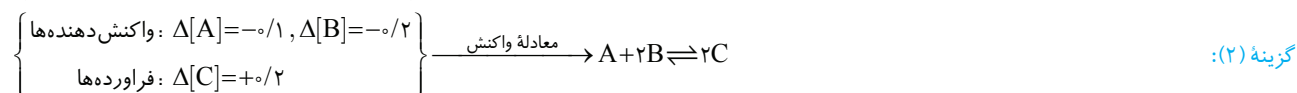
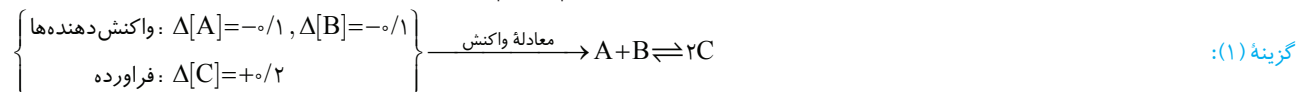
۲۹۳۶ ۱ طی این فرایند، درصد مولی واکنش‌دهنده‌ها در واکنش‌های (ب) و (ث) افزایش می‌یابد. طبق اصل لوشاتلیه، با کاهش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود. اگر بخواهیم بر اثر کاهش فشار، درصد واکنش‌دهنده‌ها افزایش یابد، باید تعادلی را انتخاب کنیم که در آن مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد گازی در سمت واکنش‌دهنده‌ها، بیشتر از فرآورده‌ها باشد. بررسی واکنش‌ها: واکنش‌های (الف) و (ب): در این تعادل‌ها، با کاهش فشار، تعادل به سمت فرآورده‌ها که تعداد مول گازی بیشتری دارند، جابه‌جا می‌شود. واکنش (ب): در سمت واکنش‌دهنده‌ها، ۲ مول $HI(g)$ و در سمت فرآورده‌ها، ۱ مول $H_2S(g)$ وجود دارد. بنابراین در این تعادل، با کاهش فشار، تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها جابه‌جا شده و درصد مولی واکنش‌دهنده‌ها افزایش می‌یابد. واکنش (ت): در این تعادل، تعداد مول گازی در دو طرف معادله واکنش برابر است، بنابراین با کاهش فشار، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. واکنش (ث): در سمت واکنش‌دهنده‌ها، ۳ مول و در سمت فرآورده‌ها، ۲ مول ماده گازی وجود دارد؛ بنابراین در این تعادل، با کاهش فشار، تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها جابه‌جا شده و درصد مولی واکنش‌دهنده‌ها افزایش می‌یابد.

۲۹۳۷ ۲ تعادل‌های چهارم و پنجم با شرایط ذکر شده مطابقت دارند. برای آن که بازده یک واکنش (درصد تبدیل شده واکنش دهنده به فرآورده) بیشتر باشد، باید پیشرفت واکنش در حالتی که حجم ظرف واکنش کمتر است (فقط حباب ۱) از حالتی که حجم آن بیشتر است (باز بودن مسیر بین دو حباب و مجموع حجم حباب‌ها) بیشتر باشد، به عبارت دیگر تعادل‌هایی مد نظر سؤال است که با افزایش حجم ظرف، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و بازده آن‌ها کاهش می‌یابد. این شرایط در تعادل‌هایی گازی برقرار است که مجموع ضرایب اجزای گازی در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فرآورده‌ها باشد. بررسی موارد:





۲۹۳۸ (ب) در قدم اول، باید با استفاده از نمودارهای «غلظت - زمان» داده شده، معادله واکنش هر یک از گزینه‌ها را بنویسیم. برای این کار، تغییر غلظت هر یک از گازها را از آغاز واکنش تا لحظه برقراری تعادل محاسبه کرده و سپس آن‌ها را به کوچک‌ترین تغییر غلظت تقسیم می‌کنیم تا ضریب‌های استوکیومتری مشخص شوند. بررسی گزینه‌ها:



طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود. بنابراین در تعادل گزینه (۲) که در سمت چپ، ۳ مول گاز و در سمت راست، ۲ مول گاز وجود دارد، با افزایش فشار، تعادل به سمت راست، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

۲۹۳۹ (ب) عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): بر اثر کاهش فشار (افزایش حجم)، غلظت هر سه گاز $\text{NO}_2(\text{g})$ ،

$\text{O}_2(\text{g})$ و $\text{NO}(\text{g})$ در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. عبارت (ب): اگر فشار را کاهش دهیم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که تعداد مول‌های گازی بیشتر می‌شود. عبارت (پ): با کاهش فشار (افزایش حجم)، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. دلیل این نکته، کاهش غلظت همه مواد گازی در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه است. عبارت (ت): با جابه‌جایی تعادل به سمت راست، مقدار (تعداد مول) $\text{NO}_2(\text{g})$ ، کاهش و مقدار (تعداد مول) $\text{O}_2(\text{g})$ و $\text{NO}(\text{g})$ افزایش می‌یابد.

۲۹۴۰ (ب) با نصف شدن حجم ظرف، در لحظه اعمال تغییر، غلظت گونه‌ها دو برابر می‌شود؛ ولی به تدریج با جابه‌جایی تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر (در جهت برگشت)، غلظت واکنش‌دهنده‌ها بیش از دو برابر ولی غلظت فراورده‌ها کمتر از دو برابر می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): مقدار ثابت تعادل (K) عددی بسیار

بزرگ است، پس تعادل در صورت مهیا بودن شرایط، پیشرفت خوبی خواهد داشت. گزینه (۲): بر اثر کاهش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود. گزینه (۳): با کاهش حجم، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، اما به دلیل اینکه تعداد مول گازی در سمت راست معادله واکنش بیشتر است، در هنگام جابه‌جایی تعادل میزان افزایش سرعت واکنش برگشت بیشتر می‌باشد، از این رو، در نخستین لحظه کاهش حجم، سرعت واکنش برگشت از سرعت واکنش رفت بیشتر می‌شود. به گونه دیگری هم می‌توان به این نتیجه رسید که با کاهش حجم، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، بنابراین باید در نخستین لحظه کاهش حجم، سرعت واکنش برگشت از سرعت واکنش رفت بیشتر شده باشد تا تعادل به سمت چپ جابه‌جا شود.

۲۹۴۱ (ب) عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند. در یک سامانه تعادلی گازی، با کاهش حجم سامانه، تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کمتر جابه‌جا می‌شود.

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): تنها عاملی که توانایی تغییر K را دارد، دماست و در نتیجه K در این فرایند ثابت است. عبارت‌های (ب) و (پ): با افزودن جامد بی‌اثر، حجم کاهش یافته و تعادل در جهت رفت (شمار مول گازی کمتر) جابه‌جا می‌شود. به علت کاهش حجم، غلظت همه گازها افزایش می‌یابد. دقت کنید چون ضریب استوکیومتری گازهای NO و NO_2 برابر است، تغییرات مول آن‌ها نیز برابر است. عبارت (ت): با جابه‌جایی تعادل، شمار کل مول‌های گازی موجود در سامانه همانند شمار مول‌های O_2 کاهش می‌یابد.

۲۹۴۲ (ب) با کاهش فشار (افزایش حجم)، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین تعداد مول $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ و $\text{I}_2(\text{s})$

کاهش و تعداد مول $\text{HI}(\text{g})$ و $\text{S}(\text{s})$ افزایش می‌یابد. اما در مورد غلظت باید به دو نکته اشاره کنیم. اولاً، دو ماده I_2 و S ، جامد خالص هستند، از این رو، غلظت آن‌ها ثابت است و دوماً، بر اثر کاهش فشار (افزایش حجم)، غلظت همه مواد گازی شکل موجود در تعادل کاهش می‌یابد، پس غلظت دو گاز HI و H_2S در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر خواهد بود. همچنین به دلیل افزایش حجم، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید با یکدیگر برابر و کمتر از تعادل اولیه می‌باشد. در مورد ثابت تعادل (K) هم باید گفت که به دلیل ثابت بودن دما، مقدار K تغییر نمی‌کند.

۲۹۴۳ (ب) موارد (الف)، (ب) و (ت) در تعادل مشاهده نمی‌شوند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): به دلیل مول‌های برابر گازی در طرفین، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. عبارت (ب):

نسبت توان دوم غلظت مولی فراورده به حاصل ضرب غلظت مولی واکنش‌دهنده‌ها، همان ثابت تعادل (K) است. می‌دانیم که K فقط تابع دما بوده و با تغییر حجم ظرف، تغییر نمی‌کند:

$$K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$

عبارت (پ): در تعادل $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$ ، تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها با تعداد مول گازی فراورده برابر است، از این رو، با افزایش حجم (کاهش فشار)، سرعت

هر دو واکنش رفت و برگشت به یک‌میزان کاهش می‌یابد و به همین دلیل، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. عبارت (ت): در سامانه‌های گازی بر اثر افزایش حجم، فشار سامانه کاهش می‌یابد.

B ۲۹۴۴ ۴ در جدول زیر غلظت مولی گازها در تعادل (۱)، لحظه کاهش حجم و تعادل (۲) آورده شده است. مشاهده می‌کنید که غلظت مولی گازها در لحظه کاهش حجم به غلظت مولی گازها در تعادل (۲) نزدیک‌تر است.

	[SO _۲]	[O _۲]	[SO _۳]
تعادل (۱)	$\frac{0.32}{10} = 0.032$	$\frac{0.16}{10} = 0.016$	$\frac{0.68}{10} = 0.068$
لحظه کاهش حجم	$\frac{0.32}{7.75} = 0.041$	$\frac{0.16}{7.75} = 0.021$	$\frac{0.68}{7.75} = 0.088$
تعادل (۲)	$\frac{0.30}{7.75} = 0.039$	$\frac{0.15}{7.75} = 0.019$	$\frac{0.70}{7.75} = 0.090$

بررسی سایر گزینه‌ها: **گزینه (۱)**: پس از برقراری تعادل‌های (۱) و (۲)، مقدار گاز SO_۳ از مقدار دو گاز دیگر بیشتر است. به بیان دیگر، مقدار قابل توجهی از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل شده‌اند، در صورتی که ثابت تعادل واکنش را در این دما محاسبه کنید، تقریباً به عدد $2.82 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}$ می‌رسید که عدد نسبتاً بزرگی است و نشان می‌دهد که واکنش در این دما پیشرفت خوبی دارد. **گزینه (۲)**: ثابت تعادل فقط تابع دما است و با تغییر حجم مقدارش تغییر نمی‌کند. **گزینه (۳)**: با توجه به برابر بودن ضرایب مولی گازهای SO_۲ و SO_۳ و نیز با توجه به اینکه با کاهش حجم، واکنش در جهت تعداد مول گازی کمتر (جهت رفت) پیشروی می‌کند، این عبارت درست است.

B ۲۹۴۵ ۴ در نخستین لحظه‌ای که حجم را افزایش می‌دهیم، غلظت همه گازهای موجود در تعادل کاهش می‌یابد، با توجه به این نکته، نمودارهای گزینه‌های (۱) و (۳) که کاهش ناگهانی غلظت را نشان نداده‌اند، نادرست هستند. از طرفی، طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین باید غلظت $\text{PCl}_5(\text{g})$ به تدریج کاهش و غلظت گازهای Cl_2 و PCl_3 به تدریج افزایش یابد. این روند تا جایی ادامه می‌یابد که به تعادل جدید برسیم و غلظت مواد دوباره ثابت شود. از آنجا که در تعادل جدید، حجم ظرف افزایش یافته است، غلظت همه گازها در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر می‌باشد. **B ۲۹۴۶ ۳** همه موارد به‌جز مورد اول درست هستند. اگر حجم ظرف واکنش را افزایش دهیم، فشار کاهش می‌یابد. به علت کاهش فشار، تعادل در جهت رفت حرکت می‌کند، اما با توجه به اینکه مقدار ثابت تعادل تغییری نمی‌کند و مقدار آن برابر با $K = [\text{CO}_2]$ است، غلظت CO_2 هم ثابت می‌ماند، ولی تعداد مول آن بیشتر می‌شود. همچنین به علت جابه‌جایی تعادل در جهت رفت، جرم CaCO_3 کاهش و جرم CaO افزایش می‌یابد. نمودار داده شده در صورت سؤال، کاملاً درست است.

B ۲۹۴۷ ۴ بررسی گزینه‌ها: **گزینه‌های (۱) و (۲)**: اگر حجم ظرف را نصف کنیم، تعادل به سمت تولید تعداد مول گازی کمتر (جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. با توجه به اینکه $K = [\text{CO}_2]$ است و به علت یکسان بودن دما، مقدار K ثابت می‌ماند، $[\text{CO}_2]$ هم ثابت است و با نصف شدن حجم ظرف، تعداد مول CO_2 هم نصف می‌شود. **گزینه (۳)**: با توجه به برابر بودن دما در هر دو ظرف، مقدار K ثابت می‌ماند و از آنجا که فشار تعادلی گاز CO_2 تنها به مقدار K بستگی دارد، فشار تعادلی CO_2 هم یکسان خواهد بود. **گزینه (۴)**: حضور $\text{CaO}(\text{s})$ و $\text{CaCO}_3(\text{s})$ برای برقراری تعادل الزامی است، اگرچه مول CO_2 در هر دو ظرف یکسان است؛ در واقع غلظت آن‌ها در محاسبه مقدار K تأثیری ندارد.

B ۲۹۴۸ ۳ عبارت دوم نادرست و سایر عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول**: در سامانه (II) تعداد مول مواد گازی واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها برابر است؛ در نتیجه تغییر فشار نمی‌تواند تعادل را جابه‌جا کند، اما وارد یا خارج کردن یکی از مواد می‌تواند تعادل را جابه‌جا کند. **عبارت دوم**: در هر دو سامانه (I) و (III) گاز NO_2 است. افزایش فشار در سامانه (III) منجر به جابه‌جایی تعادل به سمت تولید $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ و در سامانه (I) منجر به جابه‌جایی تعادل به سمت تولید گاز NO_2 می‌شود. **عبارت سوم**: با افزایش فشار، واکنش (I) به سمت تولید تعداد مول گازی کمتر حرکت می‌کند که همان جهت رفت واکنش است. **عبارت چهارم**: در صورت افزایش حجم، غلظت NO_2 در سامانه (III) کاهش می‌یابد که این امر منجر به کم‌رنگ شدن مخلوط تعادلی سامانه (III) می‌شود.

B ۲۹۴۹ ۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. بر اثر افزودن مقداری نمک پتاسیم سولفات به تعادل، رسوب باریم سولفات تشکیل شده و از غلظت یون باریم کاسته می‌شود. در نتیجه تعادل در جهت رفت حرکت می‌کند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف)**: در اثر جابه‌جایی تعادل در جهت رفت، جرم $\text{Cu}(\text{s})$ افزایش و جرم $\text{Ba}(\text{s})$ کاهش می‌یابد. با توجه به کمتر بودن جرم مولی مس نسبت به باریم، مجموع جرم مواد جامد موجود در تعادل کاهش می‌یابد. **عبارت (ب)**: رسوب باریم سولفات تشکیل می‌شود. **عبارت (پ)**: در اثر افزودن آب، تعادل مورد نظر در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود که جهت آن مخالف جهت حرکت تعادل ذکر شده در صورت سؤال است. **عبارت (ت)**: به علت حرکت تعادل در جهت رفت، غلظت $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ کاهش یافته و تعادل در جهت کاسته شدن از رنگ آبی پیشرفت بیشتری خواهد داشت.

نکته ترکیبی حجم سامانه در تعادل‌های گازی و محلول در آب: در سامانه‌های دارای تعادل گازی با تغییر حجم ظرف واکنش، غلظت اجزای گازی تغییر می‌کند و در نتیجه تعادل جابه‌جا می‌شود. به طریق مشابه در تعادل‌هایی که به حالت محلول انجام می‌شوند، افزودن آب مقطر به منزله افزایش حجم سامانه است و در نتیجه تعادل در جهت مول‌های محلول بیشتر پیش می‌رود. برای نمونه به معادله یونش اسید ضعیف HF در آب که معادله آن به صورت $\text{HF}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq})$ است، توجه کنید. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، با افزودن آب مقطر به محلولی که این تعادل در آن برقرار است، موجب می‌شود تا تعادل در جهت افزایش غلظت یون‌های محلول پیش برود که البته تعادل نمی‌تواند تمام این تأثیر اعمال شده را جبران کند؛ در نتیجه با وجود افزایش درجه یونش اسید، غلظت نهایی یون‌ها کمتر از حالت اول می‌شود.

C ۲۹۵۰ ۴ همه موارد نادرست‌اند. **بررسی موارد: مورد اول**: در تعادل اول، افزایش حجم باعث جابه‌جایی تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر (جهت رفت) می‌شود. در تعادل دوم افزودن $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s})$ تعادل را جابه‌جا نمی‌کند، زیرا این ماده جامد بوده و غلظت آن ثابت است. **مورد دوم**: در تعادل اول، با توجه به برابر بودن مجموع مول گازها در دو طرف واکنش، افزایش فشار نمی‌تواند تعادل را جابه‌جا کند. در تعادل دوم، افزودن سدیم هیدروکسید باعث کاهش غلظت یون H^+ می‌شود و تعادل را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند.
$$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$$

مورد سوم: در تعادل اول، افزودن HBr باعث کاهش غلظت یون OH^- می‌شود و تعادل را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند. در تعادل دوم پس از افزودن گاز هلیوم در دما و حجم ثابت، غلظت هیچ کدام از گازها تغییر نمی‌کند و به همین دلیل تعادل جابه‌جا نمی‌شود. **مورد چهارم:** افزودن آب منجر به کاهش غلظت مواد محلول در آب می‌شود. چون تعداد مول مواد محلول در سمت واکنش دهنده‌ها بیشتر است، غلظت واکنش دهنده‌ها بیشتر کاهش می‌یابد و تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. کاهش فشار، باعث جابه‌جایی تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی در جهت رفت می‌شود. **مورد پنجم:** سومین گاز فراوان در هوا که، گاز نجیب آرگون است. آرگون گازی بی‌اثر بوده و تأثیری بر تعادل ندارد. انحلال‌پذیری گازهای مثل O_2 در آب خالص بیشتر از آب شور (دارای نمک) است؛ پس اضافه کردن NaCl به آبی که با O_2 سیر شده، سبب کاهش انحلال O_2 در آب شده و تعادل $\text{O}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{g})$ را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند.

B ۲۹۵۱ ۲ با توجه به نمودار، معادله واکنش به صورت زیر است:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta[A] = 0/4 - 2 = -1/6 \text{ mol} \\ \Delta[B] = 0/8 - 0 = +0/8 \text{ mol} \\ \Delta[C] = 1/6 - 0 = +1/6 \text{ mol} \end{array} \right. \xrightarrow{\div 0/8} \left\{ \begin{array}{l} \text{واکنش دهنده} = 2 \text{ ضرب} \\ \text{B فراورده} = 1 \text{ ضرب} \\ \text{C فراورده} = 2 \text{ ضرب} \end{array} \right.$$

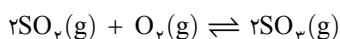
$$K = \frac{[\text{B}] \times [\text{C}]^2}{[\text{A}]^2} \Rightarrow 8 = \frac{(\frac{0/8}{V}) \times (\frac{1/6}{V})^2}{(\frac{0/4}{V})^2} \Rightarrow V = 1/6 \text{ L}$$

پس معادله واکنش به صورت: $2\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g}) + 2\text{C}(\text{g})$ است. برای محاسبه حجم سامانه داریم:

اگر حجم سامانه را به یک لیتر کاهش دهیم، تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کمتر جابه‌جا می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید شمار مول‌های گازی واکنش دهنده‌ها کمتر است؛ بنابراین تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۵۲ ۲ a. نشان‌دهنده تعداد مول O_2 در تعادل اولیه است، می‌توانیم با استفاده از مقدار K، این عدد را به دست آوریم.

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]} \Rightarrow 100 = \frac{(\frac{0/6 \text{ mol}}{\Delta L})^2}{(\frac{0/3 \text{ mol}}{\Delta L})^2 (\frac{a \text{ mol}}{\Delta L})} \Rightarrow a = 0/2 \text{ mol}$$



تعداد مول در تعادل اولیه	۰/۳	۰/۲	۰/۶
تغییر مول	-2x	-x	+2x
تعداد مول در تعادل جدید	۰/۳-2x	۰/۲-x	۰/۶+2x

با کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. بنابراین تعداد مول گازهای SO_2 و O_2 کاهش و تعداد مول SO_3 افزایش می‌یابد. البته این تغییرات مول با توجه به نسبت ضریب استوکیومتری آن‌ها انجام می‌شود. با استفاده از غلظت مولی SO_3 در تعادل جدید و حجم ظرف می‌توانیم تعداد مول این ماده را در تعادل جدید به دست آورده و سپس با توجه به آن، مقدار x را پیدا کنیم.

$$[\text{SO}_3]_{\text{تعداد جدید}} = 0/115 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow \text{تعداد مول SO}_3 \text{ در تعادل جدید} = 0/115 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 2 \text{ L} = 0/23 \text{ mol} \Rightarrow 0/3 - 2x = 0/23 \Rightarrow x = 0/035 \text{ mol}$$

$$[\text{SO}_3]_{\text{تعداد جدید}} = b = \frac{(0/6 + 2x) \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0/335 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow a + b = 0/2 + 0/335 = 0/535$$

C ۲۹۵۳ ۱ فرض می‌کنیم ۱ مول NH_3 در سامانه ۰/۷۵ لیتری قرار داده شده و پس از

مدتی تعادل برقرار می‌شود. پیشرفت ۵۰ درصدی به این معنی است که نیمی از آمونیاک (۰/۵ مول آمونیاک) تجزیه می‌شود و سپس واکنش به تعادل می‌رسد. مطابق داده‌های سؤال داریم:

اکنون مقدار K را به دست می‌آوریم.

$$K = \frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{(\frac{x}{0/75})(\frac{3x}{0/75})^3}{(\frac{1-2x}{0/75})^2} = \frac{(\frac{0/25}{0/75})(\frac{3(0/25)}{0/75})^3}{(\frac{1-2(0/25)}{0/75})^2} = \frac{1 \times 1}{3} = 0/75$$

پیشرفت ۸۰ درصدی به این معنی است که ۸۰ درصد از آمونیاک تجزیه شده و سپس واکنش به تعادل می‌رسد. با فرض اینکه مقدار اولیه آمونیاک برابر ۱ مول است، داریم:

$$2y = \frac{80}{100} (1) \Rightarrow y = 0/4 \text{ mol}$$

اکنون از روی مقدار K، حجم سامانه را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{(\frac{y}{V})(\frac{3y}{V})^3}{(\frac{1-2y}{V})^2} \Rightarrow 0/75 = \frac{(\frac{0/4}{V})(\frac{1/2}{V})^3}{(\frac{0/2}{V})^2} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{0/4 \times 1/2 \times 1/2 \times 1/2}{0/2 \times 0/2 \times V^2} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{2 \times 6 \times 1/2 \times 1/2}{V^2} \Rightarrow V^2 = 4 \times 4 \times 1/2 \times 1/2 \Rightarrow V = 4 \times 1/2 = 4/8 \text{ L}$$

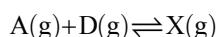


تعداد مول در تعادل اولیه	۱	۰	۰
تغییر مول	-2x	+x	+3x
تعداد مول در تعادل جدید	۱-2x	x	3x



تعداد مول در تعادل اولیه	۱	۰	۰
تغییر مول	-2y	+y	+3y
تعداد مول در تعادل جدید	۱-2y	y	3y

۲۹۵۴ C ابتدا ثابت تعادل را به دست می‌آوریم:



$$K = \frac{[X]}{[A][D]} = \frac{\frac{0.2}{4}}{\frac{0.2}{4} \times \frac{0.2}{4}} = \frac{4}{0.2} = 20$$

با کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول‌های گازی کمتر، یعنی در جهت رفت پیش می‌رود.
با تغییر حجم سامانه، ثابت تغییر نمی‌کند؛ بنابراین:

$$K = \frac{(0.2+x)}{(0.2-x)(0.2-x)} = 20 \Rightarrow 20(0.04 - 0.4x + x^2) = 0.2 + x$$

$$\Rightarrow 0.8 - 8x + 20x^2 = 0.2 + x \Rightarrow 20x^2 - 9x + 0.6 = 0$$

$$\Rightarrow x = \frac{9 \pm \sqrt{33}}{40} \Rightarrow \begin{cases} x = 0.3685 \text{ (غ ق)} \\ x = 0.0815 \text{ (ق ق)} \end{cases}$$

	$A(g)$	$D(g)$	$X(g)$
مول اولیه	۰/۲	۰/۲	۰/۲
تغییرات	-x	-x	+x
مول ثانویه	۰/۲-x	۰/۲-x	۰/۲+x

* توجه: دقت کنید که x نمی‌تواند ۰/۳۶۸۵ باشد؛ زیرا در این صورت غلظت A و D در تعادل ثانویه منفی به دست می‌آید.

$$X \text{ مول نهایی} = 0.2 + x = 0.2 + 0.0815 = 0.2815 \text{ mol}$$

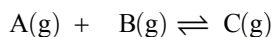
$$K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.1}{(0.1)(0.1)} = 100 \text{ mol}^{-1} \cdot L$$

۲۹۵۵ C با توجه به غلظت‌های اولیه مقدار ثابت تعادل را محاسبه می‌کنیم:

مول‌های اولیه A، B و C با توجه به حجم ۱۰ لیتری اولیه برابر ۰/۱ مول است. با کاهش حجم، تعادل به سمت مول گازی کمتر، یعنی سمت راست، جابه‌جا می‌شود ولی ثابت تعادل تغییری نمی‌کند.

$$K = \frac{(0.1+x)}{(0.1-x)(0.1-x)} = 100 \Rightarrow \frac{0.1+x}{(0.1-x)^2} = 100 \Rightarrow 0.1+x = 100(x^2 - 0.2x + 0.01)$$

$$\Rightarrow 0.1+x = 100x^2 - 20x + 1 \Rightarrow 100x^2 - 21x + 0.9 = 0$$



	$A(g)$	$B(g)$	$C(g)$
تعداد مول در تعادل اولیه	۰/۱	۰/۱	۰/۱
تغییر مول	-x	-x	+x
مول در تعادل جدید	۰/۱-x	۰/۱-x	۰/۱+x

$$\text{پاسخ معادله درجه ۲ به صورت } x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \text{ است و در این سؤال } a=100, b=-21, c=0.9 \text{ پس:}$$

$$x = \frac{21 \pm \sqrt{(21)^2 - 4(100)(0.9)}}{200} \Rightarrow x_1 = 0.15 \text{ (غ ق ق)}, x_2 = 0.06 \text{ (ق ق)}$$

چون ۰/۱۵ مول‌های A و B را منفی می‌کند، غیر قابل قبول است.

$$[A]_{\text{جدید}} = \frac{(0.1 - 0.06) \text{ mol}}{1 L} = 0.04 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[C]_{\text{جدید}} = \frac{(0.1 + 0.06) \text{ mol}}{1 L} = 0.16 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

۲۹۵۶ C در تعادل جدید مقدار مول هر یک از گازها را برابر x مول در نظر می‌گیریم؛ بنابراین داریم:

$$K = \frac{n_{N_2O_4}}{(n_{NO_2})^2} \times \left(\frac{1}{V}\right)^{1-2} \Rightarrow K = \frac{x}{x^2} \times 1^{-1} = \frac{1}{x}$$

در تعادل اولیه، جرم گازها برابر است، اگر مقدار هر یک از آنها x مول باشد، به ترتیب ۴۶x گرم NO_2 و ۹۲x گرم N_2O_4 در ظرف وجود خواهد داشت.

در شرایطی که جرم آنها برابر باشد، جرم هر کدام ۶۹x گرم خواهد بود و در این حالت مقدار دو گاز NO_2 و N_2O_4 به ترتیب برابر $\frac{3}{4}x$ و $\frac{3}{4}x$ است. در این

$$K = \frac{\frac{3}{4}x}{\left(\frac{3}{4}x\right)^2} \times V = \frac{1}{\frac{3}{4}x} \times V = \frac{1}{x} \Rightarrow V = 3L$$

فرایند دما ثابت است و مقدار ثابت تعادل تغییر نمی‌کند؛ بنابراین داریم:

بنابراین حجم اولیه ظرف واکنش برابر ۳ لیتر بوده است.

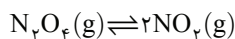
۲۹۵۷ C ابتدا ثابت تعادل را می‌یابیم (چون با تغییر حجم ظرف، ثابت تعادل تغییری نخواهد کرد).

$$? \text{ mol } N_2O_4 = 184 \text{ g } N_2O_4 \times \frac{1 \text{ mol } N_2O_4}{92 \text{ g } N_2O_4} = 2 \text{ mol } N_2O_4 \quad N_2O_4 \text{ غلظت} = \frac{2}{0.5} = 4 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$? \text{ mol } NO_2 = 46 \text{ g } NO_2 \times \frac{1 \text{ mol } NO_2}{46 \text{ g } NO_2} = 1 \text{ mol } NO_2 \quad NO_2 \text{ غلظت} = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(2)^2}{4} = 1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

با افزایش حجم ظرف به ۹ لیتر، تعادل به سمت مول گازی بیشتر (در جهت رفت) جابه‌جا خواهد شد:



مول اولیه	۲	۱
تغییرات	-x	+2x
مول در حین تعادل	2-x	1+2x
غلظت تعادلی	$\frac{2-x}{9}$	$\frac{1+2x}{9}$

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = 1 \Rightarrow \frac{(\frac{1+2x}{9})^2}{(\frac{2-x}{9})} = 1 \Rightarrow 4x^2 + 12x - 17 = 0 \Rightarrow x = 1 \text{ ق.ق.}, x = -\frac{17}{4} \text{ غ.ق.}$$

$$? \text{ mol } N_2O_4 = 2 - x \xrightarrow{x=1} \text{ mol } N_2O_4 = 1$$

$$? \text{ g } N_2O_4 = 1 \text{ mol } N_2O_4 \times \frac{92 \text{ g } N_2O_4}{1 \text{ mol } N_2O_4} = 92 \text{ g } N_2O_4$$

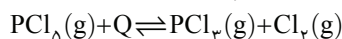
۳ ۲۹۵۸ A با سرد کردن یک واکنش گرماگیر، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار K کاهش می‌یابد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): برای یک واکنش معین

(چه گرماگیر و چه گرماده)، ثابت تعادل فقط تابع دما است، پس با تغییر دما، مقدار ثابت تعادل (K) هم تغییر می‌کند. گزینه‌های (۲) و (۴): طبق اصل لوشاتلیه، تعادل سعی می‌کند تا آنجا که امکان دارد با تغییر وارد شده مقابله کند، بنابراین هرگاه دما افزایش یابد، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که گرما را جذب (مصرف) کند و هرگاه دما کاهش یابد، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که گرما را آزاد (تولید) کند.

۲ ۲۹۵۹ A در تعادل داده شده $\Delta H < 0$ بوده و گرماده است، پس Q در سمت راست معادله واکنش قرار دارد. با افزایش دما، مانند این است که گرما (Q) وارد

سامانه تعادلی شده است، پس تعادل سعی می‌کند با این افزایش دما مقابله کند، از این‌رو، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود تا از این طریق، دما به تدریج کاهش یابد. با افزایش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، از این‌رو زمان رسیدن به تعادل، کاهش یافته و در مدت زمان کمتری تعادل برقرار می‌شود.

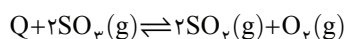
۲ ۲۹۶۰ A عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. در صورت سؤال، گرماگیر یا گرماده بودن واکنش مشخص نشده است، اما می‌دانیم که در واکنش‌های تعادلی، Q



سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد. با توجه به این نکته، واکنش مورد نظر گرماگیر است.

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از آنجا که واکنش گرماگیر می‌باشد، با افزایش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. عبارت (ب): از آنجا که واکنش گرماگیر می‌باشد، بر اثر افزایش دما، مقدار K افزایش می‌یابد، زیرا با افزایش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین غلظت فراورده‌ها افزایش و غلظت واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد، در نتیجه، مقدار K بزرگتر می‌شود. عبارت (پ): با افزایش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد. عبارت (ت): بر اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، غلظت PCl_5 کاهش و غلظت گازهای PCl_3 و Cl_2 افزایش می‌یابد.

۳ ۲۹۶۱ B تغییرات بیان شده در عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت)، رخ می‌دهند. در واکنش‌های تعادلی، Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، بنابراین واکنش



داده شده، گرماگیر است.

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با کاهش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت کاهش می‌یابد. عبارت (ب): بر اثر کاهش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، بنابراین تعداد مول گازها از ۳ مول در فراورده‌ها به ۲ مول واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد، با کاهش تعداد مول گاز موجود در تعادل، فشار گازهای داخل ظرف هم کم می‌شود. عبارت (پ): با کاهش دما، واکنش در جهت تولید گرما، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود، پس غلظت گازهای SO_2 و O_2 کاهش یافته و غلظت SO_3 افزایش می‌یابد، از این‌رو نسبت غلظت مولی فراورده‌ها به غلظت مولی واکنش‌دهنده ثابت نیست و کاهش می‌یابد. عبارت (ت): واکنش در جهت برگشت (چپ) جابه‌جا می‌شود.

۳ ۲۹۶۲ B تعادل داده شده گرماده است، بنابراین با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود که نتیجه آن کاهش تعداد مول H_2 و Br_2 و افزایش تعداد

مول HBr می‌باشد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با افزایش دما، تعادل اولیه به هم می‌خورد، از این‌رو طبق اصل لوشاتلیه تعادل سعی می‌کند با این افزایش دما مقابله کند، بنابراین تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود تا از این طریق، دما به تدریج کاهش یابد، اما به دلیل اینکه به‌طور معمول، تعادل نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، دما در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه، اندکی بیشتر خواهد بود.

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = (\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$$

گزینه (۲):

$$\Delta H_{\text{واکنش}} < 0 \Rightarrow (\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}) < 0$$

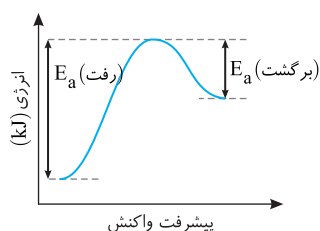
$$(\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}) < (\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها})$$

گزینه (۴): با افزایش دما، انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت تغییر نمی‌کند، بلکه شدت برخوردها و تعداد برخوردهای دارای انرژی کافی افزایش می‌یابد. تنها عاملی که موجب تغییر انرژی فعال‌سازی واکنش می‌شود، کاتالیزگر است.

۴ ۲۹۶۳ B همه عبارت‌ها درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): این واکنش در جهت برگشت گرماده است،

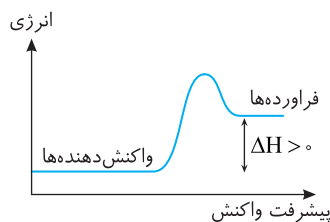
بنابراین با افزایش دما، ثابت تعادل آن کاهش می‌یابد. عبارت (ب): با توجه به گرماگیر بودن واکنش، با کاهش دما واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. عبارت (پ): در یک واکنش گرماگیر، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت (برگشت) E_a از انرژی فعال‌سازی واکنش رفت (رفت) E_a کوچک‌تر است، پس سطح انرژی قله نمودار به سطح

انرژی فراورده‌ها نزدیک‌تر می‌باشد. عبارت (ت): در تعادل‌های گرماگیر، ثابت تعادل (K) با دما، رابطه مستقیم دارد، از این‌رو با افزایش دما، مقدار ثابت تعادل افزایش می‌یابد. عبارت (ث): در واکنش‌های گرماگیر ($\Delta H > 0$)، مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌هاست.



۲۹۶۴ (A) بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): عبارت ثابت تعادل به صورت $\frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2}$ می‌باشد. پرسش (ب): با توجه به جدول در دمای $435^\circ C$ ، مقدار ثابت

تعادل بزرگ‌تر و پیشرفت واکنش بیشتر است. پرسش (پ): با افزایش دما، ثابت تعادل افزایش یافته، پس واکنش، گرماگیر است.



۲۹۶۵ (B) عبارت‌های اول، دوم و پنجم درست هستند. با توجه به اصل لوشاتلیه، در واکنش‌های گرماگیر با افزایش دما، واکنش در جهت رفت (مصرف گرما) پیش رفته در نتیجه ثابت تعادل واکنش افزایش می‌یابد؛ بنابراین واکنش مورد نظر گرماگیر است. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول و دوم: همان‌طور که گفته شد، این واکنش گرماگیر بوده و در نتیجه $\Delta H > 0$ است. عبارت سوم: از آنجایی که با افزایش دما، ثابت تعادل بزرگ‌تر شده است؛ بنابراین واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده است. عبارت‌های چهارم و پنجم: نمودار انرژی - پیشرفت این واکنش به صورت مقابل است: همان‌طور که مشاهده می‌کنید، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش دهنده‌ها بیشتر بوده و به سد انرژی (قله نمودار) واکنش نزدیک‌تر است.

۲۹۶۶ (B) عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. از آنجا که در واکنش‌های تعادلی، باید Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار گیرد، در این واکنش Q در سمت چپ قرار داشته و واکنش گرماگیر است.

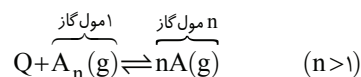
بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر محفظه تعادل را در مخلوط آب و یخ قرار دهیم، دما کاهش می‌یابد. پس تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و مقدار K کاهش می‌یابد. عبارت ثابت تعادل به صورت $K = [CO_2]$ بوده و فقط شامل غلظت گاز CO_2 است، پس با کاهش مقدار K، غلظت گاز CO_2 در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. عبارت (ب): با کاهش مقدار K و در نتیجه کاهش غلظت گاز CO_2 ، فشار گاز داخل ظرف هم در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد. عبارت (پ): $CaCO_3$ یک جامد خالص است، در نتیجه غلظت آن ثابت می‌ماند. عبارت (ت): در سمت چپ معادله واکنش، جامد خالص $CaCO_3$ و در سمت راست معادله واکنش، جامد خالص CaO را داریم؛ جرم این دو ماده با یکدیگر تفاوت دارد، بنابراین با کاهش دما و جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، جرم مواد جامد تغییر می‌کند. ۲۹۶۷ (B) از آنجا که با افزایش دما، مقدار بیشتری A تولید شده و از مقدار B کاسته شده است، می‌توان نتیجه گرفت که واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شده است. در واکنش‌های تعادلی گرماده، با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

* توجه در این واکنش تعداد مول مواد گازی سمت چپ و راست برابر است، بنابراین در رابطه ثابت تعادل به جای غلظت می‌توان از مول استفاده کرد (حجم ظرف را در نظر نمی‌گیریم).

$$300^\circ C : K = \frac{[B]}{[A]} = \frac{\frac{100-40}{100}}{\frac{40}{100}} = \frac{60}{40} = 1.5$$

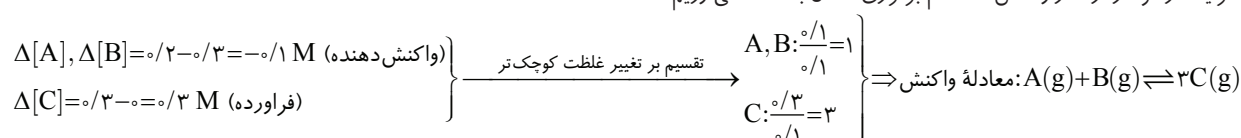
۲۹۶۸ (B) تعادل داده شده گرماده است، پس با افزایش دما، در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. بر اثر این جابه‌جایی، تعداد مول SO_3 کاهش و تعداد مول SO_2 و O_2 افزایش می‌یابد. البته تغییر تعداد مول‌ها باید به نسبت ضرایب استوکیومتری مواد انجام شود. در گزینه (۴)، تعداد مول SO_3 ، از ۲ مول به ۱ مول کاهش یافته است، یعنی تعداد مول SO_3 به اندازه ۱ مول کاهش پیدا کرده است. ضریب استوکیومتری SO_2 و SO_3 یکسان می‌باشد، از این‌رو، با جابه‌جایی تعادل به سمت چپ، تعداد مول SO_2 هم به اندازه ۱ مول افزایش یافته و از ۳ مول به ۴ مول می‌رسد. همچنین ضریب استوکیومتری O_2 ، نصف ضریب استوکیومتری SO_2 است، پس تعداد مول O_2 به اندازه ۰.۵ مول افزایش یافته و از ۲ مول به ۲.۵ مول می‌رسد.

۲۹۶۹ (B) عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست‌اند. می‌دانیم در واکنش‌های برگشت‌پذیر Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس باید Q را در سمت چپ قرار دهیم و واکنش داده شده، گرماگیر می‌باشد.



اگر محفظه واکنش را به یک منبع حرارتی نزدیک کنیم، دمای محفظه افزایش می‌یابد، پس طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و تعدادی از مولکول‌های A_n به مولکول‌های A تبدیل می‌شوند. به دلیل افزایش تعداد مول گاز، فشار مخلوط گازی داخل ظرف افزایش می‌یابد، اما به دلیل اینکه تعدادی از مولکول‌های A_n به مولکول‌های A تبدیل شده‌اند، ماهیت (نوع) گاز درون ظرف تغییر می‌کند.

۲۹۷۰ (B) عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. در قدم اول باید با استفاده از نمودار «غلظت - زمان» داده شده، معادله واکنش را بنویسیم. برای این کار، تغییر غلظت هر یک از مواد را از آغاز واکنش تا هنگام برقراری تعادل به دست می‌آوریم.



در واکنش‌های تعادلی، Q سمت مول گازی کمتر قرار دارد، پس در این واکنش، Q سمت چپ قرار داشته و واکنش گرماگیر می‌باشد. با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت C افزایش و غلظت A و B کاهش می‌یابد:

بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): چگالی مخلوط گازی از تقسیم جرم مخلوط گازی به حجم آن به دست می‌آید. حجم ظرف ثابت است، از طرفی، طبق قانون بقای جرم، مجموع جرم مخلوط گازی حین انجام واکنش ثابت است. عبارت (ب): با افزایش دما تعادل در جهت مصرف گرما یعنی جهت رفت جابه‌جا می‌شود و تعداد مول گازی افزایش می‌یابد.

عبارت (ب): با کاهش دما تعادل در جهت تولید گرما یعنی جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. **عبارت (ت):** در واکنش‌های گرماگیر، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت ((رفت) E_a)، بیشتر از انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت ((برگشت) E_a) است.

$$\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت}), \Delta H > 0 \Rightarrow E_a(\text{رفت}) > E_a(\text{برگشت})$$

۱ ۲۹۷۱ (A) با توجه به رابطه ((برگشت) E_a) - ((رفت) E_a)، $\Delta H = E_a(\text{رفت}) - E_a(\text{برگشت})$ ، اگر در واکنشی، E_a از ((برگشت) E_a) بزرگ‌تر باشد، $\Delta H > 0$ بوده و واکنش گرماگیر می‌باشد. در واکنش‌های گرماگیر، با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و مقدار K افزایش می‌یابد، بنابراین در این دسته از واکنش‌ها، دما و K ، رابطه مستقیم دارند. شیب نمودار K برحسب دما، تابع نوع واکنش است و برای واکنش‌های گرماگیر مختلف متفاوت می‌باشد.

۴ ۲۹۷۲ (B) عبارات‌های (پ) و (ت) درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** کمینه انرژی مورد نیاز برای انجام واکنش همان انرژی فعال‌سازی (E_a) است که مقدار آن با تغییر دما تغییر نمی‌کند. **عبارت (ب):** تفاوت سرعت واکنش در دمای T_1 و T_2 به دلیل تفاوت در انرژی جنبشی ذرات است. تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها نشان‌دهنده مقدار ΔH واکنش است که ارتباطی به سرعت واکنش ندارد. در واقع سرعت واکنش، عاملی سینتیکی ولی ΔH عامل ترمودینامیکی است. **عبارت (پ):** افزایش دما، سرعت همه واکنش‌های شیمیایی (چه گرماده-چه گرماگیر) را افزایش می‌دهد. **عبارت (ت):** اگر انرژی ذرات در دماهای T_1 و T_2 کمتر از E_a باشد، اصلاً واکنش انجام نمی‌شود و درصد تبدیل واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها در این دو دما یکسان و برابر صفر خواهد بود.

۳ ۲۹۷۳ (B) در نمودار داده شده، با افزایش دما، مقدار K کاهش یافته، بنابراین رابطه دما و K به صورت وارونه بوده و می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش گرماده است. در واکنش‌های تعادلی، Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس با توجه به گرماده بودن واکنش، می‌توانیم یک معادله فرضی برای واکنش به صورت $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + Q$ در نظر بگیریم. با افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و تعداد مول‌های گاز موجود در ظرف افزایش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** **گزینه (۱):** با افزایش دما، مقدار K کاهش می‌یابد، از این‌رو در دماهای بالا، واکنش از نظر پیشرفت نامساعدتر است. **گزینه (۲):** اگر Q را سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دهیم، واکنش داده شده در این گزینه، گرماده است. پس با نمودار صورت سؤال مطابقت دارد.

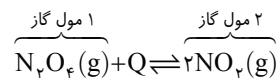
گزینه (۴): در اثر افزایش دما در تولید آمونیاک طبق معادله $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، زیرا یک واکنش گرماده است. اگر به عددهای جدول توجه کنید، متوجه می‌شوید که با افزایش دما، غلظت A افزایش و غلظت B کاهش یافته است، پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش مورد نظر گرماده بوده و بر اثر افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده است. به همین ترتیب می‌توانیم بیان کنیم که با توجه به گرماده بودن واکنش، با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):** در دمای $30^\circ C$ ، غلظت تعادلی A از غلظت تعادلی B کوچک‌تر است، پس نمی‌توانیم بیان کنیم که تعادل در جهت برگشت پیشرفت بسیار بیشتری نسبت به جهت رفت دارد. در حالی که غلظت واکنش‌دهنده به مقدار قابل توجهی از غلظت فراورده بیشتر باشد، تعادل در جهت برگشت پیشرفت بسیار بیشتری نسبت به جهت رفت دارد. **گزینه (۳):** نیازی به محاسبه عدد K نیست. یکای K برای تعادل $2A(g) \rightleftharpoons B(g)$ برابر $\text{mol}^{-1} \cdot L$ است.

$$K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0.72 \text{ mol} \cdot L^{-1}}{(0.25 \text{ mol} \cdot L^{-1})^2} = 11.52 \text{ mol}^{-1} \cdot L$$

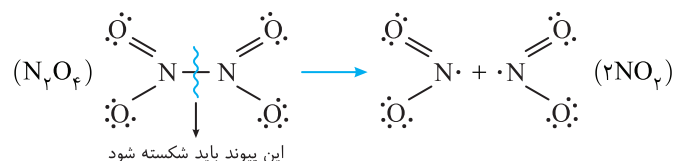
گزینه (۴): با کاهش دما، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت کاهش می‌یابد، اما به دلیل اینکه تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، میزان کاهش سرعت واکنش رفت از میزان کاهش سرعت واکنش برگشت کمتر می‌باشد.

۱ ۲۹۷۵ (B) در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس در این واکنش Q در سمت راست معادله واکنش قرار داشته و گرماده است. با کاهش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، از این‌رو باید غلظت SO_3 افزایش و غلظت SO_2 و O_2 کاهش یابد. توجه داشته باشید که تغییر غلظت مواد باید با توجه به ضرایب استوکیومتری آن‌ها انجام شود، به این ترتیب که به همان میزان که به غلظت SO_3 اضافه می‌شود، باید از غلظت SO_2 کم شود. همچنین میزان کاهش غلظت O_2 ، نصف میزان کاهش غلظت SO_2 است.

۱ ۲۹۷۶ (B) عبارت اول درست و سایر عبارت‌ها نادرست هستند. ابتدا باید گرماگیر و یا گرماده بودن واکنش را تعیین کنیم. در واکنش‌های تعادلی، Q سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس در این واکنش Q سمت چپ قرار داشته و واکنش گرماگیر می‌باشد.



از راه دیگری هم می‌توانیم به گرماگیر بودن واکنش برسیم. برای اینکه از یک مولکول N_2O_4 به دو مولکول NO_2 برسیم، باید پیوند بین اتم‌های نیتروژن در مولکول N_2O_4 شکسته شود. از آنجا که شکستن یک پیوند با صرف انرژی صورت می‌گیرد، واکنش داده شده گرماگیر است.



بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: دما در حالت (الف) کمتر است، پس طبق اصل لوشاتلیه، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و غلظت $NO_2(g)$ کاهش و غلظت $N_2O_4(g)$ افزایش می‌یابد، از این‌رو شمار مولکول‌های NO_2 در حالت (الف)، کمتر از حالت (ب) است. **عبارت دوم:** در حالت (ب)، دما بیشتر است، پس سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت در این حالت بیشتر از حالت (الف) است. **عبارت سوم:** مولکول‌های N_2O_4 بی‌رنگ هستند، دلیل افزایش شدت رنگ در حالت (ب)، افزایش غلظت مولکول‌های قهوه‌ای‌رنگ NO_2 می‌باشد. **عبارت چهارم:** واکنش رفت گرماگیر است و ΔH آن باید مثبت باشد.

عبارت‌های (ب) و (ث) درست هستند. در واکنش تعادلی داده شده، Q را سمت تعداد مول گازی کمتر قرار می‌دهیم $(N_2O_4(g) + Q \rightleftharpoons 2NO_2(g))$ ، پس واکنش گرماگیر می‌باشد. اگر به شکل‌ها دقت کنید، در شکل (۱)، مخلوط تعادلی درون مخلوط آب و یخ و در شکل (۲)، درون آب گرم قرار گرفته است. با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و تعداد مولکول‌های NO_2 افزایش و تعداد مولکول‌های N_2O_4 کاهش می‌یابد، از این‌رو در دمای بالاتر، نسبت تعداد مولکول‌های NO_2 به تعداد مولکول‌های N_2O_4 بیشتر می‌باشد. بنابراین شکل (۳)، مربوط به دمای بالاتر و شکل (۴)، مربوط به دمای پایین‌تر است. به عبارت دیگر، شکل (۳) نشان‌دهنده مخلوط تعادلی در دمای شکل (۲) بوده و شکل (۴) هم نشان‌دهنده مخلوط تعادلی در دمای شکل (۱) است. بررسی سایر عبارت‌ها: عبارت (پ): با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و تعداد مولکول‌های گازی موجود در ظرف افزایش می‌یابد، بنابراین فشار گاز درون محفظه شکل (۲) که دمای بالاتری دارد، بیشتر می‌باشد. عبارت (ت): به دلیل یکسان نبودن دما و جابه‌جایی تعادل، شمار مولکول‌های NO_2 و N_2O_4 در دو ظرف یکسان نیست، پس ماهیت مخلوط گازی موجود در دو ظرف متفاوت می‌باشد. عبارت (ث): اگر حجم ظرف را V لیتر در نظر بگیریم و هر ذره را معادل x mol در نظر بگیریم خواهیم داشت:

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Rightarrow \begin{cases} K_3 = \frac{(\lambda x)^2}{3x} \times \frac{1}{V} \Rightarrow K_3 = \frac{(\lambda x)^2}{3x} \times \frac{1}{V} = \frac{6x \times (\lambda x)^2}{3x \times (2x)^2} = 3^2 \\ K_4 = \frac{(2x)^2}{6x} \times \frac{1}{V} \Rightarrow K_4 = \frac{(2x)^2}{6x} \times \frac{1}{V} \end{cases}$$

$$K = \frac{[O_2] \times [SO_2]^2}{[SO_3]^2} = \frac{0.2 \times (0.4)^2}{(0.6)^2} = 0.2 \times \left(\frac{2}{3}\right)^2 = 8/8 \times 10^{-2}$$

۲۹۷۸ ۱ قسمت اول: رابطه ثابت تعادل به صورت مقابل است:

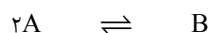
$$\frac{0.2 \times (0.4)^2}{(0.6)^2} = ? \xrightarrow{\text{دسته‌بندی و ساده کردن}} \frac{2 \times 4 \times 4 \times 10^{-1} \times 10^{-2}}{6 \times 6} = \frac{8 \times 10^{-1}}{9} = 8/8 \times 10^{-2}$$

+ توضیح محاسبات

قسمت دوم: به‌طور کلی در واکنش‌های تعادلی، علامت Q (گرما) در سمتی از معادله واکنش قرار دارد که شمار مول‌های گازی (g) کمتری وجود دارد؛ بنابراین علامت Q (گرما) در این معادله در سمت واکنش‌دهنده قرار گرفته و در نتیجه این تعادل در جهت رفت گرماگیر است؛ بنابراین ضمن انتقال مجموعه تعادل به آب جوش، واکنش در جهت مصرف گرما، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

۲۹۷۹ ۳ ابتدا به کمک ثابت تعادل و مول‌های تعادلی ضریب A را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{[B]}{[A]^a} \Rightarrow 25 = \frac{0.5}{\left(\frac{0.2}{2}\right)^a} \Rightarrow 25 = \frac{0.25}{(0.1)^a} \Rightarrow 100 = \frac{1}{10^{-a}} = 10^a \Rightarrow a = 2$$



غلظت اولیه	$\frac{0.5}{2} = 0.25$	$\frac{0.5}{2} = 0.25$
تغییر غلظت	$-2x$	$+x$
غلظت نهایی	$0.1 - 2x$	$0.25 + x$

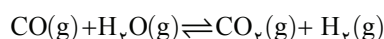
با توجه به اینکه واکنش گرماگیر است، علامت Q در سمت فرآورده قرار دارد. در این واکنش اگر دما را کاهش دهیم، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین داریم: با توجه به متن تست، در تعادل جدید تفاوت غلظت A و B برابر 0.24 مولار است؛ پس x برابر است با:

$$|[B] - [A]| = |(0.25 + x) - (0.1 - 2x)| = |0.15 + x + 2x| = |0.15 + 3x| = 0.24$$

از آن جا که x عددی مثبت است، مقدار x برابر است با: $0.15 + 3x = 0.24 \Rightarrow x = 0.03$

$$K' = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{(0.25 + 0.03)}{(0.1 - 2(0.03))^2} = \frac{0.28}{0.04 \times 0.04} = 175$$

۲۹۸۰ ۳ با توجه به گرماگیر بودن واکنش، با افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود، بنابراین غلظت گازهای CO و H_2O کاهش و غلظت گازهای CO_2 و H_2 افزایش می‌یابد. از آنجا که حجم ظرف ۱ لیتر است، پس غلظت هر گاز با تعداد مول آن برابر می‌باشد. در تعادل جدید، مقدار K برابر ۱۶ است.



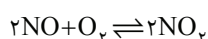
غلظت در تعادل اولیه	۱	۱	۳	۳
تغییر غلظت	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
غلظت در تعادل جدید	$1-x$	$1-x$	$3+x$	$3+x$

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 16 = \frac{(3+x)(3+x)}{(1-x)(1-x)} = \frac{(3+x)^2}{(1-x)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{از دو طرف تساوی جذر می‌گیریم}} 4 = \frac{3+x}{1-x} \Rightarrow x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H_2]_{\text{تعادل جدید}} = 3 + x = 3 + 0.2 = 3.2 \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{V=1L} n_{H_2} = 3.2 \text{ mol}$$

۲۹۸۱ ۱ در تعادل‌های گازی علامت Q سمت شمار مول گازی کمتر قرار می‌گیرد و در این سؤال چون در فرآورده، ۲ مول گاز و در واکنش‌دهنده، ۳ مول گاز داریم، علامت Q در سمت فرآورده قرار گرفته و تعادل گرماگیر است. با کاهش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت تولید گرما (در این سؤال در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود؛ پس با توجه به اطلاعات مسئله، شمار مول مواد در تعادل اولیه و در تعادل جدید به صورت مقابل است:



تعادل اولیه	a	a	a
جابه‌جایی تعادل	$-2x$	$-x$	$2x$
تعادل جدید	$a-2x$	$a-x$	$a+2x$

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 [O_2]} \Rightarrow 0.5 = \frac{\left(\frac{a}{5}\right)^2}{\left(\frac{a}{5}\right)^2 \left(\frac{a}{5}\right)} \Rightarrow a = 1 \text{ mol}$$

$$a + 2x = (a - 2x) + (a - x) \Rightarrow a + 2x = 2a - 3x \Rightarrow 5x = a \Rightarrow x = \frac{a}{5} = \frac{10}{5} = 2 \text{ mol}$$

با توجه به اطلاعات سؤال در تعادل جدید داریم:

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 [\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{10+2(2)}{5}\right)^2}{\left(\frac{10-2(2)}{5}\right)^2 \left(\frac{10-2}{5}\right)} = \frac{\left(\frac{14}{5}\right)^2}{\left(\frac{6}{5}\right)^2 \left(\frac{8}{5}\right)} \approx 3/4$$

اکنون می‌توان ثابت تعادل جدید را محاسبه کرد:

$$K_1 = \frac{[\text{B}] \times [\text{C}]}{[\text{A}]} = \frac{\left(\frac{10}{1}\right) \times \left(\frac{10}{1}\right)}{\left(\frac{10}{1}\right)} = 10$$

ابتدا ثابت تعادل اولیه را که در دمای 100°C برقرار است (K_1) محاسبه می‌کنیم:

سپس برای محاسبه ثابت تعادل دوم که در دمای 400°C برقرار است (K_2)، از رابطه داده شده استفاده می‌کنیم. دقت کنید آنتالپی واکنش را باید برحسب ژول در رابطه قرار دهید:

$$-\log\left(\frac{K_2}{K_1}\right) = \frac{-38/3 \times 10^3}{19/15} \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{400}\right) = -2000 \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{400}\right) = 2000 \left(\frac{1}{400} - \frac{1}{500}\right) = 5 - 4 = 1$$

$$-\log\left(\frac{K_2}{K_1}\right) = 1 \Rightarrow \log \frac{K_2}{K_1} = -1 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = 10^{-1} \Rightarrow K_2 = 1$$

	A	B	C
غلظت اولیه	10	10	10
تغییر غلظت	+x	-x	-x
غلظت نهایی	10+x	10-x	10-x

با توجه به منفی بودن ΔH واکنش در جهت رفت می‌توان نتیجه گرفت که واکنش مورد نظر گرماده است؛ بنابراین افزایش دما موجب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت می‌شود. اکنون با توجه به ثابت تعادل جدید (K_2)، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$K_2 = \frac{[\text{B}] \times [\text{C}]}{[\text{A}]} \Rightarrow 1 = \frac{(10-x)(10-x)}{(10+x)} \Rightarrow x^2 - 20x + 100 = x + 10 \Rightarrow x^2 - 21x + 90 = 0 \Rightarrow (x-6)(x-15) = 0 \Rightarrow x = 6, x = 15$$

توضیح: مقدار x نمی‌تواند برابر 15 باشد زیرا در این صورت غلظت اجزای B و C عددی منفی به دست می‌آید که ممکن نیست!

	A	B	C
غلظت اولیه	$\frac{10+6}{10} = 1/6$	$\frac{10-6}{10} = 0/4$	$\frac{10-6}{10} = 0/4$
تغییر غلظت	-x	+x	+x
غلظت نهایی	$1/6 - x$	$0/4 + x$	$0/4 + x$

اکنون اگر حجم محفظه واکنش را به 10 لیتر برسانیم (حجم را 10 برابر کنیم) غلظت اجزای یک‌دهم برابر می‌شود سپس واکنش در جهت مول‌های گازی بیشتر (جهت رفت) جابه‌جا می‌شود. اکنون از ثابت تعادل جدید (K_2) داریم:

$$K_2 = \frac{[\text{B}] \times [\text{C}]}{[\text{A}]} \Rightarrow 1 = \frac{(0/4+x)(0/4+x)}{(1/6-x)} \Rightarrow 1/6 - x = x^2 + 0/8x + 0/16 \Rightarrow x^2 + 1/8x - 1/44 = 0 \Rightarrow (x+2/4)(x-0/6) = 0 \Rightarrow x = 0/6, x = -2/4$$

با توجه به اینکه می‌دانیم که واکنش در جهت رفت پیش رفته و این مسئله برایمان مجهول نیست؛ پس فقط می‌تواند برابر 0/6 مولار باشد. در نهایت داریم:

$$\text{مجموع غلظت مولی اجزاء} = ([\text{A}] + [\text{B}] + [\text{C}]) \times V = ((0/4 + 0/6) + (0/4 + 0/6)) \times 10 \text{ L} = 30 \text{ mol}$$

۲ ۲۹۸۳ A با کاهش حجم، تعادل $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. بنابراین تعداد مول

SO_2 و O_2 کاهش و تعداد مول SO_3 افزایش می‌یابد، اما توجه داشته باشید که با کاهش حجم، غلظت همه گازهای موجود در تعادل افزایش می‌یابد. بررسی سایر

گزینه‌ها: گزینه (۱): افزودن مقداری KI به تعادل $\text{PbI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{I}^{-}(\text{aq})$ موجب افزایش غلظت یون یدید شده و تعادل در جهت برگشت جابه‌جا

می‌شود. گزینه (۳): افزایش دما، موجب افزایش سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت شده و کاهش دما هم موجب کاهش سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت می‌شود.

گزینه (۴): با افزایش غلظت $\text{Cl}_2(\text{g})$ ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود.

۲ ۲۹۸۴ B عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با افزایش فشار (کاهش حجم)، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی

به سمت راست (در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود، بنابراین در اثر افزایش فشار، سرعت واکنش رفت، بیشتر از سرعت واکنش برگشت می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش

فشار، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، اما میزان افزایش سرعت واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است. عبارت (ب): در اثر افزایش غلظت

N_2 ، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، اما به‌طور معمول تعادل نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد و مقداری از تغییر

وارد شده در تعادل باقی می‌ماند، پس از جابه‌جایی تعادل، تمام ۵/۵ مول N_2 اضافه شده مصرف نمی‌شود. ضریب استوکیومتری N_2 و O_2 یکسان است، از این‌رو

تعداد مول O_2 هم به مقدار ۵/۵ مول کاهش نمی‌یابد. عبارت (پ): با کاهش دما واکنش در جهت تولید گرما پیش می‌رود و با توجه به اینکه واکنش به سمت تولید فراورده

پیش رفته، پس واکنش گرماده است. عبارت (ت): در این تعادل، تعداد مول گازی دو طرف معادله واکنش برابر است، بنابراین با کاهش حجم، تعادل جابه‌جا نمی‌شود.

۴ ۲۹۸۵ B با کاهش حجم ظرف، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت شمار مول گازی کمتر (برگشت) جابه‌جا می‌شود؛ اما دقت کنید که با کاهش حجم، غلظت مولی

همه گونه‌های گازی شرکت‌کننده در واکنش افزایش می‌یابد. تعادل داده شده گرماگیر است؛ از این‌رو طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما

(رفت) جابه‌جا می‌شود که بر اثر این جابه‌جایی غلظت مولی فراورده‌ها افزایش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): هر دو تغییر اعمال شده، تعادل را در جهت برگشت جابه‌جا می‌کند. **گزینه (۲):** با خارج کردن Cl_2 ، تعادل در جهت رفت (تولید Cl_2) جابه‌جا می‌شود؛ اما با تزریق SO_2 ، تعادل در جهت برگشت (مصرف SO_2) جابه‌جا می‌شود. **گزینه (۳):** با کاهش دما، تعادل در جهت برگشت (تولید گرما) جابه‌جا می‌شود و با کاهش حجم ظرف نیز تعادل در جهت شمار مول گازی کمتر (برگشت) جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۸۶ ۲ با کاهش حجم ظرف، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دارد، پس این واکنش گرماگیر است.

طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. ملاحظه می‌کنید که دو تغییر کاهش حجم ظرف و افزایش دما، موجب جابه‌جایی تعادل در دو جهت مخالف می‌شوند. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** I_2 یک جامد خالص است، بنابراین با اضافه یا کم کردن آن، تعادل جابه‌جا نمی‌شود. از طرفی با افزایش غلظت $HI(g)$ ، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. **گزینه (۳):** در اثر کاهش فشار (افزایش حجم)، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. استفاده از کاتالیزگر باعث جابه‌جایی تعادل نمی‌شود و فقط سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می‌دهد. **گزینه (۴):** افزودن مقداری از یک گاز بی‌اثر مانند $Ar(g)$ در دمای ثابت، موجب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود. اگر غلظت $H_2S(g)$ را افزایش دهیم، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۸۷ ۳ همه عبارت‌ها به جز مورد سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های اول و دوم:** در سامانه‌های تعادلی، با کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما جابه‌جا می‌شود و با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین در واکنش $2A(g) + D(g) \rightleftharpoons 2X(g)$ ، $\Delta H < 0$ ، با کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی در جهت مصرف گرما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و مقدار عددی ثابت تعادل کاهش می‌یابد. **عبارت‌های سوم و چهارم:** در سامانه‌های تعادلی، با افزایش فشار، تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر و با کاهش فشار، تعادل در جهت تعداد مول گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین در واکنش $2A(g) + D(g) \rightleftharpoons 2X(g)$ با افزایش فشار، تعادل در جهت رفت و با کاهش فشار تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. حواستان باشد که تغییر فشار در سامانه تعادلی باعث جابه‌جایی تعادل می‌شود، ولی مقدار عددی ثابت تعادل را تغییر نمی‌دهد؛ زیرا ثابت تعادل فقط وابسته به دما است.

B ۲۹۸۸ ۳ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب):** با توجه به هر کدام از نمودارها، با افزایش دما، غلظت فراورده (یعنی AB) کاهش یافته و به این ترتیب مقدار عددی ثابت تعادل کاهش می‌یابد و علامت Q در سمت راست واکنش قرار داشته و به این ترتیب واکنش گرماگیر است. **عبارت‌های (پ) و (ت):** در دمای ثابت، غلظت AB در P_1 بیشتر از P_2 است. با توجه به اینکه تعداد مول گازی سمت فراورده‌ها کمتر از واکنش‌دهنده‌هاست، پس P_2 بیشتر از P_1 است. همچنین با توجه به اینکه شیب نمودار P_2 از P_1 بیشتر است، می‌توان نتیجه گرفت که در فشارهای بالا، تأثیر دما بر میزان درصد AB (فراورده) در مخلوط تعادلی بیشتر است.

B ۲۹۸۹ ۲ در اثر کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، جابه‌جا می‌شود. با توجه به اینکه کاهش حجم، موجب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت شده است، ضریب استوکیومتری A از ضریب استوکیومتری B کوچک‌تر می‌باشد ($n > m$). با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود. از آنجا که در اثر افزایش دما، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده، Q در سمت چپ معادله واکنش قرار داشته و واکنش رفت گرماگیر می‌باشد.

B ۲۹۹۰ ۴ طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی سمت راست جابه‌جا می‌شود. افزایش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، نیز باعث جابه‌جایی تعادل به سمت راست می‌شود و دو برابر کردن غلظت واکنش‌دهنده‌ای که ضریب استوکیومتری بزرگ‌تری دارد، تأثیر بیشتری بر جابه‌جایی تعادل به سمت راست دارد؛ زیرا تعادل برای جبران آن باید به میزان بیشتری جابه‌جا شود.

B ۲۹۹۱ ۲ طبق اصل لوشاتلیه، اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که با عامل مزاحم مقابله کرده و تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند؛ بنابراین در واکنش‌های تعادلی گرماگیر، با افزایش دما تعادل در جهت رفت (در جهت تولید فراورده‌ها) جابه‌جا می‌شود تا گرمای اضافه شده را مصرف کند؛ بنابراین تعادل مورد نظر سؤال یک تعادل گرماگیر است. همان‌طور که می‌دانید، در سامانه‌های تعادلی که تعداد مول گازی در دو طرف معادله یکسان نیست، علامت Q در سمتی از معادله قرار می‌گیرد که تعداد مول گازی کمتر است، پس از آنجا که علامت Q در سمت چپ معادله قرار گرفته، تعداد مول گازی فراورده‌ها بیشتر یا برابر واکنش‌دهنده‌هاست. اگر تعداد مول گازی فراورده‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها باشد، کاهش حجم سبب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت می‌شود و اگر تعداد مول گازی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها یکسان باشد، تغییر حجم سامانه بی‌تأثیر است. دقت داشته باشید که در دما و حجم ثابت، افزودن گاز بی‌اثر به سامانه تعادلی، بر غلظت مواد موجود در تعادل بی‌تأثیر است و نمی‌تواند سبب جابه‌جایی تعادل شود. با توجه به توضیحات ارائه شده پاسخ این تست گزینه (۳) می‌شود ولی سازمان سنجش گزینه (۲) را به عنوان پاسخ درست در نظر گرفته است.

B ۲۹۹۲ ۲ ابتدا باید معادله واکنش را مشخص کنیم. دو ماده A و B که غلظت آن‌ها در حال کاهش است، واکنش‌دهنده هستند و ماده C که غلظت آن در حال افزایش است، فراورده می‌باشد. تغییر غلظت هر یک از مواد را از آغاز واکنش تا زمان برقراری تعادل تعیین کرده و سپس آن‌ها را به تغییر غلظت کوچک‌تر تقسیم می‌کنیم:

$$\Delta[A] = (0.2 - 0.6) \times 10^{-2} = -0.4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}, \Delta[B] = (0.1 - 0.3) \times 10^{-2} = -0.2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}, \Delta[C] = (0.4 - 0) \times 10^{-2} = 0.4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$A: \frac{0.4 \times 10^{-2}}{0.2 \times 10^{-2}} = 2, B: \frac{0.2 \times 10^{-2}}{0.2 \times 10^{-2}} = 1, C: \frac{0.4 \times 10^{-2}}{0.2 \times 10^{-2}} = 2 \Rightarrow \text{معادله واکنش: } 2A + B \rightleftharpoons 2C, K = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{[0.4 \times 10^{-2}]^2}{[0.2 \times 10^{-2}]^2 [0.1 \times 10^{-2}]} = 4 \times 10^3 \text{ mol}^{-1} \cdot L$$

مقدار عددی ثابت تعادل بزرگ است ($K > 10^2$)، از این‌رو تعادل در سمت رفت پیشرفت بهتری دارد. با افزایش حجم ظرف از ۲ لیتر به ۴ لیتر، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت چپ (در جهت برگشت) جابه‌جا می‌شود. اگر Q را در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار دهیم، واکنش گرماگیر می‌شود ($2A + B \rightleftharpoons 2C + Q$)، بنابراین با کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود.

B ۲۹۹۳ ۱ عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با افزایش دما، مقدار ثابت تعادل هم افزایش یافته است. به عبارت دیگر دما با K رابطه مستقیم دارد؛ از این نکته می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش در جهت رفت گرماگیر بوده و $\Delta H > 0$ است.

(مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها) - (مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها) = $\Delta H_{\text{واکنش}}$

> 0 (مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها) - (مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها) $\Rightarrow > 0$ $\Delta H_{\text{واکنش}}$

(مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها) $>$ (مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها)

عبارت (ب): در تعادل داده شده، تعداد مول گازی دو طرف معادله واکنش برابر است، بنابراین با افزایش حجم، تعادل جابه‌جا نمی‌شود، اما غلظت همه گازهای موجود در تعادل کاهش می‌یابد. با کاهش غلظت گاز A که زرد رنگ می‌باشد، مخلوط گازی کم‌رنگ‌تر می‌شود. **عبارت (پ):** با افزایش فشار (کاهش حجم)، غلظت A(g) افزایش یافته و به همین دلیل شدت رنگ مخلوط گازی زیادتر می‌شود. **عبارت (ت):** با کاهش غلظت C(g) تعادل در جهت تولید آن، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، غلظت A(g) کاهش می‌یابد، از این‌رو شدت رنگ مخلوط گازی نیز کاهش می‌یابد.

۲۹۹۴ (B) تغییرات (ب) و (ث) باعث افزایش مقدار $\text{CaCO}_3(\text{s})$ می‌شوند. بررسی تغییرات: تغییر (الف): در واکنش‌های تعادلی، Q در سمت تعداد مول گازی کمتر قرار می‌گیرد. پس در این واکنش، Q در سمت چپ قرار داشته و واکنش در جهت رفت گرماگیر است.

$$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{Q} \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$$

با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود که در اثر آن، مقدار (تعداد مول) $\text{CaCO}_3(\text{s})$ کاهش و مقدار $\text{CaO}(\text{s})$ و $\text{CO}_2(\text{g})$ افزایش می‌یابد. **تغییر (ب):** طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، مقدار (تعداد مول) $\text{CaCO}_3(\text{s})$ افزایش می‌یابد. اما توجه داشته باشید که CaCO_3 یک جامد خالص و غلظت آن ثابت می‌باشد. **تغییر (پ):** با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر (که همان سمت راست است) جابه‌جا می‌شود، از این‌رو مقدار CaCO_3 کاهش می‌یابد. **تغییر (ت):** CaO یک جامد خالص است. به همین دلیل اضافه یا کم کردن آن اثری بر جابه‌جایی تعادل و مقدار CaCO_3 ندارد. **تغییر (ث):** با افزودن مقداری گاز CO_2 ، تعادل در جهت مصرف آن یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و باعث افزایش مقدار CaCO_3 خواهد شد.

۲۹۹۵ (B)

نکته ترکیبی برای آن که نوع تغییری که بر سامانه اعمال شده و موجب جابه‌جایی تعادل و تغییر غلظت‌های اجزای آن شده را تشخیص دهید کافیست به لحظه اعمال تغییر در نمودار «غلظت - زمان» توجه کنید. اگر در لحظه اعمال تغییر، غلظت همه گونه‌های گازی یا محلول هم‌زمان تغییر کند، یعنی تغییر حجم رخ داده است. اگر غلظت یکی از گونه‌ها به‌طور ناگهانی تغییر کند، یعنی با اضافه یا کم شدن آن گونه تعادل به هم خورده و اگر غلظت هیچ گونه‌ای در لحظه اعمال تغییر، ناگهانی دچار تغییر نشود، یعنی دمای سامانه تغییر کرده است.

واکنش تبدیل دی نیتروژن تترا اکسید به نیتروژن دی اکسید گرماگیر است؛ بنابراین Q در سمت واکنش‌دهنده قرار دارد.

$$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) + \text{Q} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$$

بررسی نمودارها: نمودار (الف): این نمودار مربوط به تغییری است که به تدریج موجب تغییر غلظت اجزاء شده است به‌طوری که غلظت فرآورده (NO_2) افزایش و غلظت واکنش‌دهنده (N_2O_4) کاهش یافته، چنین عاملی فقط می‌تواند مربوط به افزایش دما باشد؛ زیرا سایر عوامل همچون تغییر فشار (حجم محفظه) یا تغییر شمار مول‌های اجزاء، موجب یک تغییر ناگهانی در لحظه اعمال تغییر می‌شود. **نمودار (ب):** این نمودار افزایش لحظه‌ای هر دو جزء واکنش را نشان می‌دهد؛ بنابراین فقط می‌تواند مربوط به کاهش حجم سامانه باشد. حواستان باشد کاتالیزگر تأثیری بر تعادل ندارد و صرفاً سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌نسبت افزایش می‌دهد.

۲۹۹۶ (B) در صورتی که دمای سامانه را افزایش دهیم، تعادل در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود. در نتیجه تعادل مورد نظر، گرماگیر و معادله نمادی واکنش به‌صورت $m\text{A}(\text{g}) + \text{Q} \rightleftharpoons n\text{B}(\text{g})$ است. با توجه به اینکه نماد Q در واکنش‌های تعادلی سمت تعداد مول گازی کمتر است، $m < n$ می‌باشد. در این تعادل در اثر خارج کردن مقداری B از سامانه و در اثر افزایش حجم هم، تعادل به سمت شمار مول گازی بیشتر یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

۲۹۹۷ (B) عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. طبق شکل، ۲ ذره از A مصرف شده و ۴ ذره از B تولید شده است؛ بنابراین ضریب استوکیومتری B، ۲ برابر A است و واکنش به صورت $\text{A} \rightleftharpoons 2\text{B}$ خواهد بود. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۳ است. **عبارت (ب):** با افزایش حجم، تعادل در جهت مول گازی بیشتر، یعنی رفت جابه‌جا می‌شود. **عبارت (پ):** ۶ ذره از A معادل ۱/۵ مول بوده است؛ بنابراین هر ذره نشان دهنده ۰/۲۵ مول بوده و داریم:

$$K = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{\left(\frac{4 \times 0.25}{2}\right)^2}{\frac{4 \times 0.25}{2}} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

عبارت (ت): با برداشتن مقداری از B، تعادل در جهت تولید آن یعنی رفت جابه‌جا می‌شود؛ اما نمی‌تواند کاهش مقدار آن را به طور کامل تأمین کند؛ بنابراین غلظت هر دو نسبت به تعادل اولیه کاهش می‌یابد.

۲۹۹۸ (B) تعادل داده شده گرماده است، بنابراین با کاهش دما، به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت H_2 و I_2 کاهش و غلظت HI افزایش می‌یابد. اگر به عدد‌های جدول دقت کنید، متوجه می‌شوید که دقیقاً عکس این تغییرات اتفاق افتاده است، پس تغییر وارد شده بر تعادل، کاهش دما نیست. می‌توانیم مقدار K را در

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} \quad (1) \quad K = \frac{(8)^2}{(4)(4)} = 4 \quad (2) \quad K = \frac{(6)^2}{(5)(5)} = 1.44$$

هر دو تعادل محاسبه کنیم:

ملاحظه می‌کنید که مقدار K در دو تعادل یکسان نیست، از این‌رو تغییر وارد شده بر تعادل، افزایش حجم هم نیست. زیرا K فقط تابع دما است و با افزایش حجم مقدار K تغییر نمی‌کند. نتیجه نهایی این است که تغییر مورد نظر ما افزایش دما می‌باشد. با افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار K کاهش می‌یابد. همچنین به دلیل افزایش دما، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در تعادل جدید، بیشتر از تعادل اولیه است.

۲۹۹۹ (B) کاهش حجم ظرف در واکنش (I) بدون جابه‌جایی واکنش، باعث افزایش غلظت فرآورده‌ها می‌شود؛ همچنین کاهش دما در واکنش (II) که واکنشی گرماده است، باعث جابه‌جایی واکنش در جهت رفت و در نتیجه افزایش غلظت فرآورده‌ها می‌شود. بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱): واکنش (I) گرماگیر بوده و با افزایش دما واکنش در جهت رفت و تولید فرآورده‌ها پیشرفت می‌کند. با افزایش حجم در واکنش (II) واکنش در جهت برگشت پیشرفت می‌کند و غلظت فرآورده‌ها کاهش می‌یابد. **گزینه (۳):** تغییرات غلظت گونه‌های درگیر در واکنش، نمی‌تواند بر ثابت تعادل آن واکنش تأثیری بگذارد، زیرا ثابت تعادل تنها با تغییر دما، تغییر می‌کند. **گزینه (۴):** کاهش فشار در واکنش (I) تأثیری بر جابه‌جایی واکنش نداشته، اما افزایش حجم در واکنش (II) سبب پیشرفت تعادل در جهت برگشت می‌شود.

۱ ۳۵۰۰ فقط عبارت اول درست است. واحد ثابت تعادل یک واکنش به صورت زیر تعیین می‌شود:

مجموع ضرایب واکنش دهنده - مجموع ضرایب فرآورده (mol.L^{-1})

با توجه به واحد ثابت تعادل این واکنش خواهیم فهمید که $b > a$ و $b = a + 1$ است و می‌توان واکنش را به صورت $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ فرض کرد. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: با افزایش حجم ظرف واکنش، تعادل به سمت مول گازی بیشتر یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. از این‌رو مقدار گاز B زیاد و مقدار گاز A کم می‌شود؛ اما چون حجم ظرف بیشتر شده غلظت هر دو گاز نسبت به تعادل اولیه کمتر است. عبارت دوم: در تعادل‌ها، علامت Q در سمتی که مجموع ضرایب استوکیومتری مواد گازی کمتر باشد قرار می‌گیرد؛ بنابراین این واکنش برخلاف واکنش هابر، گرماگیر است و پایداری فرآورده‌ها در آن کمتر است. عبارت سوم: افزایش فشار باعث جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت شده، در حالی که افزودن گاز A باعث جابه‌جایی تعادل در جهت رفت می‌شود. عبارت چهارم: دما در شرایط استاندارد نسبت به اتاق، کمتر است. این واکنش گرماگیر است و با کاهش دما تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و میزان پیشرفت واکنش و اندازه ثابت تعادل آن کاهش می‌یابد.

۱ ۳۵۰۱ موارد (الف) و (ب) عبارت داده شده را به درستی تکمیل نمی‌کنند. بررسی موارد: مورد (الف): واکنش تهیه آمونیاک واکنشی گرماگیر است. در واکنش‌های گرماگیر ضمن افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و در نتیجه ثابت تعادل کاهش می‌یابد. مورد (ب): در واکنش $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ ، با کاهش حجم سامانه، فشار افزایش یافته و تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر، یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. در این فرایند به دلیل ثابت ماندن دما، غلظت CO_2 ثابت می‌ماند و چون دیگر مواد شرکت‌کننده در واکنش جامد هستند، غلظت آن‌ها نیز ثابت خواهد بود. مورد (پ): در تعادل‌های گازی، افزایش فشار موجب جابه‌جایی تعادل در جهت مول‌های گازی کمتر می‌شود. با توجه به اینکه در تعادل ذکر شده، مجموع ضرایب اجزاء در دو طرف واکنش با هم برابر است، افزایش فشار فقط غلظت اجزاء را افزایش می‌دهد و نمی‌تواند موجب جابه‌جایی تعادل شود. مورد (ت): در واکنش‌های تعادلی، افزودن کاتالیزگر صرفاً سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را به یک‌نسبت افزایش می‌دهد و سبب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود.

۱ ۳۵۰۲ موارد (الف)، (ب) و (ت) برای تکمیل جمله داده شده مناسب هستند. Q در معادله واکنش در سمتی قرار می‌گیرد که تعداد مول گازی کمتری دارد. بررسی موارد: مورد (الف): در این معادله Q در سمت راست معادله واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به ترتیب به سمت چپ، راست و چپ جابه‌جا می‌کند. مورد (ب): در این واکنش Q در سمت چپ معادله واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به ترتیب به سمت راست، چپ و راست جابه‌جا می‌کند. مورد (پ): در این واکنش Q در سمت راست معادله واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به ترتیب به سمت چپ، راست و چپ جابه‌جا می‌کند. مورد (ت): در این واکنش Q در سمت چپ معادله واکنش قرار می‌گیرد. در نتیجه افزایش دما، فشار و حجم واکنش را به ترتیب به سمت راست، چپ و راست جابه‌جا می‌کند.

۴ ۳۵۰۳ در شکل داده شده، ۵ مولکول $SO_3(g)$ وجود دارد که با توجه به آن می‌توانیم غلظت اولیه $SO_3(g)$ را به دست آوریم:

$$[SO_3] = \frac{(\Delta \times 10^{-1}) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 5 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

با افزایش حجم، تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، تعداد مول SO_3 کاهش و تعداد مول SO_2 و O_2 افزایش می‌یابد، اما غلظت هر سه گاز کاهش می‌یابد، به همین دلیل غلظت SO_3 در تعادل جدید باید کوچک‌تر از $5 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ باشد و غلظت $5 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ برای این ماده قابل قبول نیست. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در شکل داده شده، ۵ مولکول SO_3 وجود دارد. با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود، از این‌رو، تعداد مولکول‌های SO_3 افزایش می‌یابد و می‌تواند برابر با ۷ مولکول شود. گزینه (۲): در اثر افزودن مقداری $SO_3(g)$ به ظرف، تعادل در جهت مصرف آن و به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در سمت چپ تعداد مول‌های بیشتری قرار دارد، پس در نتیجه تعداد مول‌های گازی افزایش می‌یابد. گزینه (۳): در اثر کاهش دما، تعادل در جهت تولید گرما، یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در سمت چپ ۳ مول گاز (۲ مول SO_3 و ۱ مول O_2) و در سمت راست ۲ مول گاز (۲ مول SO_3) داریم. در نتیجه با جابه‌جایی تعادل به سمت راست، تعداد مولکول‌های گاز موجود در ظرف کاهش می‌یابد.

۱ ۳۵۰۴ واکنش گرماگیر است. پس در اثر افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و غلظت

گازهای C و D کاهش و غلظت گازهای A و B افزایش می‌یابد. حجم ظرف برابر با ۱ لیتر است، از این‌رو غلظت هر ماده با تعداد مول آن برابر می‌باشد.

$$[D] = 5 - x = 4 \Rightarrow x = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[A] = [B] = 1 + x = 1 + 1 = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[C] = 2 - x = 2 - 1 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

اگر ۳ مول C را به تعادل بیفزاییم، تعادل در جهت مصرف C، یعنی به سمت چپ جابه‌جا می‌شود.

$$[D]_{\text{نهایی}} = 4 - y = 3 \Rightarrow y = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[B]_{\text{نهایی}} = 2 + y = 2 + 1 = 3 \text{ mol.L}^{-1}$$

	A	+	B	$\rightleftharpoons$	C	+	D
تعادل اولیه	۱		۱		۲		۵
تغییر غلظت	+x		+x		-x		-x
تعادل جدید	۱+x		۱+x		۲-x		۵-x

	A	+	B	$\rightleftharpoons$	C	+	D
تعادل اولیه	۲		۲		۱+۳		۴
تغییر غلظت	+y		+y		y		y
تعادل جدید	۲+y		۲+y		۴-y		۴-y

۴ ۳۵۰۵ معادله این تعادل به صورت $dD(g) \rightleftharpoons aA(g) + bB(g)$ است. در اثر کاهش دما از غلظت A و B کاسته و بر غلظت D افزوده شده است، به عبارتی واکنش در جهت برگشت حرکت کرده است. در نتیجه تعادل مورد نظر گرماگیر است و $(d < a + b)$. حال اگر معادله این واکنش را به‌طور فرضی به‌صورت $dD(g) \rightleftharpoons aA(s) + bB(s) + Q$ در نظر بگیریم، این تعادل باید گرماگیر باشد، زیرا نماد Q در تعادل باید سمت تعداد مول گازی کمتر باشد. در یک تعادل گرماگیر با کاهش دما، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): با افزایش دما سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد. گزینه (۲): در اثر افزایش حجم، غلظت تمام مواد گازی در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه کمتر خواهد بود. گزینه (۳): تعادل نمی‌تواند اثر افزایش دما را به‌طور کامل خنثی کند. بنابراین دمای تعادل جدید اندکی بیشتر از تعادل اولیه خواهد بود.

عبارت K برای تعادل $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ به صورت $K = [\text{CO}_2]$ می‌باشد. K فقط تابع دما است، پس در این تعادل، غلظت CO_2 ، فقط تابع دما می‌باشد. اگر در دمای ثابت، حجم ظرف دو برابر شود، ابتدا غلظت CO_2 کاهش می‌یابد، اما در اثر جابه‌جایی تعادل به سمت راست، کاهش غلظت CO_2 به‌طور کامل جبران شده و دوباره به همان غلظت قبلی می‌رسد. مقدار K و غلظت CO_2 در تعادل جدید با تعادل اولیه یکسان است. به همین ترتیب اگر غلظت CO_2 را در دمای ثابت افزایش دهیم، ابتدا غلظت گاز CO_2 افزایش یافته اما تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و تمام CO_2 اضافه شده را مصرف می‌کند و باز هم به همان غلظت اولیه می‌رسد.

فقط عبارت (ب) نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): اگر شیر (۱) را باز کنیم، حجم در اختیار مولکول‌های گاز افزایش می‌یابد. با افزایش حجم، غلظت هر دو گاز NO_2 و N_2O_4 کاهش می‌یابد. با کاهش غلظت NO_2 ، شدت رنگ سامانه تعادلی کاهش می‌یابد. عبارت (ب): درون محفظه E، گاز N_2O_4 وجود دارد. اگر گاز درون این محفظه را به تعادل محفظه A بیفزاییم، تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت گاز NO_2 که قهوه‌ای رنگ است، افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت NO_2 شدت رنگ سامانه تعادلی افزایش می‌یابد. عبارت (پ): اگر مخلوط تعادلی را از محفظه A به محفظه C انتقال دهیم، دمای مخلوط تعادلی افزایش می‌یابد، از این‌رو تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و غلظت مولکول‌های NO_2 افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت NO_2 شدت رنگ سامانه تعادلی افزایش می‌یابد. عبارت (ت): درون محفظه D، گاز NO_2 وجود دارد. اگر گاز درون این محفظه را به تعادل محفظه A اضافه کنیم، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، اما به دلیل اینکه تعادل به‌طور معمول نمی‌تواند اثر تغییر وارد شده را به‌طور کامل از بین ببرد، غلظت NO_2 در تعادل جدید بیشتر از تعادل اولیه می‌باشد و به همین دلیل، شدت رنگ سامانه تعادلی افزایش می‌یابد.

حجم ظرف یک لیتر است پس غلظت گازهای A، B، C و D به ترتیب برابر ۱، ۲، ۴ و ۵ مول بر لیتر است. مقدار K اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$K_1 = \frac{[\text{C}][\text{D}]}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{2 \times 5}{1 \times 1} = 10$$

	A	+	B	$\rightleftharpoons$	C	+	D
غلظت اولیه	۱		۱		۲		۵
تغییرات غلظت	+x		+x		-x		-x
غلظت نهایی	۱+x		۱+x		۲-x		۵-x

با افزایش دما مقدار ثابت تعادل به $\frac{1}{10}$ مقدار اولیه خود یعنی ۱ رسیده است. بنابراین

تعادل گرماده است و در اثر افزایش دما به سمت چپ می‌رود.

$$K_2 = \frac{1}{10} K_1 = \frac{1}{10} (10) = 1 \Rightarrow K_2 = \frac{(5-x)(2-x)}{(1+x)^2} = 1$$

$$\Rightarrow x^2 + 2x + 1 = x^2 - 7x + 10 \Rightarrow 9x = 9 \Rightarrow x = 1$$

پس غلظت‌های گازهای A، B، C و D به ترتیب برابر ۲، ۲، ۴ و ۱ مول بر لیتر می‌شود. با افزایش ۳ مول C، تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود اما مقدار K تغییر نخواهد کرد.

$$K_3 = K_2 = 1 \Rightarrow K_3 = \frac{(4-x')^2}{(2+x')^2} = 1 \Rightarrow \frac{4-x'}{2+x'} = 1 \Rightarrow 4-x' = 2+x' \Rightarrow x' = 1$$

پس غلظت B در نهایت به ۳ مول بر لیتر می‌رسد.

معادله واکنش تعادلی انجام شده با توجه به نمودار «مول - زمان» داده شده به صورت زیر است:

$$2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g), K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{B}] \times [\text{A}]^2} = \frac{\left(\frac{4}{2}\right)^2}{\left(\frac{2}{2}\right) \times \left(\frac{2}{2}\right)^2} = 4$$

با افزودن گازهای A و C و از طرفی افزایش حجم ظرف واکنش، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود: ابتدا مقدار مول A و C اضافه شده به تعادل را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol A} = 40 \text{ g A} \times \frac{1 \text{ mol A}}{40 \text{ g A}} = 1 \text{ mol A}$$

$$? \text{ mol C} = 60 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{20 \text{ g C}} = 3 \text{ mol C}$$

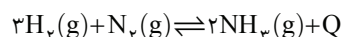
سپس به کمک جدول تغییر مول، مول تعادلی جدید را برحسب X محاسبه می‌کنیم. حجم ظرف در تعادل جدید برابر $12 \text{ L} (6 \times 2 \text{ L})$ لیتر است: پس با توجه به ثابت بودن دما، رابطه ثابت تعادل جدید

$$K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{B}] \times [\text{A}]^2} \Rightarrow 4 = \frac{\left(\frac{7-2x}{12}\right)^2}{\left(\frac{2+x}{12}\right) \times \left(\frac{3+2x}{12}\right)^2}$$

معادله بالا را به روش‌های معمول نمی‌توان حل کرد؛ لذا اعداد مختلف را در آن امتحان می‌کنیم که $x = 1$ برای آن جواب می‌دهد: بنابراین غلظت مولار گاز A در تعادل

$$[\text{A}] = \frac{3+2x}{V} = \frac{3+2(1)}{12} = \frac{5}{12} = 0.417 \text{ mol.L}^{-1}$$

نهایی برابر است با:

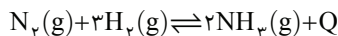


$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \times [\text{H}_2]^3}$$

معادله موازنه شده تشکیل آمونیاک از عناصر سازنده‌اش به صورت مقابل است:

معادله ثابت تعادل واکنش تعادلی در فرایند هابر به صورت مقابل است:

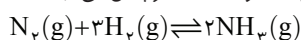
۳۰۱۱ (A) عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شده و باعث کاهش درصد مولی آمونیاک می‌شود. **عبارت (ب):** با افزایش فشار، یعنی کاهش حجم سامانه، تعادل به سمت مول گازی کمتر، یعنی سمت راست و تولید آمونیاک جابه‌جا می‌شود. **عبارت (پ):** واکنش تولید آمونیاک در فرایند هابر گرماده است.



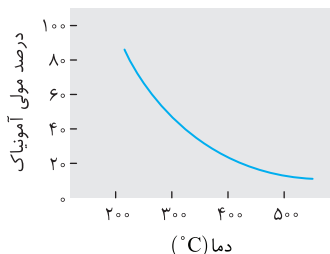
عبارت (ت): با افزایش دما در فرایند هابر، سرعت انجام واکنش بالا بود، اما پیشرفت واکنش کم بود. (به دلیل مقدار کم K)

۳۰۱۲ (A) فقط مورد دوم درست است. از آنجا که واکنش فرایند هابر، گرماده است، کاهش دما واکنش را به سمت راست و در جهت تولید آمونیاک بیشتر جابه‌جا می‌کند. اما از طرف دیگر، کاهش دما منجر به کاهش سرعت واکنش‌های رفت و برگشت می‌شود، بنابراین اگرچه تولید آمونیاک در دماهای پایین مطلوب به نظر می‌رسد، اما تعادل آن‌قدر آهسته برقرار می‌شود که تهیه آمونیاک در عمل امکان‌پذیر نخواهد بود. با وجود استفاده از کاتالیزگر، درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی مطلوب نیست و تنها ۲۸ درصد مخلوط تعادلی را آمونیاک تشکیل می‌دهد.

۳۰۱۳ (B) **بررسی گزینه‌ها: گزینه‌های (۱) و (۲):** واکنش تولید آمونیاک گرماده است، از این‌رو، در اثر افزایش دما، تعادل به سمت چپ جابه‌جا شده و مقدار آمونیاک تولید شده کاهش می‌یابد. افزودن کاتالیزگر موجب می‌شود که تعادل سریع‌تر برقرار شود. در واقع کاتالیزگر کمک می‌کند تا در دماهای به نسبت کمتری، آمونیاک سریع‌تر تشکیل شود و در نتیجه NH_3 به مقدار بیشتر و ارزان‌تر تولید شود. توجه داشته باشید که هرچه دما را افزایش دهیم، سرعت انجام واکنش‌های رفت و برگشت و مقدار فراورده زیاده‌تر می‌شود، اما با توجه به گرماده بودن واکنش، در اثر افزایش دما، پیشرفت واکنش رفت و مقدار فراورده کاهش می‌یابد. به همین دلیل در فرایند هابر سعی می‌کنند که به جای افزایش زیاد دما، با استفاده از کاتالیزگر، سرعت واکنش‌ها را افزایش دهند. توجه داشته باشید که کاتالیزگر تأثیری بر مقدار آمونیاک تولیدی ندارد. **گزینه (۳):** با افزایش فشار یا کاهش حجم در دمای ثابت، تعادل به سمت مول‌های گازی کمتر، یعنی تولید آمونیاک بیشتر پیش می‌رود.



گزینه (۴): در فرایند تولید آمونیاک به روش هابر، در شرایط بهینه، مقدار ۲۸ درصد مولی (حجمی) مخلوط گازها را آمونیاک و مقدار ۷۲ درصد مولی (حجمی) آن را گازهای هیدروژن و نیتروژن تشکیل می‌دهند.



۳۰۱۴ (B) عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** نمودار درصد مولی آمونیاک در دماهای مختلف به صورت روبه‌رو است. با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در مخلوط کمتر می‌شود. **عبارت (ب):** واکنش تولید آمونیاک یک واکنش گرماده است، پس انرژی فعال‌سازی رفت در واکنش تولید آمونیاک کمتر از انرژی فعال‌سازی برگشت است. **عبارت (پ):** در اثر کاهش دما تعادل به سمت راست و تولید آمونیاک پیش می‌رود و در اثر کاهش حجم هم تعادل به سمت مول گازی کمتر، یعنی تولید آمونیاک پیش می‌رود. **عبارت (ت):** با کاهش دما ثابت تعادل افزایش می‌یابد (واکنش گرماده)، پس در دمای $25^\circ C$ بیشترین مقدار ثابت تعادل از بین عددهای داده شده را دارد.

۳۰۱۵ (B) در شرایط بهینه تولید آمونیاک به روش هابر، تنها ۲۸ درصد مولی (نه جرمی!) مخلوط را آمونیاک تشکیل می‌دهد. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲):** در پایان برای جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش، از تفاوت زیاد در نقطه جوش آمونیاک با دو گاز دیگر استفاده می‌شود. **گزینه‌های (۳) و (۴):** فرایند هابر نمونه تاریخی جالبی از تأثیر پیچیده شیمی بر زندگی ماست. هرچند تولید آمونیاک توسط هابر باعث طولانی‌تر شدن جنگ جهانی اول گردید، اما به دنبال آن، شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فراورده‌های کشاورزی فراهم شد.

۳۰۱۶ (B) عبارت‌های (پ) و (ت) نادرست هستند. نمودار، نشان‌دهنده تأثیر افزایش فشار بر درصد مولی آمونیاک در مخلوط است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** در بازه ۰ تا ۱۰۰۰ اتمسفر میزان درصد مولی آمونیاک از صفر به حدود ۷۰ و در بازه ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ اتمسفر از حدود ۷۰ به حدود ۹۰ افزایش می‌یابد. **عبارت (ب):** با توجه به نمودار این مورد هم درست است. **عبارت (پ):** بر اثر افزایش دما، فرایند هابر در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و مقدار عبارت ثابت تعادل کاهش می‌یابد. در نتیجه نمودار تأثیر دما بر مقدار ثابت تعادل نزولی است. **عبارت (ت):** با توجه به داده‌های این عبارت، درصد مولی آمونیاک برابر ۲۸٪ است و می‌دانیم در فشار ۲۰۰ اتمسفر و در دمای $450^\circ C$ ، درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی به ۲۸٪ می‌رسد.

۳۰۱۷ (B) قسمت (۴)، سردکننده را نشان می‌دهد. در این قسمت دما را تا دمای $-40^\circ C$ کاهش می‌دهند. گاز آمونیاک در این محل به آمونیاک مایع تبدیل می‌شود. بین مولکول‌های آمونیاک پیوند هیدروژنی برقرار است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** قسمت (۱) محل ورود گازهای N_2 و H_2 به مخزن انجام واکنش است. با توجه به اینکه این دو گاز واکنش‌دهنده‌های فرایند هابر هستند، با ورود آن‌ها به مخزن، تعادل در جهت مصرف این دو گاز پیش می‌رود (جهت رفت) که این موضوع به پیشرفت بهتر فرایند هابر کمک می‌کند. **گزینه (۲):** قسمت (۲)، گرم‌کننده است. در این قسمت دمای گازهای وارد شده به مخزن تا $450^\circ C$ افزایش می‌یابد. قسمت (۳)، کاتالیزگر است که جنس آن از آهن می‌باشد و آهن جزء فلزهای واسطه است. **گزینه (۴):** در قسمت (۵)، آمونیاک و گازهای N_2 و H_2 حضور دارند، بنابراین در این قسمت، سه مولکول جمع‌آوری می‌شود. با توجه به اینکه آمونیاک فراورده فرایند هابر است، خارج کردن آن از مخزن موجب پیشرفت تعادل در جهت رفت می‌شود.

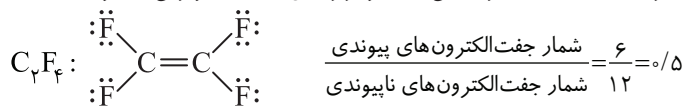
۳۰۱۸ (B) عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** عدد اکسایش نیتروژن در گاز نیتروژن، هیدرازین و آمونیاک به ترتیب برابر صفر، -۲ و -۳ است؛ بنابراین در هر دو واکنش عدد اکسایش اتم نیتروژن کم شده و کاهش می‌یابد. **عبارت (ب):** در این فرایند ابتدا مخلوط گازهای N_2 و H_2 را گرم کرده و سپس از مجاورت آهن عبور می‌دهند. **عبارت (پ):** دمای گرم‌کننده همان دمای مناسب انجام واکنش یعنی $450^\circ C$ بوده و دمای سردکننده کمی کمتر از دمای جوش آمونیاک ($-33^\circ C$) یعنی حدود $-40^\circ C$ است که تفاوت دمای آن‌ها در حدود $490^\circ C$ است. **عبارت (ت):** آمونیاک برخلاف دو گاز N_2 و H_2 قطبی است و نقطه جوش بیشتری دارد؛ بنابراین با سرد کردن مخلوط به ترتیب مولکول‌های NH_3 ، N_2 و H_2 جدا می‌شوند.

۳۰۱۹ (B) باید شرایطی مهیا باشد که هم ثابت تعادل بزرگ باشد و هم سامانه با سرعت بیشتری به تعادل برسد. اگر فشار را بالا ببریم، تعادل در جهت تعداد مول گازی کمتر، یعنی در جهت رفت و تولید متانول بیشتر جابه‌جا می‌شود. از طرف دیگر برای انجام شدن واکنش با سرعت مناسب، باید دما بالا باشد؛ زیرا اگر چه علامت Q در سمت راست معادله قرار دارد و بالا بردن دما تا حدودی باعث جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت و کوچک شدن ثابت تعادل (K) می‌شود؛ اما سامانه با سرعت بسیار بیشتری به تعادل می‌رسد و در کل متانول بیشتری خواهیم داشت؛ بنابراین انتخاب دما و فشار بالا، مناسب‌ترین شرایط را برای تولید متانول در این تعادل مهیا می‌کند.

۱ ۳۵۲۰ B دما در دو حالت a_1 و a_3 یکسان است، اما فشار در حالت a_3 بیشتر از حالت a_1 می‌باشد. با افزایش فشار، تعادل تولید آمونیاک به سمت تعداد مول گازی کمتر یعنی به سمت راست جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی تعداد مول و درصد مولی NH_3 در مخلوط تعادلی افزایش می‌یابد، بنابراین اگر a_1 برابر با ۵۱ درصد باشد، مقدار a_3 باید بزرگ‌تر از ۵۱ درصد بوده و نمی‌تواند برابر با ۲۸ درصد باشد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): دما در حالت a_4 از حالت a_3 بیشتر است. واکنش تولید آمونیاک، گرما ده باشد، در نتیجه با افزایش دما، مقدار K کاهش می‌یابد. پس مقدار K در حالت a_4 از حالت a_3 کوچک‌تر است. گزینه (۳): فشار در دو حالت a_1 و a_3 یکسان است اما دما در حالت a_3 بیشتر از حالت a_1 می‌باشد. با افزایش دما، تعادل تولید آمونیاک به سمت چپ جابه‌جا می‌شود. در اثر این جابه‌جایی، تعداد مول و درصد مولی NH_3 در مخلوط تعادلی کاهش می‌یابد. بنابراین اگر a_3 برابر با ۵ درصد باشد، مقدار a_4 بزرگ‌تر از ۵ درصد بوده و نمی‌تواند برابر با ۸۲ درصد باشد. گزینه (۴): دما و فشار در حالت a_4 از حالت a_1 بیشتر است. با افزایش دما و همچنین با افزایش فشار، سرعت واکنش افزایش می‌یابد، از این رو، سرعت واکنش در حالت a_4 از حالت a_1 بیشتر می‌باشد.

۱ ۳۵۲۱ B با توجه به جدول، با افزایش دما، مقدار K هم افزایش یافته، بنابراین در واکنش مورد نظر رابطه مقدار K با دما، مستقیم است. به همین دلیل واکنش گرماگیر بوده و $\Delta H > 0$ است. اگر به یکی از سطرها جدول دقت کنید، متوجه می‌شوید که در دمای ثابت، با افزایش فشار، درصد مولی C که فراورده واکنش است، کاهش یافته است. می‌دانیم که با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود، از این رو، باید مجموع ضریب‌های مولی گازها در فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بزرگ‌تر باشد و این شرط در واکنش گرماگیر گزینه (۱) وجود دارد.

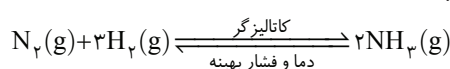
۲ ۳۵۲۲ B فقط عبارت (ث) درست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): بزرگ‌ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام واکنش میان گازهای N_2 و H_2 بود (نه فراهم کردن آن شرایط). عبارت (ب): هابر در سال ۱۹۱۸ میلادی به دلیل تهیه آمونیاک از گازهای H_2 و N_2 ، برنده جایزه نوبل شیمی شد. دقت کنید قبل از هابر نیز آمونیاک به روش‌هایی با بازده و سرعت پایین تولید می‌شد و ماده‌ای شناخته شده بود. عبارت (پ): در مخزن دستگاهی که برای تولید آمونیاک طراحی شده است سه گاز H_2 ، N_2 و NH_3 یافت می‌شود که مولکول‌های NH_3 می‌توانند بین خود پیوند هیدروژنی برقرار کنند. دقت کنید آمونیاک همانند سایر اجزا در این فرایند و برخلاف HF (با نقطه جوش $19^\circ C$) در شرایط STP به حالت گاز است. عبارت (ت): با افزودن مقداری N_2 به مخلوط تعادلی، تعادل در جهت مصرف آن به سمت رفت جابه‌جا می‌شود اما نمی‌تواند همه N_2 اضافه شده را مصرف کند و در مجموع مقدار N_2 نسبت به قبل افزایش می‌یابد؛ بنابراین مقادیر گازهای NH_3 ، N_2 و H_2 به ترتیب افزایش، افزایش و کاهش می‌یابد. عبارت (ث): در قسمتی از دستگاه که با حرف C مشخص شده، محل سرد کردن مخلوط گازی به منظور خروج آمونیاک از مخلوط گازی است. همان‌طور که می‌دانید تترافلوئورو اتن با ساختار زیر نوعی گاز سردکننده است:



۱ ۳۵۲۳ C معادله موازنه شده واکنش:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	۱۰	۳۰	۰
تغییر مول	-x	-3x	+2x
مول تعادلی	10-x	30-3x	2x



در فرایند هابر، درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی ۲۸ درصد است. برای به دست آوردن مقدار آمونیاک تولیدی از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

$$\text{مقدار مول کلی} = (10-x) + (30-3x) + 2x = 40 - 2x$$

$$\text{مقدار مول آمونیاک} = 2x$$

$$\text{درصد مولی آمونیاک} = \frac{2x}{2x + (10-x) + (30-3x)} \times 100 = 28 \Rightarrow x = 4.375 \text{ mol}$$

$$g \text{ NH}_3 = 8.75 \text{ mol NH}_3 \times \frac{17 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 148.75 \text{ g NH}_3$$

متأسفانه با توجه به برداشت اول که برداشت درستی است، جواب این سؤال در گزینه‌ها وجود ندارد و به احتمال زیاد طراح از متن کتاب درسی این گونه برداشت کرده که در شرایط بهینه و در حضور کاتالیزگر، ۲۸ درصد واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل می‌شود. اکنون این مسئله را با این برداشت حل می‌کنیم:

$$g \text{ NH}_3 = 10 \text{ mol N}_2 \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ mol N}_2} \times \frac{17 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} \times \frac{28}{100} = 95.2 \text{ g NH}_3$$

۱ ۳۵۲۴ C ابتدا تعداد مول هر سه ترکیب را حساب می‌کنیم:

$$N_2: \text{تعداد مول اولیه } N_2 = 392 \text{ g N}_2 \times \frac{1 \text{ mol N}_2}{28 \text{ g N}_2} = 14 \text{ mol N}_2$$

$$H_2: \text{تعداد مول اولیه } H_2 = 11 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} = 5.5 \text{ mol H}_2$$

$$NH_3: \text{تعداد مول تولیدی } NH_3 = 40.8 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} = 2.4 \text{ mol NH}_3$$

با توجه به اینکه در واکنش، ۲۴ مول NH_3 تولید شده است، به کمک ضریب استوکیومتری H_2 و NH_3 می‌توان به تعداد مول مصرفی N_2 و H_2 رسید.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	۱۴	۵۵/۵	۰
تغییرات مول	-۱۲	-۳۶	+۲۴
مول نهایی	۲	۱۹/۵	۲۴

$$N_2: \text{تعداد مول مصرفی } N_2 = \frac{24}{2} = 12 \text{ mol}, H_2: \text{تعداد مول مصرفی } H_2 = \frac{3}{2} \times 24 = 36 \text{ mol}$$

$$\text{درصد مولی آمونیاک در مخلوط} = \frac{\text{مول آمونیاک}}{\text{مجموع تعداد مول‌ها}} \times 100 = \frac{24}{45/5} \times 100 = 53.3\%$$

با توجه به نمودار در دمایی حدود $321^\circ C$ ، درصد مولی آمونیاک در مخلوط برابر ۵۳٪ می‌شود.

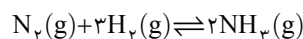
$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	۷	۷	۰
تغییر مول	-x	-۳x	+۲x
مول تعادلی	۷-x	۷-۳x	+۲x

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	۷-x	۷-۳x	۲x-۱
تغییر مول	-y	-۳y	+۲y
مول تعادلی	۷-x-y	۷-۳x-۳y	۲x+۲y-۱

۳ ۳۰۲۵ C معادله موازنه شده واکنش تعادلی تولید آمونیاک به روش هابر به صورت زیر است:



با توجه به آن برای محاسبه غلظت اجزای واکنش در تعادل اول داریم:

با توجه به اینکه ثابت تعادل واکنش مشخص نیست، نمی‌توان مقدار X را به دست آورد و لذا جدول دومی را هم همراه با همین اجزا رسم می‌کنیم. طبق این جدول، با کاهش شمار مول‌های آمونیاک تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود:

بر اساس فرض سؤال، غلظت نهایی آمونیاک برابر ۰/۳ مولار است؛ در نتیجه داریم:

$$NH_3 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{NH_3 \text{ مول تعادلی}}{\text{حجم ظرف}} = \frac{2x+2y-1}{10} = 0/3 \Rightarrow x+y=2$$

اکنون برای غلظت تک تک اجزاء داریم:

$$N_2 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{\Delta \text{mol}}{V} = \frac{1}{2} \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow N_2 \text{ غلظت تعادلی} = 7-x-y = 7-(x+y) = 7-2 = 5 \text{ mol} \Rightarrow N_2 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{5 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$H_2 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{1 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow H_2 \text{ غلظت تعادلی} = 7-3x-3y = 7-3(x+y) = 7-6 = 1 \text{ mol} \Rightarrow H_2 \text{ غلظت تعادلی} = \frac{1 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{(0/3)^2}{(1/2) \times (1/10)^3} = \frac{9 \times 10^{-2}}{1/2000} = 180 \text{ mol}^{-1}$$

در نهایت می‌توانیم ثابت تعادل واکنش را به دست آوریم:

+ توضیح محاسبات

$$\frac{(0/3)^2}{1/2 \times 1/1000} = ? \xrightarrow[\text{در نظر گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون}} \frac{9}{2} \times \frac{1}{1000} = \frac{9}{2000} = 0.0045$$

پاسخ از جنس عدد ۱۸ است. (پاسخ: ۱۸۰)

۳ ۳۰۲۶ B **بررسی گزینه‌های نادرست: گزینه (۱):** منابع شیمیایی ارزشمند مانند نفت خام، زغال‌سنگ، معادن مس، آهن و فیروزه در جهان به‌طور یکنواخت توزیع نشده‌اند. **گزینه (۲):** بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. **گزینه (۴):** فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است. همچنین خام‌فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است. راه دیگر برای فروش این منبع، تبدیل آن به فراورده‌های دیگر به کمک فناوری‌های شیمیایی است.

۴ ۳۰۲۷ B اولین و دومین عضو خانواده الکل‌های تک‌عاملی به ترتیب متانول و اتانول هستند که همانند اتیلن گلیکول و پلی‌اتن از محصولات نفت خام هستند.

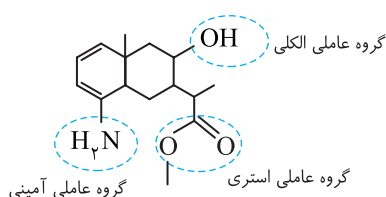
۲ ۳۰۲۸ B عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست: عبارت (ب):** قیمت فلز مس با خلوص ۹۹/۹ درصد نسبت به فلز مس با خلوص ۹۶ درصد به‌طور چشمگیری بیشتر است. **عبارت (ت):** با کمک فناوری‌های شیمیایی و تبدیل مواد خام و اولیه به فراورده‌های دیگر می‌توان آن‌ها را به قیمت بالاتری به فروش رساند.

۴ ۳۰۲۹ B همه عبارت‌ها درست هستند. فناوری را می‌توان به کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست (عبارت دوم). فناوری ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیکی و آموزشی از جمله فناوری‌هایی هستند که بشر امروزی از آن‌ها برای حل مسائل خود بهره می‌برد. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. برای نمونه دانشمندان و مهندسان با استفاده از دانش مواد و دانش الکتریسته و مغناطیس، وسایلی مانند تلفن و رایانه همراه و بی‌سیم طراحی و تولید می‌کنند (عبارت اول)، وسایلی که مشکل برقراری ارتباط را برطرف می‌سازند. شیمی‌دان‌ها نیز با استفاده از دانش شیمی، مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و با صرفه‌تر آن‌ها ارائه می‌کنند. آن‌ها همچنین به دنبال یافتن روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند. هر یک از این موارد بیانی از فناوری شیمیایی است (عبارت سوم). مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد (عبارت چهارم).

۱ ۳۰۳۰ B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** A، B و C به ترتیب نشان‌دهنده مواد خام، مواد اولیه مهم و پرکاربرد در صنایع دیگر و فراورده هدف هستند. **عبارت (ب):** فرایندهای (۱) و (۲)، فراوری مواد را نشان می‌دهند که در طی این فرایند قیمت محصولات فراوری شده تفاوت چشمگیری با مواد خام و اولیه دارد. **عبارت (پ):** در هر دو فرایند (۱) و (۲)، انرژی، آب، فناوری شیمیایی و نیروی انسانی مداخله دارند. **عبارت (ت):** مواد خام و اولیه موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.

۴ ۳۰۳۱ A هیدروکربن‌ها مانند آلکان‌ها، آلکین‌ها و ... گروه عاملی ندارند.

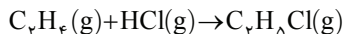
۲ ۳۰۳۲ A در این ساختار گروه‌های عاملی الکی، استری و آمینی وجود دارد.



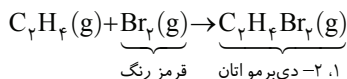
۳ ۳۰۳۳ A عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت نادرست: عبارت (الف):** تولید یک ماده آلی جدید می‌تواند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد.

از واکنش یک اسید آلی با یک الکل در شرایط مناسب می‌توان استر را تهیه کرد. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** شیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک ماده آلی را تغییر داده و به گروه عاملی دیگری تبدیل می‌کنند. **گزینه (۳):** شیمی‌دان‌ها به کمک دانش مربوط به ساختار و رفتار گروه‌های عاملی و دانستن شرایط و عوامل مؤثر بر انجام واکنش‌های شیمیایی از مواد خام یا اولیه در دسترس، ماده‌ای نو برای کاربردی معین سنتز می‌کنند. **گزینه (۴):** شواهد تجربی نشان می‌دهد که تفاوت در خواص مواد آلی (به‌عنوان مثال ادویه‌ها) به دلیل تفاوت در ساختار این مواد است. در واقع علت تفاوت در خواص مواد، تفاوت در شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر یا تفاوت در پیوند میان آن‌ها در گروه عاملی است.

فقط عبارت چهارم نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** گاز اتن یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشیمی است که می‌توان از آن مواد آلی گوناگون، پرمصرف و ارزشمند تهیه کرد. **عبارت دوم:** در اثر واکنش اتن با آب، اتانول تولید می‌شود. اسید موجود در سرکه، استیک اسید است و در اثر واکنش با اتانول به اتیل استات تبدیل می‌شود که به‌عنوان حلال چسب کاربرد دارد. **عبارت سوم:** از واکنش اتن با HCl، ماده «کلرواتان» تولید می‌شود. این ماده، ماده اصلی به کار رفته در افشانه‌های بی‌حس‌کننده است.

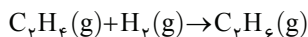


عبارت چهارم: معادله واکنش مورد نظر به‌صورت زیر است. نام $C_2H_4Br_2$ ، ۱، ۲-دی‌برمو اتان است. می‌دانیم آلکن‌ها با محلول برم مایع قرمز رنگ واکنش داده و محلولی بی‌رنگ تولید می‌کنند.

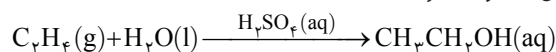


تفاوت جرم کلرو اتان که به‌عنوان افشانه بی‌حس‌کننده موضعی کاربرد دارد، با فرمول C_2H_5Cl و گاز اتن با فرمول C_2H_4 برابر جرم یک هالوژن (کلر) و یک اتم هیدروژن است. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** پلی‌اتن در دما و فشار مناسب طی یک واکنش پلیمری شدن از گاز اتن تولید می‌شود. **گزینه (۲):** برای تهیه اتیل استات از واکنش اتانول (الکل دوکربنی) با اتانوئیک اسید (استیک اسید) که همان اسید موجود در سرکه است، استفاده می‌کنیم. **گزینه (۳):** گاز اتان که به‌عنوان سوخت کاربرد دارد، از واکنش گاز اتن با گاز هیدروژن در حضور کاتالیزگر تولید می‌شود.

هیچ کدام از موارد، عبارت داده شده را به درستی کامل نمی‌کنند. **بررسی موارد: مورد اول:** معادله واکنش گاز هیدروژن با اتن به صورت زیر است:



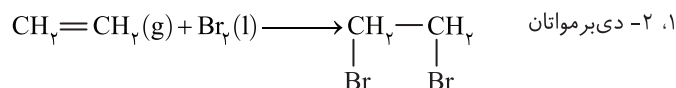
با توجه به معادله بالا، گاز اتان تولید می‌شود که در هر مولکول آن ۷ پیوند اشتراکی وجود دارد. دقت کنید از گاز بوتان برای سوخت فندک استفاده می‌کنند (نه اتان!). **مورد دوم:** معادله واکنش آب با گاز اتن به صورت زیر است:



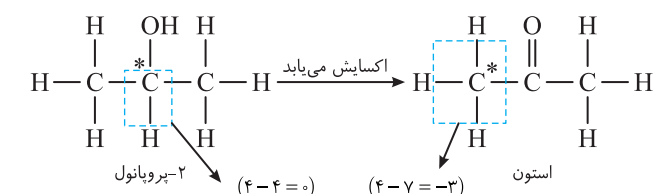
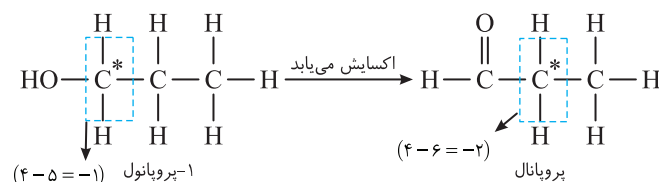
با توجه به آن، اتانول تولید می‌شود که دارای گروه عاملی هیدروکسیل بوده و به‌عنوان ضد عفونی‌کننده کاربرد دارد. دقت کنید گروه عاملی موجود در بنزآلدهید (ترکیب موجود در بادام) آلدیدی است (نه هیدروکسیل!). **مورد سوم:** معادله واکنش گاز کلر با اتن به صورت مقابل است:

$$C_2H_4(g) + Cl_2(g) \xrightarrow{FeCl_3(s)} CH_2ClCH_2Cl(g)$$

با توجه به معادله، ۱، ۲-دی‌کلرو اتان تولید می‌شود (نه وینیل کلرید!). **مورد چهارم:** از واکنش گاز اتن با برم مایع، ماده آلی «۱، ۲-دی‌برمو اتان» تولید می‌شود. هر گاه گاز اتن را در محلولی از برم وارد کنیم، رنگ قرمز محلول از بین می‌رود. این تغییر رنگ، نشانه انجام واکنش شیمیایی زیر است:

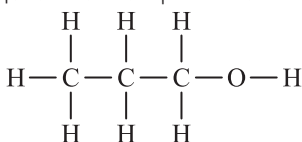


در این واکنش، یک مولکول برم به پیوند دوگانه «کربن-کربن» در مولکول اتن یا هر ترکیب آلی سیرنشده دیگری افزوده می‌شود و فرآورده‌ای سیرشده پدید می‌آید. همه هیدروکربن‌های سیرنشده در این واکنش شرکت می‌کنند، به گونه‌ای که این واکنش یکی از روش‌های شناسایی آن‌ها از هیدروکربن‌های سیرشده است. دقت کنید که با توجه به توضیحات ارائه شده، برم مایع برای شناسایی هیدروکربن‌های سیرنشده از سیرشده به کار می‌رود؛ (نه فرآورده واکنش بالا یعنی «۱، ۲-دی‌برمو اتان»!)



۳۰۳۸ **۳** واکنش‌های مطرح شده به‌صورت روبه‌رو هستند. اتم‌های کربنی که با ستاره مشخص شده‌اند، متصل به گروه عاملی هستند. عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در ۱- پروپانول برابر (۱-) و عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در پروپانال برابر (۲-) است. بنابراین تغییر عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در این واکنش برابر (۱-) است (یک واحد کاهش یافته است). اتم‌های کربنی که در واکنش‌های روبه‌رو با ستاره مشخص شده‌اند، متصل به گروه عاملی هستند. عدد اکسایش کربن متصل به گروه عاملی در (۲-) پروپانول برابر صفر و عدد اکسایش کربن متصل به گروه عاملی در استون برابر (۳-) است. بنابراین تغییر عدد اکسایش اتم کربن متصل به گروه عاملی در این واکنش برابر (۳-) است. تغییر عدد اکسایش کربن متصل به گروه عاملی در این دو واکنش (۲) واحد تفاوت دارد.

۳۰۳۹ **۲** عبارت دوم درست و دیگر عبارت‌ها نادرست‌اند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت اول:** با استفاده از الکل‌ها می‌توان آمین‌ها، آلدهیدها، کتون‌ها و کربوکسیلیک اسیدها را تولید کرد. **عبارت دوم:** کلرو اتان، یکی از فرآورده‌های حاصل از گاز اتن است که در واکنش $C_2H_4 + HCl \rightarrow C_2H_5Cl$ تولید می‌شود. این ترکیب، دو اتم کلر کمتر از کلروفرم ($CHCl_3$) دارد. **عبارت سوم:** اتانول، اتانوئیک اسید و اتیل اتانوات در دمای اتاق مایع هستند اما هالو آلکان تولید شده از اتن همان



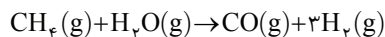
کلرو اتان است که به‌عنوان افشانه کاربرد دارد و در دمای اتاق گاز است. **عبارت چهارم:** آلدهید و کتون با ۳ اتم کربن را به‌طور مستقیم می‌توان از الکی با ۳ اتم کربن (به‌ترتیب، ۱- پروپانول و ۲- پروپانول) به‌دست آورد. اما در ساختار پروپانول ۱۱ جفت الکترون پیوندی دیده می‌شود.

۳۵۴۰ B هر چهار عبارت درست‌اند. D ساده‌ترین استر یعنی متیل متانوات و B الکل چوب یعنی متانول است، در نتیجه C متانواتیک اسید، E آب و در واکنش (I) هم A متان است. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): واکنش (III) به صورت روبه‌رو است:

$$\text{HCOOH(aq)} + \text{CH}_3\text{OH(aq)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$$

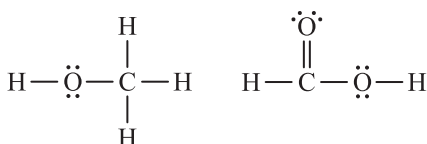
جرم مولی $= 18 \text{ g.mol}^{-1}$ جرم مولی $= 60 \text{ g.mol}^{-1}$

$$\text{جرم آب} = \frac{\text{جرم جرمی آب}}{\text{مجموع جرم فراورده‌ها}} \times 100 = \frac{18}{78} \times 100 = 23\%$$



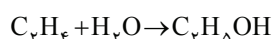
عبارت (ب): واکنش مورد نظر به صورت روبه‌رو است:

با ۳ مول گاز هیدروژن، می‌توان هر ۳ مول پیوند دوگانه (C=C) موجود در یک مول بنزن را به پیوند یگانه (C—C) تبدیل کرد. عبارت (پ): ترکیب D یک استر است. ترکیبی که به عنوان حلال چسب کاربرد دارد، اتیل استات است که آن هم در ساختار خود گروه عاملی استری دارد. عبارت (ت): ساختار دو ترکیب B و C به صورت زیر است:



تعداد پیوند اشتراکی در ترکیب B برابر ۵ است. نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در B

$$\frac{\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{5}{2}$$



۳۵۴۱ B واکنش انجام شده به صورت روبه‌رو است:

روش اول (ضریب تبدیل): ابتدا مقدار اتن خالص مورد نیاز را به دست می‌آوریم:

$$\text{ناخالص } \text{C}_2\text{H}_4 = 22 \text{ g} = \frac{28 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4}{100 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4}{28 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4} \times \frac{46 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 22 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

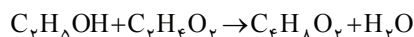
$$\frac{\text{درصد خلوص} \times \text{جرم اتن ناخالص}}{100} = \frac{\text{جرم اتانول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \times 70}{100} = \frac{22}{46} \Rightarrow x = 22 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4$$

روش دوم (تناسب):

+ توضیح محاسبات

$$\frac{22}{46 \times 70} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن بدون توجه به صفر و اعشار}} \frac{22 \times 11}{46 \times 7} = \frac{11 \times 2}{2 \times 7} = \frac{11}{7} = 1 \times 2 = 22$$

پاسخ از جنس ۲۲ است. (پاسخ: ۲۲)



۳۵۴۲ B واکنش انجام شده به صورت روبه‌رو است:

روش اول (ضریب تبدیل): ابتدا مقدار اسید خالص را به دست می‌آوریم:

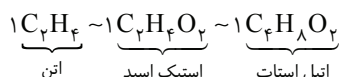
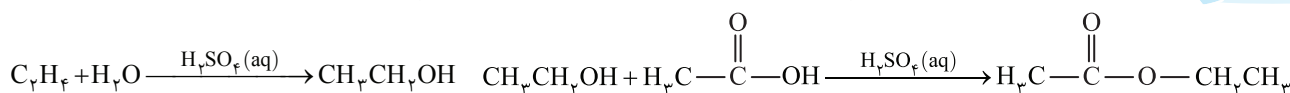
$$\text{? g } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 = 168 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2}{60 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2} \times \frac{88 \text{ g } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2} = 246 \text{ g } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

حال مقدار عملی استر تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{بازده درصدی} \times \text{درصد خلوص} \times \text{جرم اتانواتیک اسید ناخالص}}{100} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{210 \times 80 \times 90}{100 \times 100} = \frac{x}{1 \times 60} \Rightarrow x = 221 \text{ g } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

۳۵۴۳ B معادله واکنش گاز اتن با آب و واکنش استری شدن اتانول تولید شده با استیک اسید به صورت زیر است:



با توجه به یکسان بودن ضریب اتانول در دو واکنش داریم:

$$\text{? mol } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 = \frac{1}{4} \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4 \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4}{28 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4} = 0.5 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$$

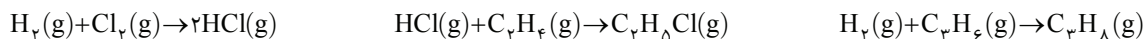
روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{? mol } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 = \frac{1}{4} \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4 \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4}{28 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4} \times \frac{88 \text{ g } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2} = 4 \text{ g } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } \text{C}_2\text{H}_4}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1}{28} = \frac{x}{1 \times 88} \Rightarrow x = 0.5 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2, y = 4 \text{ g } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$$

۱ ۳۰۴۴ B معادله واکنش‌های مورد نظر به صورت زیر است:



ابتدا مقدار گاز هیدروژن مصرفی در واکنش اول را به دست می‌آوریم: $\frac{1 \text{ mol } C_2H_5Cl}{64/5 \text{ g } C_2H_5Cl} \times \frac{1 \text{ mol } HCl}{1 \text{ mol } C_2H_5Cl} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } HCl} = \frac{1}{6} \text{ mol } H_2$

$$? L C_3H_6 = \frac{1}{6} \text{ mol } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } C_3H_6}{1 \text{ mol } H_2} \times \frac{22.4 \text{ L } C_3H_6}{1 \text{ mol } C_3H_6} \approx 3.73 \text{ L } C_3H_6$$

۱ ۳۰۴۵ B معادله نمادی واکنش‌های I و II به صورت زیر است:



مقدار نظری نقره در واکنش II را محاسبه می‌کنیم، به تعداد مول متانال می‌رسیم: $\frac{4 \text{ g}}{x} \times 100 \Rightarrow 70 = \frac{4 \text{ g}}{x} \times 100 \Rightarrow x = 64/28 \text{ g } Ag$

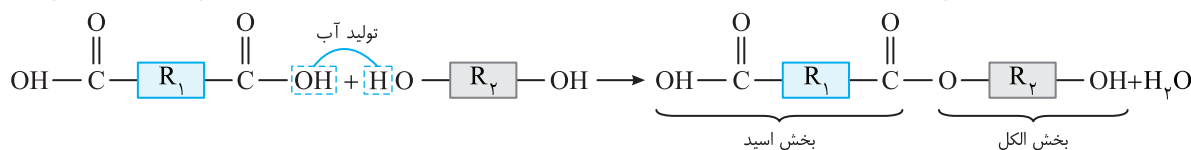
$$? \text{ mol } CH_2O = 64/28 \text{ g } Ag \times \frac{1 \text{ mol } Ag}{107 \text{ g } Ag} \times \frac{1 \text{ mol } CH_2O}{2 \text{ mol } Ag} = 0.3 \text{ mol } CH_2O$$

مقدار نظری متانال در واکنش I را محاسبه می‌کنیم: $\frac{0.3 \text{ mol}}{x} \times 100 \Rightarrow 50 = \frac{0.3 \text{ mol}}{x} \times 100 \Rightarrow x = 0.6 \text{ mol } CH_3OH$

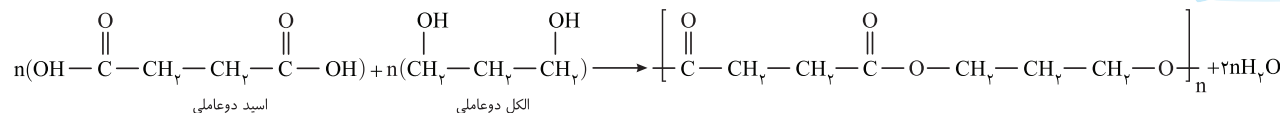
در انتها از تعداد مول متانال به تعداد مول مصرفی متانول می‌رسیم: $? \text{ mol } CH_3OH = 0.6 \text{ mol } CH_2O \times \frac{2 \text{ mol } CH_3OH}{2 \text{ mol } CH_2O} = 0.6 \text{ mol } CH_3OH$

۱ ۳۰۴۶ B تولیدات صنایع شیمیایی به طور مستقیم و غیرمستقیم در زندگی روزانه ما مصرف می‌شوند.

۱ ۳۰۴۷ B از واکنش یک کربوکسیلیک اسید دوعاملی (دی‌اسید) و یک الکل دوعاملی (دی‌آل) یک پلی‌استر تولید می‌شود. در مرحله نخست این واکنش یکی از گروه‌های کربوکسیل موجود در دی‌اسید با یکی از گروه‌های هیدروکسیل موجود در عامل دی‌الکل ترکیب شده و با از دست دادن آب، گروه عاملی استری را ایجاد می‌کند.

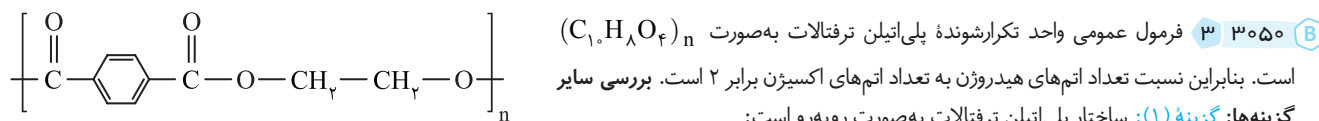


۲ ۳۰۴۸ B قسمت اول:



قسمت دوم: فرمول مولکولی پلیمر به صورت $(C_7H_{10}O_4)_n$ است: $\%O = \frac{(4n \times 16)}{(7n \times 12) + (10n \times 1) + (4n \times 16)} \times 100 \approx 40.5\%$

۴ ۳۰۴۹ B همه عبارت‌ها درست‌اند. نماد اختصاری پلی‌اتیلن ترفتالات، PET است. PET از دسته پلی‌استرهاست و از واکنش میان اسیدها و الکل‌های دوعاملی تولید می‌شود. برای ساخت بطری آب، نخست PET را تهیه می‌کنند، سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر درآید.



گزینه (۲): از واکنش اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در شرایط مناسب می‌توان پلی‌اتیلن ترفتالات را تهیه کرد. گزینه (۴): دی‌اسید سازنده پلی‌اتیلن ترفتالات، ترفتالیک اسید

$$(C_8H_6O_4) \text{ و دی‌الکل سازنده آن، اتیلن گلیکول } (C_2H_6O_2) \text{ است که نسبت جرم مولی آن‌ها برابر است با: } \frac{166}{62} = \frac{83}{31}$$

۱ ۳۰۵۱ B همه عبارت‌ها درست هستند. اسید و الکل سازنده پلی‌اتیلن ترفتالات، ترفتالیک

اسید و اتیلن گلیکول هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): با توجه به فرمول ساختاری واحد تکرارشونده این پلیمر که به صورت روبه‌رو است، فرمول مولکولی آن به صورت $(C_7H_{10}O_4)_n$

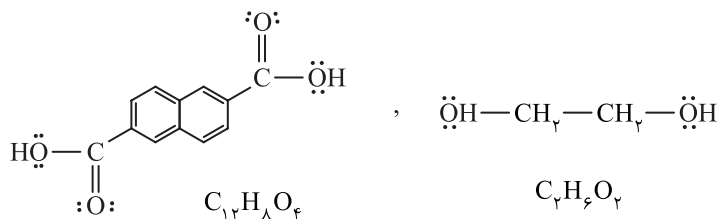
می‌باشد و در فرمول مولکولی واحد تکرارشونده آن ۲۲ اتم دیده می‌شود. عبارت (ب): فرمول ساختاری اسید سازنده این پلیمر، به صورت روبه‌رو است که به دلیل وجود حلقه بنزن، آروماتیک می‌باشد.

عبارت (پ): در ساختار هر واحد تکرارشونده این پلیمر ۵ پیوند دوگانه و به سبب حضور ۴ اتم اکسیژن، ۸ جفت الکترون ناپیوندی دیده می‌شود، پس به ازای n مونومر، ۵n پیوند دوگانه و ۸n زوج ناپیوندی دیده می‌شود. عبارت (ت): جرم مولی اسید و الکل سازنده این پلی‌استر، برابر است با:

$$\left. \begin{aligned} \text{اسید سازنده} &\Rightarrow C_8H_6O_4 \Rightarrow \text{ترفتالیک اسید} \Rightarrow \text{اسید سازنده} \\ \text{الکل سازنده} &\Rightarrow C_2H_6O_2 \Rightarrow \text{اتیلن گلیکول} \Rightarrow \text{الکل سازنده} \end{aligned} \right\} \Rightarrow 166 - 62 = 104 \text{ g.mol}^{-1}$$

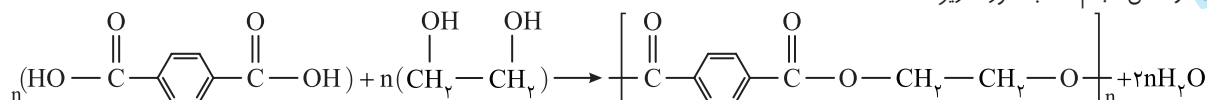
$$\left. \begin{aligned} \text{جرم مولی} &= 8(12) + 6(1) + 4(16) = 166 \text{ g.mol}^{-1} \\ \text{جرم مولی} &= 2(12) + 6(1) + 2(16) = 62 \text{ g.mol}^{-1} \end{aligned} \right\}$$

۴ ۳۰۵۲ B همه عبارت‌ها درست‌اند. مونومرهای الکلی و اسیدی سازنده این پلیمر به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها: **عبارت اول:** فرمول مولکولی اسید سازنده این پلی استر $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{O}_4$ است. **عبارت دوم:** دی‌الکل سازنده این پلی استر همان اتیلن گلیکول است که در تهیه پلی استر موجود در بطری آب نیز استفاده می‌شود. **عبارت سوم:** در ساختار اسید سازنده آن، ۵ پیوند دوگانه (کربن - کربن) و ۲ پیوند دوگانه (کربن - اکسیژن) وجود دارد. **عبارت چهارم:** در دی اسید سازنده این پلی استر، ۸ جفت الکترون ناپیوندی و در دی‌الکل سازنده اش، ۴ جفت الکترون ناپیوندی مشاهده می‌شود. **عبارت پنجم:** فرمول دی اسید PEN و PET به ترتیب $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$ و $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{O}_4$ است. تفاوت جرم مولی این دو اسید برابر ۵۰ گرم بر مول است که نصف جرم مولی هپتان (C_7H_{14})، هفتمین عضو خانواده آلکان‌ها است.

۲ ۳۰۵۳ B واکنش انجام شده به صورت زیر است:

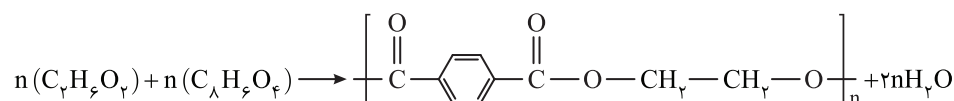


همان‌طور که در واکنش می‌بینید، تعداد مول‌های مصرفی ترفتالیک اسید با اتیلن گلیکول برابر است، پس:

$$? \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 581 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{166 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4} \times \frac{n \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{n \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4} \times \frac{62 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2} = 217 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \quad \text{روش اول (ضریب تبدیل):}$$

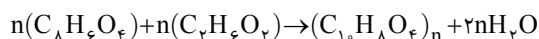
$$\frac{\text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم اتیلن گلیکول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{581}{1 \times 166} = \frac{x}{1 \times 62} \Rightarrow x = 217 \text{ g} \quad \text{روش دوم (تناسب):}$$

۴ ۳۰۵۴ B واکنش تولید پلی اتیلن ترفتالات به صورت زیر است. با توجه به این، ۴ مول پیوند دوگانه ($\text{C}=\text{O}$) در ترکیب موجود است، پس $n=2$ می‌باشد.



$$? \text{ g محلول C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 2 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \times \frac{62 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2} \times \frac{100 \text{ g محلول}}{77/5 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2} = 160 \text{ g محلول}$$

۱ ۳۰۵۵ A واکنش تولید پلی اتیلن ترفتالات را می‌نویسیم:



$$n + n = 2n, \quad 2n = 50 \Rightarrow n = 25$$

$$? \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 25 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \times \frac{62 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2} = 1550 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \quad \text{پس ۲۵ مول اتیلن گلیکول مصرف شده است:}$$

۱ ۳۰۵۶ B برای تولید هر مول $(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$ ، n مول $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ نیاز است؛ بنابراین داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$14/4 \text{ kg } (\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol } (\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n}{192n \text{ g } (\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n} \times \frac{n \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol } (\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n} \times \frac{62 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mL C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1/2 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ mL}} = 3/875 \text{ L}$$

$$\frac{(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n \text{ جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \text{ حجم} \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{14/4 \times 10^3}{1 \times 192n} = \frac{x \times 1/2}{n \times 62} \Rightarrow x = 3875 \text{ mL} = 3/875 \text{ L} \quad \text{روش دوم (تناسب):}$$

به ازای مصرف هر مول اتیلن گلیکول در فرایند بسپارش، ۲ مول آب تولید می‌شود و داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$3/875 \text{ L C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \times \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1/2 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{1 \text{ mL C}_2\text{H}_6\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{62 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mL H}_2\text{O}}{1 \text{ g H}_2\text{O}} = 2700 \text{ mL}$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \text{ حجم} \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{H}_2\text{O حجم} \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3875 \times 1/2}{1 \times 62} = \frac{y \times 1}{2 \times 18} \Rightarrow y = 2700 \text{ mL} \quad \text{روش دوم (تناسب):}$$

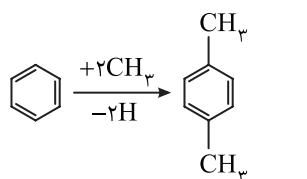
با اضافه کردن ۲۷۰۰ میلی‌لیتر آب به ۳۰۰ میلی‌مول نیتریک اسید، حجم آن ۱۰ برابر شده و pH آن یک واحد افزایش می‌یابد:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log\left(\frac{1}{2} \times 10^{-1}\right) = 1.30$$

۳۰۵۷ (A) پتاسیم پرمنگنات اکسندۀ ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب، حتی در اثر گرم شدن، با بازده نامطلوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): برای تهیه ترفتالیک اسید از پارازایلین باید از دستۀ اکسندۀ ها مانند KMnO_4 استفاده کنیم. گزینه (۳): فرمول مولکولی ترفتالیک اسید $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$ و فرمول مولکولی پارازایلین C_8H_{10} است، در نتیجه جرم مولی آن‌ها 60 g.mol^{-1} با هم تفاوت دارد. گزینه (۴): انرژی فعال‌سازی این واکنش بالاست، زیرا واکنش در اثر گرم کردن مواد اولیه انجام می‌شود.

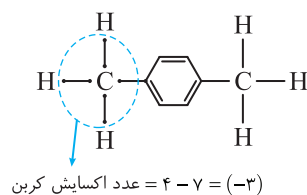
۳۰۵۸ (A) عبارت‌های (الف) و (پ) درست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): فرمول شیمیایی پارازایلین C_8H_{10} و فرمول شیمیایی نفتالن C_{10}H_8 است، تعداد اتم‌های هیدروژن در پارازایلین با تعداد اتم‌های کربن در نفتالن برابر است. عبارت (ب): پلیمر موجود در ساختار بطری آب، پلی‌اتیلن ترفتالات می‌باشد که همانند پارازایلین یک ترکیب آروماتیک است، اما دی‌الکل سازندۀ آن اتیلن گلیکول بوده که آروماتیک محسوب نمی‌شود. عبارت (پ): در ساختار هر مول پارازایلین، ۳ مول پیوند دوگانه وجود دارد. هر مول پیوند دوگانه با ۲ گرم گاز هیدروژن (یک مول گاز هیدروژن)، سیر می‌شود. عبارت (ت): فرمول مولکولی بنزن C_6H_6 ، فرمول مولکولی اتن C_2H_2 و فرمول مولکولی پارازایلین C_8H_{10} است که مجموع تعداد اتم‌های کربن و اتم‌های هیدروژن در ترکیب اول برابر با ترکیب سوم است.

۳۰۵۹ (B) درصد جرمی اتم کربن در این دو ترکیب برابر است با: $\frac{8(12)}{8(12)+10(1)} \times 100 = 90.56\%$ پارازایلین $\frac{6(12)}{6(12)+6(1)} \times 100 = 92.3\%$ بنزن: بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): پارازایلین از جایگزین کردن دو گروه متیل به جای دو اتم هیدروژن مقابل هم در بنزن تشکیل می‌شود. گزینه (۲): جرم مولی این دو ترکیب برابر است با:

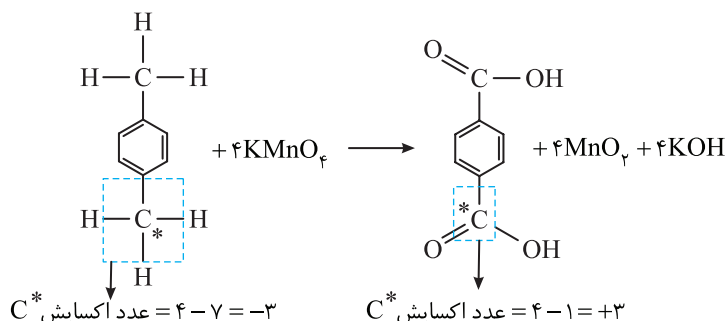


نفتالن: $\text{C}_{10}\text{H}_8 \Rightarrow$ جرم مولی $= 10(12) + 8(1) = 128 \text{ g.mol}^{-1}$

پارازایلین: $\text{C}_8\text{H}_{10} \Rightarrow$ جرم مولی $= 8(12) + 10(1) = 106 \text{ g.mol}^{-1}$

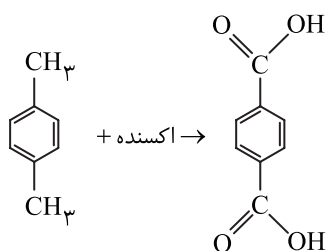


گزینه (۳): عدد اکسایش اتم‌های کربن متصل به بنزن در پارازایلین، به صورت روبه‌رو محاسبه می‌شود:



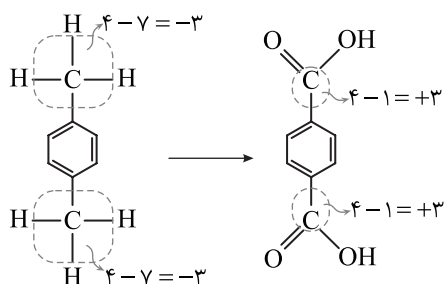
اندازۀ تغییر عدد اکسایش اتم C مشخص شده، برابر ۶ واحد است. $\text{KMnO}_4: (+1) + \text{Mn} + 4(-2) = 0 \Rightarrow \text{Mn} = +7$
 $\text{MnO}_2: \text{Mn} + 2(-2) = 0 \Rightarrow \text{Mn} = +4$
 $\Rightarrow \text{Mn}$ تغییر عدد اکسایش $= +3$. اندازه تغییر عدد اکسایش اتم C از اندازه تغییر عدد اکسایش اتم Mn، سه واحد بزرگ‌تر است و این واکنش در محیطی گرم انجام می‌گیرد.

۳۰۶۱ (B) عبارت‌های (الف)، (ب)، (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): در این واکنش عدد اکسایش دو اتم کربن در پارازایلین از (-۳) به (+۳) افزایش می‌یابد؛ پس پارازایلین کاهنده است و عدد اکسایش Mn در پتاسیم پرمنگنات از (+۷) به (+۴) کاهش می‌یابد؛ پس پتاسیم پرمنگنات اکسندۀ است. عبارت (ب): با وجود غلظت بالای یون پرمنگنات، باز هم شرایط تبدیل پارازایلین به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود. عبارت (پ): با افزایش دما اگر چه شرایط انجام این واکنش تأمین می‌شود، اما بازده همچنان مطلوب نیست. عبارت (ت): شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایطی آسان با بازده بالا برای انجام این واکنش هستند. عبارت (ث): شیمی‌دان‌ها متوجه شدند با استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می‌توانند واکنش مورد نظر را با بازدهی بالا به انجام برسانند.



۳۰۶۲ (B) عبارت‌های اول و سوم درست هستند. فرمول شیمیایی پارازایلین و ترفتالیک اسید، به ترتیب به صورت C_8H_{10} و $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$ بوده و معادلۀ تبدیل پارازایلین به ترفتالیک اسید به صورت مقابل است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: به ازای مصرف هر مول پارازایلین، یک مول ترفتالیک اسید که جرم مولی آن برابر 166 g.mol^{-1} است، تولید می‌شود:

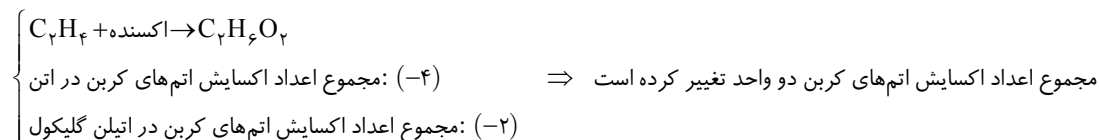
$$? \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4 = \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_{10}} \times \frac{166 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4} = 166 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4$$



عبارت دوم: برای تولید ترفتالیک اسید از پارازایلن، می‌توان از محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات و یا گاز اکسیژن و کاتالیزگر استفاده نمود؛ به‌طوری که استفاده از اکسیژن و کاتالیزگر به جای محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات، از نگاه بازدهی مناسب‌تر است. **عبارت سوم:** در این فرایند، عدد اکسایش ۲ اتم کربن از پارازایلن، هر کدام ۶ واحد افزایش می‌یابد، پس در مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن ۱۲ واحد افزایش می‌یابد. **عبارت چهارم:** تهیه ترفتالیک اسید از پارازایلن، با محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات و دمای بالا، بازدهی مطلوبی ندارد. این فرایند در مجاورت اکسیژن و کاتالیزگر مناسب، بازدهی بالاتری دارد.

۳ ۳۵۶۳ C عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** برای تهیه اتیلن گلیکول، از اکسندۀ پتاسیم پرمنگنات (KMnO_4) استفاده می‌شود. **عبارت (ب):**

گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود. **عبارت (پ):** واکنش تبدیل گاز اتن به اتیلن گلیکول به‌صورت زیر است:

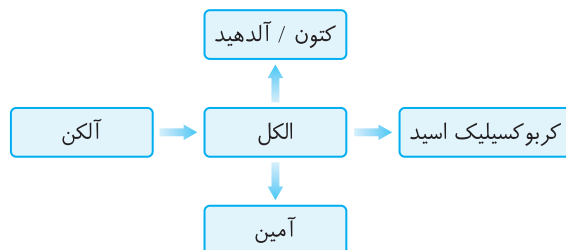


عبارت (ت): جرم مولی دو ترکیب برابر است با: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 \rightarrow 2(12) + 6(1) + 2(16) = 62 \text{ g.mol}^{-1}$ اتیلن گلیکول

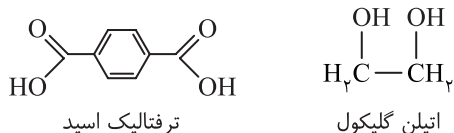
اتن: $\text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow 2(12) + 4(1) = 28 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow 62 - 28 = 34 \text{ g.mol}^{-1}$

۴ ۳۵۶۴ B شکل، فرایند کلی سنتز PET را نشان می‌دهد. ترکیب (۱) اتن و ترکیب (۲) ترفتالیک اسید است. **بررسی گزینه‌ها:** **گزینه (۲):** اتن را می‌توان از تقطیر نفت خام به‌دست آورد. **گزینه (۳):** ترفتالیک اسید در ساختار خود ۵ پیوند دوگانه دارد. **گزینه (۴):** اتن در اثر واکنش با یک ماده اکسندۀ، اکسایش یافته و به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.

۴ ۳۵۶۵ B فقط عبارت (ث) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف):** الکل و اسید سازندۀ اتیل استات به ترتیب اتانول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$) و استیک اسید ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) است. **عبارت (ب):** با توجه به نمودار زیر، به وسیله الکل‌ها می‌توان بسیاری از ترکیبات آلی از جمله آلدهیدها و کتون‌ها را تولید کرد:



عبارت (پ): اسید و الکل سازندۀ پلی‌اتیلن ترفتالات به صورت زیر است:

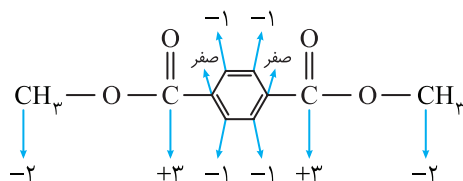


عبارت (ت): عدد اکسایش متگن از ۷ در پتاسیم پرمنگنات، به ۴ در MnO_2 می‌رسد. **عبارت (ث):** مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در اتن (C_2H_4) و اتیلن گلیکول ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) به صورت زیر است:

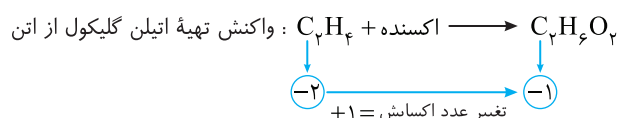


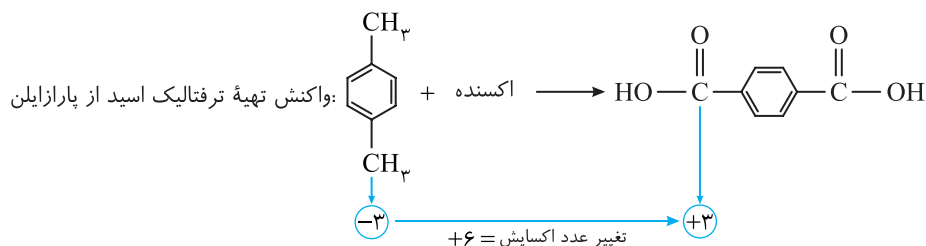
مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در اسید دوعاملی آن، ۲ واحد بیشتر از الکل دوعاملی در آن است.

۳ ۳۵۶۶ B ترکیب حاصل به‌صورت زیر است:



همان‌طور که می‌بینید علاوه بر عدد اکسایش‌های (۳-) و (۲+) عدد اکسایش‌های صفر و (۱-) هم دیده می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱):** واکنش‌ها به‌صورت زیر هستند:





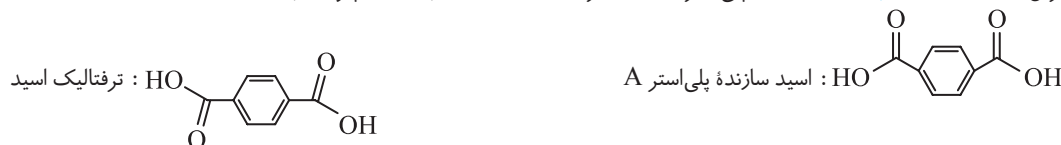
گزینه (۲): در هر دو واکنش از پتاسیم پرمنگنات به عنوان اکسنده استفاده می شود. **گزینه (۴):** به نسبت های داده شده توجه کنید:

$$\text{CO}_3^{2-}: \frac{\text{بار الکتریکی آنیون}}{\text{تعداد اتم های اکسیژن}} = \frac{2}{3} \quad \text{MnO}_4^-: \frac{\text{بار الکتریکی آنیون}}{\text{تعداد اتم اکسیژن}} = \frac{1}{4}$$

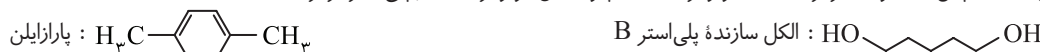
عبارت های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت ها: عبارت (الف):**



هر دو ترکیب دارای چهار اتم کربن هستند. **عبارت (ب):** اسید سازنده پلی استر A، همان ترفتالیک اسید است و دارای ۵ پیوند دوگانه است.



با توجه به ساختارهای بالا، هر دو ترکیب پنج پیوند دوگانه دارند. **عبارت (پ):** تعداد پیوندهای بین مونومرها در هر پلیمر خطی، از تعداد مونومرها یک واحد کمتر است. این دو پلی استر هر دو پلیمر خطی هستند، پس در صورت برابری تعداد مونومرها، تعداد پیوند بین مونومرها در دو پلی استر برابر است. **عبارت (ت):**



با توجه به ساختارهای بالا فرمول مولکولی الکل سازنده پلی استر B، $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_4$ است. همچنین فرمول مولکولی پارازایلین C_8H_{10} است. پس تعداد اتم های هیدروژن این دو ترکیب یکسان نیست.



واکنش موازنه شده مورد نظر به صورت مقابل است:

$$? \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4 = 318 \text{ g C}_8\text{H}_{10} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_{10}}{106 \text{ g C}_8\text{H}_{10}} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_{10}} \times \frac{166 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4} \times \frac{60}{100} = 300 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4$$

بازده درصدی

توضیح محاسبات

$$\frac{318 \times 166 \times 60}{106 \times 100} = ? \quad \xrightarrow{\text{تخمین زدن و ساده کردن}} \frac{320 \times 165 \times 60}{110 \times 100} = \frac{320 \times 15 \times 60}{110 \times 100} = \frac{320 \times 3 \times 6}{11 \times 10} = \frac{32 \times 3 \times 6}{11} = 32 \times 3 \times 3 = 288$$

پاسخ نزدیک به ۲۸۸ است. (پاسخ: ۳۰۰)



واکنش موازنه شده به صورت مقابل است:

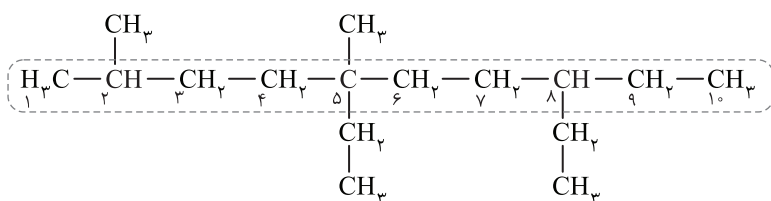
روش اول (ضریب تبدیل): باز تولید شده KOH است، به کمک غلظت آن، جرم اسید تولیدی را حساب می کنیم:

$$? \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4 = 5 \text{ L KOH} \times \frac{0.6 \text{ mol KOH}}{1 \text{ L KOH}} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{4 \text{ mol KOH}} \times \frac{166 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{O}_4} = 124 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4$$

$$\frac{\text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم} \times \text{غلظت پتاسیم هیدروکسید}}{1 \times 166} \Rightarrow x = \frac{0.6 \times 5}{4} \Rightarrow x = 124 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{O}_4$$

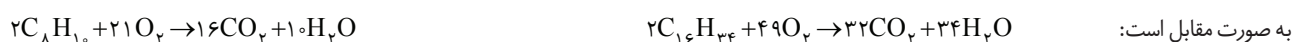
روش دوم (تناسب):

قسمت اول: ساختار آلکان داده شده به صورت زیر است:



با توجه به زنجیر اصلی و شاخه ها، نام آیوپاک این ترکیب به صورت «۵، ۸- دی اتیل -۵، ۸- دی متیل دکان» می باشد. مجموع اعداد به کاررفته در نام آن برابر ۲۰ (۵+۸+۲+۵) است.

قسمت دوم: با توجه به ساختار، فرمول مولکولی این ترکیب به صورت $C_{16}H_{34}$ است. معادله موازنه شده واکنش سوختن کامل پارازالین (C_8H_{10}) و ترکیب $C_{16}H_{34}$



به صورت مقابل است:

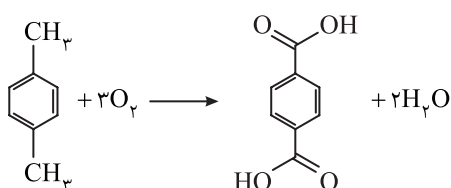
$$? g O_2 = \frac{\%}{\Delta} \text{mol } C_8H_{10} \times \frac{21 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } C_8H_{10}} \times \frac{32 g O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 168 g O_2 \quad ? g O_2 = \frac{\%}{\Delta} \text{mol } C_{16}H_{34} \times \frac{49 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } C_{16}H_{34}} \times \frac{32 g O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 392 g O_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{C_8H_{10}}{\text{مول}} = \frac{O_2 \text{ گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{\%}{\Delta} = \frac{x g O_2}{21 \times 32} \Rightarrow x = 168 g O_2 \quad \frac{C_{16}H_{34}}{\text{مول}} = \frac{O_2 \text{ گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{\%}{\Delta} = \frac{y g O_2}{49 \times 32} \Rightarrow y = 392 g O_2$$

مجموع جرم گاز O_2 مصرف شده برابر $560 g$ $(168 + 392)$ است.

واکنش موازنه به صورت زیر است: **۱ ۳۵۷۱ B**



روش اول (ضریب تبدیل): به کمک حجم گاز O_2 مصرفی در شرایط STP، جرم اسید تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? g C_8H_6O_4 = 13/44 L O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{22/4 L O_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_8H_6O_4}{3 \text{ mol } O_2} \times \frac{166 g C_8H_6O_4}{1 \text{ mol } C_8H_6O_4} = 33/2 g C_8H_6O_4$$

سپس مقدار عملی این اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = 90 \Rightarrow \frac{x}{33/2} \times 100 = 90 \Rightarrow x = 29/88 g C_8H_6O_4$$

$$\frac{\text{بازده}}{100} = \frac{\text{جرم گاز اکسیژن} \times \text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{90}{100} = \frac{13/44 \times 166}{3 \times 22/4} \times \frac{x}{1 \times 166} \Rightarrow x = 29/88 g$$

روش دوم (تناسب):

+ توضیح محاسبات

$$\frac{13/44 \times 90 \times 166}{22/4 \times 3 \times 100} = ? \quad \text{تخمین زدن و ساده کردن} \quad \frac{14 \times 90 \times 166}{2 \times 3 \times 100} = \frac{2 \times 90 \times 166}{3 \times 3 \times 100} = \frac{2 \times 10 \times 166}{100} = 33/2$$

پاسخ اندکی کوچک‌تر از $33/2$ است. (پاسخ: $29/88$)



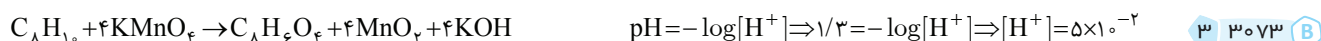
معادله موازنه شده واکنش مورد نظر به صورت مقابل است:

روش اول (ضریب تبدیل): به کمک جرم MnO_2 (اکسید فلزی) تولید شده، جرم اتیلن گلیکول تولیدی را به دست می‌آوریم:

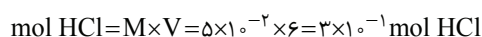
$$? g C_2H_6O_2 = 21/75 g MnO_2 \times \frac{1 \text{ mol } MnO_2}{87 g MnO_2} \times \frac{3 \text{ mol } C_2H_6O_2}{2 \text{ mol } MnO_2} \times \frac{62 g C_2H_6O_2}{1 \text{ mol } C_2H_6O_2} = 23/25 g C_2H_6O_2$$

$$\frac{\text{جرم اتیلن گلیکول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{MnO_2 \text{ جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{3 \times 62} = \frac{21/75}{2 \times 87} \Rightarrow x = 23/25 g$$

روش دوم (تناسب):



۳ ۳۵۷۳ B



در این واکنش برای خنثی کردن 3 mol KOH از 3 mol HCl استفاده می‌شود (HCl و KOH هر دو اسید و باز تک‌ظرفیتی هستند).

$$? \text{ mol } C_8H_6O_4 = 3 \times 10^{-1} \text{ mol KOH} \times \frac{1 \text{ mol } C_8H_6O_4}{4 \text{ mol KOH}} \times \frac{166 g C_8H_6O_4}{1 \text{ mol } C_8H_6O_4} = 12/45 g C_8H_6O_4$$

عبارت‌های دوم و سوم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: از $33/6$ لیتر گاز اتن (معادل $1/5$ مول) در واکنشی با بازده 80% ، $1/2$ مول اتیلن

گلیکول تولید شده است. از آنجا که هیچ مونومری باقی نمانده است، پس مقدار ترفتالیک اسید مصرفی نیز برابر $1/2$ مول است؛ بنابراین داریم:

$$1/2 \text{ mol} \times \frac{1 \text{ mol } C_{10}H_8}{1 \text{ mol } C_{10}H_8} \times \frac{106 g C_{10}H_8}{106 g C_{10}H_8} \times \frac{100}{75} = 320 g \Rightarrow P = 53\%$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول ترفتالیک اسید}}{\text{ضریب}} = \frac{C_{10}H_8O_4 \times \text{جرم} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{320 \times \frac{P}{100} \times \frac{75}{100}}{1 \times 106} \Rightarrow P = 53\%$$

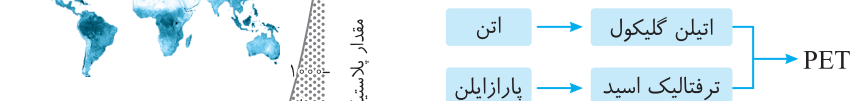
روش دوم (تناسب):

بنابراین درصد ناخالصی پارازایلین برابر ۴۷ درصد (۱۰۰-۵۳) است. عبارت دوم: در این فرایند ۱/۲ مول PET ((C₁₀H₈O₄)_n) تولید می‌شود که معادل با: ۱۹۲×۱/۲=۲۳۰/۴g است.

عبارت سوم: در این فرایند ۱/۲ مول C₇H₆O₃ و ۱/۲ مول C₈H₆O₄ مصرف می‌شود که اختلاف جرم آن‌ها برابر است با: ۱۲۴/۸g = ۱/۲(۱۶۶-۶۲)
عبارت چهارم: در این فرایند ۱/۲×۲=۲/۴ مول آب که جرم آن برابر ۲/۴×۱۸=۴۳/۲ گرم است، تولید می‌شود. در ۱۰۰ گرم محلول ۴۰ گرم آب وجود دارد؛ بنابراین جرم محلول حاوی ۴۳/۲ گرم آب برابر است با: محلول ۱۰۰g × ۴۳/۲ = ۱۰۸g محلول ۴۰

۳ ۳۰۷۵ (A) موارد (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. پلاستیک‌ها سبک (دارای چگالی کم)، غیرقابل نفوذ به وسیلهٔ هوا و آب، ارزان و مقاوم در برابر خوردگی هستند.

۳ ۳۰۷۶ (A) بررسی گزینه‌ها: گزینه (۱): روند تولید پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ به صورت صعودی و به شکل مقابل است. گزینه (۲): فرایند کلی سنتز PET از مونومرهای سازندهٔ آن به صورت زیر است.



ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول برخلاف پارازایلین و اتن از نفت خام به دست نمی‌آیند. گزینه‌های (۳) و (۴): پلی‌اتیلن ترفتالات همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. به همین دلیل پسماند آن‌ها تهدیدی جدی برای زندگی روی کرهٔ زمین به شمار می‌آید. بنابراین ضروری است بازیافت پلاستیک‌ها را به طور دقیق بررسی کنیم تا با نقش فناوری شیمیایی در بازیافت آن‌ها آشنا شویم.

۳ ۳۰۷۷ (A) عبارت‌های (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): از پلاستیک‌ها به صورت بی‌رویه استفاده می‌شود. این ترکیب‌ها چگالی کمی دارند. عبارت (ب): پلاستیک‌ها زیست‌تخریب‌ناپذیرند و از این رو بازیافت آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. عبارت (پ): پلاستیک‌ها در همه‌جای کرهٔ زمین یافت می‌شوند و مقاومت بالایی در برابر خوردگی (واکنش دادن با گاز اکسیژن) دارند. عبارت (ت): همهٔ مواد پلاستیکی، قابل بازیافت نیستند. پلی‌اتیلن ترفتالات یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت است.

۱ ۳۰۷۸ (B) عبارت‌های چهارم و پنجم نادرست‌اند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی‌اتیلن ترفتالات است. برای این منظور باید این مواد را جداگانه جمع‌آوری و سپس با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد. عبارت دوم: یکی از راه‌های بازیافت این است که پس از شست‌وشو و تمیز کردن این مواد، آن‌ها را ذوب کرده و دوباره از آن‌ها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند. عبارت سوم: می‌توان پس از شست‌وشوی این مواد آن‌ها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. عبارت چهارم: پسماندهای این مواد را به مونومرهای سازنده‌اش تبدیل می‌کنند که کاری بسیار دشوار است. عبارت پنجم: به دلیل حجم انبوه PET تولیدی در جهان، بازیافت شیمیایی آن‌ها امری لازم و ضروری است.

۲ ۳۰۷۹ (B) واکنش تولید پلی‌استرها برگشت‌پذیر است و امکان بازیافت این ترکیب‌ها وجود دارد.

* توجه واکنش برگشت تولید پلی‌استرها، واکنش آبکافت پلی‌استر است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در فرایند بازیافت، پسماندهای پلاستیکی را به مونومرهای سازنده‌شان تبدیل می‌کنند (نه عناصر سازنده). گزینه (۳): در یکی از راه‌های بازیافت مواد پلاستیکی در جریان بازیافت، پس از شست‌وشو این مواد را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل می‌کنند. سطح تماس قطعات پرک بیشتر از قطعهٔ پلاستیکی اولیه است. سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی تعیین‌کنندهٔ نوع بازیافت پلاستیک در آن کشور است. گزینه (۴): شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET در شرایط مناسب با متانول (CH₃OH) واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود که می‌توان از آن برای تولید پلیمرهای دیگر استفاده کرد. از این رو سالانه به مقدار زیادی متانول در مقیاس صنعتی نیاز است.

۲ ۳۰۸۰ (B) عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET در شرایط مناسب با متانول (CH₃OH) واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرها به کار برد. در متانول داریم:

$$\text{درصد جرمی اکسیژن در متانول} = \frac{1 \times 16}{(1 \times 12) + (4 \times 1) + (1 \times 16)} \times 100 = 50\%$$

عبارت (ب): مونومرهای PET، ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول هستند که هیچ‌کدام در نفت خام یافت نمی‌شوند و طی فرایند اکسایش از اجزای نفت خام به دست می‌آیند. عبارت (پ): پتاسیم پرمنگنات اکسنده‌ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب پارازایلین را با بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند. عبارت (ت): بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق (نه غلیظ!) پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود. عبارت (ث): PET نوعی پلی‌استر است. این مواد ماندگاری نسبتاً زیادی در طبیعت داشته و به راحتی تجزیه نمی‌شوند؛ از این رو باید به روش‌های فیزیکی یا شیمیایی آن‌ها را بازیافت کرد.

۲ ۳۰۸۱ (B) عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت‌های (الف) و (ب): متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانوادهٔ الکل‌هاست که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. از آنجا که این الکل کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد، باید آن را در مقیاس صنعتی به مقدار زیادی تولید کرد.

عبارت (پ): در صنعت برای تهیه متانول گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند. عبارت (ت): مواد واکنش‌دهنده برای واکنش تولید متانول در دسترس نیستند؛ از این رو نخست باید آن‌ها را تولید و سپس به متانول تبدیل کرد. عبارت (ث): دمای 350°C ، حضور کاتالیزگر و فشار $30-50\text{ atm}$ شرایط انجام واکنش تولید متانول از گازهای CO و H_2 در صنعت است.



روش اول (ضریب تبدیل): گاز ناقطبی، H_2 می‌باشد که با توجه به حجم مصرفی آن، مقدار نظری الکل را می‌توانیم به دست آوریم:

$$? \text{ g CH}_3\text{OH} = 17/92 \text{ L H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{22/4 \text{ L H}_2} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{2 \text{ mol H}_2} \times \frac{32 \text{ g CH}_3\text{OH}}{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}} = 12/8 \text{ g CH}_3\text{OH}$$

$$\text{مقدار عملی الکل را محاسبه می‌کنیم:} \quad \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = 60 \Rightarrow \frac{x \text{ g CH}_3\text{OH}}{12/8 \text{ g CH}_3\text{OH}} \times 100 = 60 \Rightarrow x = 7/68 \text{ g CH}_3\text{OH}$$

$$\frac{\text{بازده درصدی} \times \text{حجم گاز هیدروژن}}{100} = \frac{\text{جرم متانول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{17/92 \times 60}{100} = \frac{x}{2 \times 22/4} \Rightarrow x = 7/68 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب): **۳ ۳۰۸۲ B**

+ توضیح محاسبات

$$\frac{17/92 \times 60 \times 32}{22/4 \times 2 \times 100} = ? \quad \xrightarrow[\text{تخمین زدن و ساده کردن}]{\text{به جای ۱۷/۹۲ و ۲۲/۴ اعداد ۱۸ و ۲۲ قرار گیرد.}} \quad \frac{18 \times 60 \times 32}{22 \times 5 \times 2 \times 100} = \frac{2 \times 60 \times 16}{2 \times 5 \times 100} = 7/68$$

پاسخ نزدیک به ۷/۶۸ است. (پاسخ: ۷/۶۸)



بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): یکی دیگر از روش‌های تولید صنعتی متانول، استفاده از گاز متان می‌باشد. گزینه (۲): به منظور تهیه متانول از گازهای CO و H_2

فشاری بین 30 تا 50 اتمسفر لازم است. فشار در شرایط STP برابر یک اتمسفر می‌باشد. گزینه (۳): دمای این واکنش برابر 350°C یا 623 K است.

فقط عبارت چهارم نادرست است. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن که برای تهیه صنعتی متانول به کار می‌روند، در دسترس نیستند و از واکنش بخار آب و گاز متان تولید می‌شوند. **۱ ۳۰۸۴ B**



گاز متان سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. عبارت چهارم: گاز متان به دلیل اینکه یک هیدروکربن سیر شده است، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد. عبارت سوم:

عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت (الف): تبدیل مستقیم گاز متان به متانول فرایندی دشوار است و در حضور کاتالیزگر و $\text{O}_2\text{(g)}$ **۳ ۳۰۸۵ B**



همان‌طور که مشخص است ضرایب مولی گاز هیدروژن در دو واکنش متفاوت است. عبارت (پ): به دلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون از یک سو و ارزان بودن گاز متان از سوی دیگر، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد. عبارت (ت): در این واکنش عدد اکسایش هیدروژن از صفر در H_2 به (+۱) در متانول CH_3OH رسیده است، پس اکسایش یافته و نقش کاهنده را دارد.

گاز اکسیژن در این واکنش در نقش اکسنده عمل می‌کند و کاتالیزگر نیست. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): متان یک هیدروکربن سیر شده با واکنش‌پذیری کم بوده و تبدیل آن به متانول دشوار است. گزینه (۲): گاز CO از آگروز خودروه‌های بنزینی خارج می‌شود. **۴ ۳۰۸۶ B**

بررسی پرسش‌ها: پرسش (الف): در واکنش (a) دو پسماند X و Y تولید شده‌اند اما در واکنش (b) همه واکنش‌دهنده‌ها به مواد ارزشمند (A و Z) تبدیل شده‌اند. پرسش (ب): واکنشی که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده را به فراورده‌های سودمند تبدیل کند، واکنشی به صرفه‌تر از دیدگاه اتمی است که واکنش (b) این شرایط را دارد. پرسش (پ): هرچه بازده درصدی یک واکنش پایین‌تر باشد، اختلاف مقدار نظری و مقدار عملی برای فراورده تولید شده بیشتر خواهد بود. واکنش (a) بازده درصدی پایین‌تری دارد. **۲ ۳۰۸۷ B**

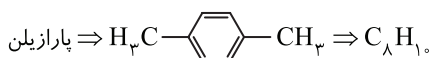
واکنشی که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده را به فراورده‌های سودمند تبدیل کند، واکنشی به صرفه‌تر از دیدگاه اتمی است که واکنش (b) این شرایط را دارد. پرسش (پ): هرچه بازده درصدی یک واکنش پایین‌تر باشد، اختلاف مقدار نظری و مقدار عملی برای فراورده تولید شده بیشتر خواهد بود. واکنش (a) بازده درصدی پایین‌تری دارد.

در واکنش تخمیر بی‌هوازی گلوکز، علاوه بر اتانول، گاز آلانین CO_2 نیز تولید می‌شود؛ اما در تهیه اتانول از اتن، فراورده دیگری تولید نمی‌شود؛ بنابراین **۳ ۳۰۸۸ B**

تهیه آن از اتن از نظر اتمی صرفه اقتصادی بیشتری دارد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۱): در روش مستقیم تولید متانول از واکنش گازهای CH_4 و O_2 استفاده می‌شود که O_2 در آن نقش اکسنده دارد. از واکنش پارازایلین با O_2 می‌توان تریتالیک اسید که نوعی دی‌اسید است را تولید کرد.

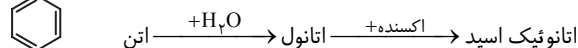
گزینه (۲): در تولید اتیلن گلیکول از محلول رقیق پرمنگنات در حالی که در تولید ترفتالیک اسید از محلول غلیظ پرمنگنات استفاده می‌شود. گزینه (۴): در ساختار ویتامین «دی» فقط یک گروه هیدروکسیل در حالی که در ساختار ویتامین «ث»، ۴ گروه عاملی هیدروکسیل و یک گروه استری دارد. هر چه گروه‌های عاملی موجود در یک ماده بیشتر و متنوع‌تر باشد، ساختار آن ماده پیچیده‌تر بوده و تولید آن به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد.

موارد دوم، چهارم و پنجم درست هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: فرمول مولکولی و ساختار پارازیلن به صورت زیر است:

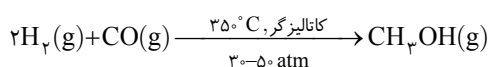


درصد جرمی کربن در پارازیلن برابر است با: $\text{درصد جرمی کربن} = \frac{12 \times 8}{(12 \times 8) + 1} \times 100 \approx 91\%$

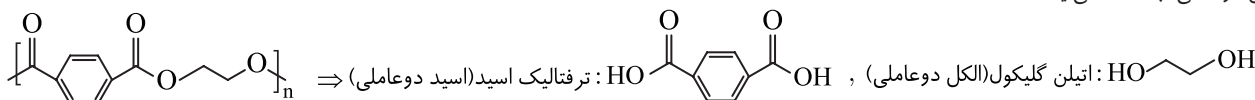
عبارت دوم: ساختار و فرمول مولکولی استیرن به صورت زیر است. در هر مولکول استیرن همانند پارازیلن، ۸ اتم کربن وجود دارد. عبارت سوم: برای تولید اتانوتیک اسید ابتدا اتن را به اتانول و سپس به اتانوتیک اسید تبدیل کرد.



عبارت چهارم: مطابق واکنش زیر، می‌توان متانول را از واکنش گاز هیدروژن و کربن مونوکسید به دست آورد:



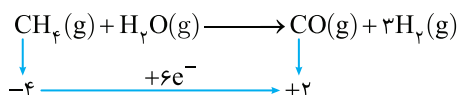
عبارت پنجم: پلیمر داده شده همان پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) بوده که یک پلی‌استر است. این پلیمر از واکنش میان ترفتالیک اسید (اسید دو عاملی) و اتیلن گلیکول (الکل دو عاملی) به دست می‌آید:



به جز عبارت چهارم سایر عبارت‌ها درست هستند. واکنش‌های داده شده مربوط به مراحل تولید متانول هستند که به صورت زیر است:



بنابراین مواد A، B و D به ترتیب کربن مونوکسید (CO)، هیدروژن (H₂) و متانول (CH₃OH) هستند. بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: میل ترکیبی هموگلوبین خون با گاز کربن مونوکسید بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است! عبارت دوم: شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرها به کار برد. عبارت سوم: عدد اکسایش اتم‌های هیدروژن در واکنش (II) از صفر به +۱ می‌رسد؛ بنابراین هیدروژن در این واکنش کاهش یافته است. عبارت چهارم: در این واکنش داریم:



تغییر عدد اکسایش اتم کربن در این واکنش برابر ۶ واحد است. عبارت پنجم: ابتدا حجم مولی گازها را در شرایط واکنش به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1 V_{n_1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{n_2}}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{2/8 V_{n_2}}{273+91} \Rightarrow V_{n_2} = \frac{32}{3} \text{ L.mol}^{-1}$$

اگر دقت کنید در این دو واکنش، به ازای تولید هر مول متانول، یک مول گاز هیدروژن ذخیره می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$? \text{ m}^3 \text{ H}_2 = 96 \text{ kg CH}_3\text{OH} \times \frac{1000 \text{ g CH}_3\text{OH}}{1 \text{ kg CH}_3\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{32 \text{ g CH}_3\text{OH}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}} \times \frac{22.4 \text{ L H}_2}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 32 \text{ m}^3 \text{ H}_2$$

توضیح محاسبات

$$\frac{96 \times 1000 \times \frac{32}{3}}{32 \times 1000} = ? \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{96 \times 1000 \times 32}{3 \times 32 \times 1000} = \frac{96}{3} = 32$$