# فصل در یک نگاه

## ۱ مدل‌سازی

ساده‌سازی پدیده‌های فیزیکی برای تحلیل راحت‌تر.

**نکته** در مدل سازی فقط باید از اثرات جزئی صرف‌نظر کرد و نمی‌توان از اثرات کلی، مهم و تأثیر گذار در کلیت پدیده صرف نظر کرد.

## ۲ کمیت‌ها و یکاها

کمیت نرده‌ای فقط با یک عدد و یکای مناسب بیان می‌شود؛ ولی کمیت برداری علاوه بر عدد و یکای مناسب، به جهت هم نیاز دارد و از قوانین جمع برداری پیروی می‌کند. کمیت‌های ۱. طول، ۲. جرم، ۳. زمان، ۴. دما، ۵. مقدار ماده، ۶. جریان الکتریکی و ۷. شدت روشنایی کمیت‌های اصلی‌اند. کمیت‌های فرعی به کمک فرمول‌های فیزیکی برحسب کمیت‌های اصلی بیان می‌شوند.

| دسته‌بندی (۱) | | دسته‌بندی (۲) | |
|---|---|---|---|
| نرده‌ای | برداری | اصلی | فرعی |

- **آهنگ:** تغییر هر کمیت نسبت به زمان آهنگ آن کمیت نام دارد.
- **سازگاری یکاها:** در هر فرمول و رابطه‌ای، یکای نهایی دو طرف فرمول باید یکسان باشد.
- **پیشوندها:**

| ترا | گیگا | مگا | کیلو | هکتو | دکا | دسی | سانتی | میلی | میکرو | نانو | پیکو |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T | G | M | k | h | da | d | c | m | μ | n | p |
| $10^{12}$ | $10^{9}$ | $10^{6}$ | $10^{3}$ | $10^{2}$ | $10^{1}$ | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-6}$ | $10^{-9}$ | $10^{-12}$ |

- **نمادگذاری علمی:** در نمادگذاری علمی، هر عدد را به‌صورت $a\times10^{n}$ می‌نویسیم که $1\le a<10$ است.

## ۳ دقت

| نوع وسیله | دقت اندازه‌گیری |
|---|---|
| مدرج | کمینهٔ درجه‌بندی وسیله |
| رقمی | یک واحد از آخرین رقم نمایش داده شده |

- **عوامل مؤثر بر دقت:**
  ۱) دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری ۲) مهارت شخص آزمایش کننده ۳) افزایش تعداد دفعات اندازه‌گیری و میانگین گرفتن از آن‌ها

**نکته** قبل از میانگین‌گیری، نتایج پرت را حذف می‌کنیم.

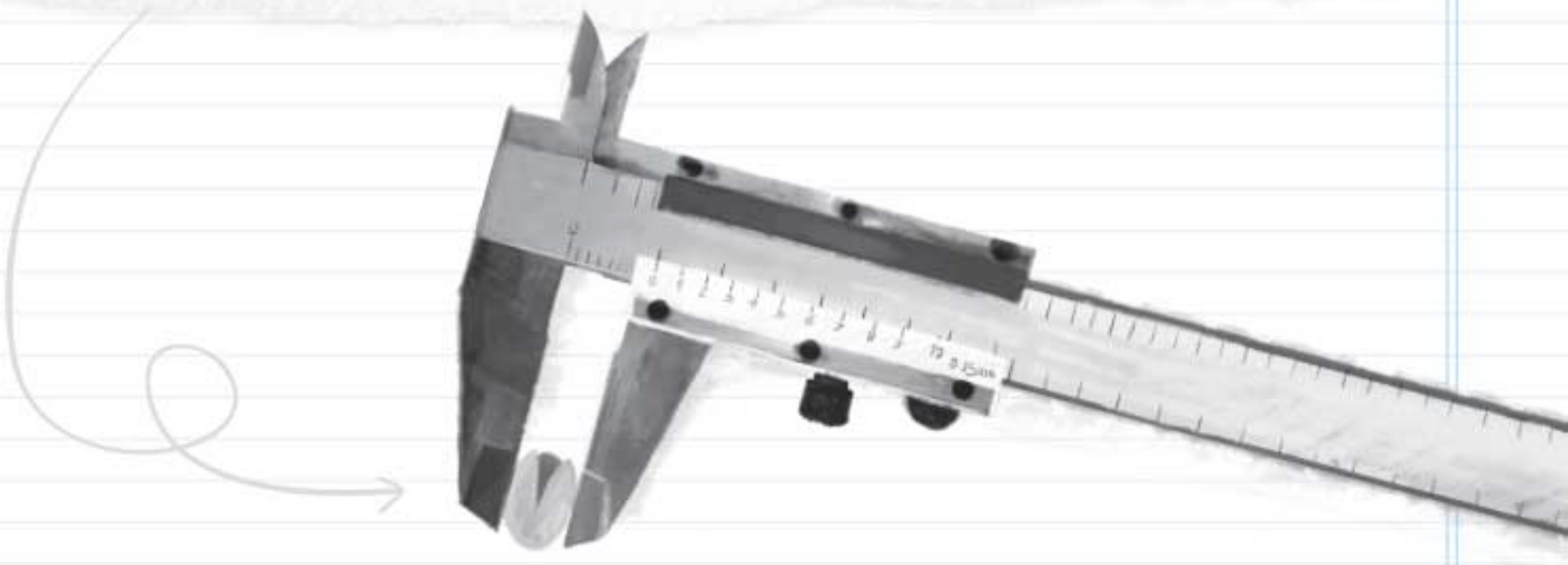
## ۴ چگالی

$$\rho=\frac{m}{V}$$

**نکته** در محاسبهٔ چگالی یک ماده، باید حجم واقعی خود ماده را در فرمول قرار دهیم؛ مثلاً اگر جسمی حفره داشته باشد، حجم واقعی ماده برابر با تفاضل حجم ظاهری جسم و حجم حفره است.

- **چگالی مخلوط**

$$\rho_{\text{مخلوط}}=\frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}}=\frac{m_1+m_2+\dots}{V_1+V_2+\dots}=\frac{\rho_1V_1+\rho_2V_2+\dots}{V_1+V_2+\dots}=\frac{m_1+m_2+\dots}{\frac{m_1}{\rho_1}+\frac{m_2}{\rho_2}+\dots}$$



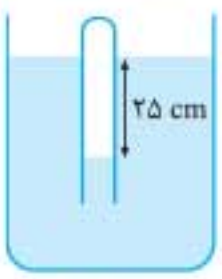
**۲۲۸.** در شکل مقابل، اگر $h = ۷۰cm$ باشد، فشار هوا برحسب پاسکال چه‌قدر است؟ ($\rho_{جیوه} = ۱۳/۶ g/cm^۳$ ، $g = ۱۰ m/s^۲$)

۱) ۹۵۲

۲) ۹۵۲۰

۳) ۹۵۲۰۰

۴) ۹۵۲۰۰۰۰



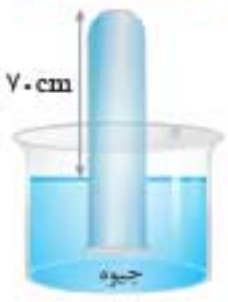

**۲۲۹.** در شـــکل مقابل، اگر چگالی مایع $۲ g/cm^۳$ باشد، فشار گاز محبوس درون لوله چند کیلو پاسکال است؟ ($P_۰ = ۱۰^۵ Pa$ و $g = ۱۰ m/s^۲$) (ریاضی خارج ۹۹)

۱) ۸۵

۲) ۹۵

۳) ۱۰۵

۴) ۱۲۵




**۲۳۰.** در شکل مقابل، حداکثر فشاری که ته لوله می‌تواند تحمل کند تا نشکند $۲۷۰۰۰ Pa$ است. اگر فشار هوا $۷۰cmHg$ باشد، لوله را حداکثر چند سانتی‌متر درون جیوهٔ پایین ببریم تا نشکند؟ ($\rho_{جیوه} = ۱۳/۵ g/cm^۳$)

۱) ۲

۲) ۲۰

۳) ۵

۴) ۵۰

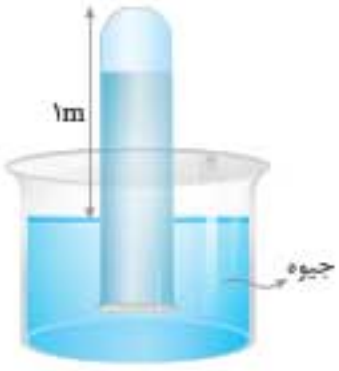
**۲۳۱.** شکل روبه‌رو یک جوســـنج جیوه‌ای را نشان می‌دهد. فشـــار هوا چند پاسکال است؟ ($\rho_{جیوه} = ۱۳/۵ g/cm^۳$، $g = ۱۰ m/s^۲$ و $\sin ۵۳^\circ = ۰/۸$)

۱) ۱۲۱۵۰۰

۲) ۹۷۲۰۰

۳) ۶۲۹۰۰

۴) ۵۸۲۰۰




**۲۳۲.** در شـــکل مقابل، اگر لوله را نسبت به راســـتای قائم به اندازهٔ ۶۰ درجه کج کنیم، فشار وارد به انتهای لوله چند سانتی‌متر جیوه می‌شود؟ ($P_۰ = ۷۶cmHg$)

۱) ۵۰

۲) ۲۶

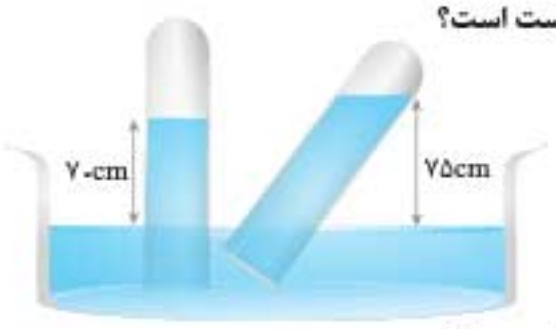
۳) ۵۲

۴) ۲۵

**۲۳۳.** در محلی که فشار هوا $۷۵۰ torr$ (تور) است، از مایعی که چگالی آن یک چهارم چگالی جیوه است استفاده می‌کنیم. مایع در لولهٔ جوسنج حداکثر تا چه ارتفاعی (نسبت به سطح آزاد مایع در ظرف) بالا می‌رود؟ (طول لوله مناسب است.)

۱) ۱/۵ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۳/۷۵

**۲۳۴.** با توجه به طرحوارهٔ روبه‌رو که مربوط به اندازه‌گیری فشار هوای محیط می‌باشد، کدام نتیجه زیر درست است؟




۱) فشار هوای محیط، حداکثر $۷۵cmHg$ است.

۲) فشار هوای محیط، قطعاً $۷۵cmHg$ است.

۳) فشار هوای محیط، حداقل $۷۵cmHg$ است.

۴) فشار هوای محیط، قطعاً $۷۰cmHg$ است.

**۲۳۵.** در شـــکل، دهانهٔ لوله قائمی تا عمق $۱۴cm$ درون مایع فرو رفته است. اگر ارتفاع مایع در داخل لوله $۸cm$ باشد، فشار هوای داخل لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟ ($P_۰ = ۷۶cmHg$ ، $\rho_{مایع} = ۰/۹ g/cm^۳$ ، $\rho_{جیوه} = ۱۳/۵ g/cm^۳$)

۱) ۷۶/۵

۲) ۷۶/۴

۳) ۷۵/۴

۴) ۷۵/۵

# آزمون مبحثی ۲

زمان پیشنهادی: ۱۲ دقیقه

**۳۲۸.** در شکل روبه‌رو، مقداری هوا وارد فضای بالای جیوهٔ درون جوسنج شده است. اگر فشار هوا ۷۴۰ mmHg باشد، فشار هوای محبوس در لولهٔ جوسنج چند پاسکال است؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$ ،$\rho_{جیوه} = ۱۳/۵ g/cm^۳$)

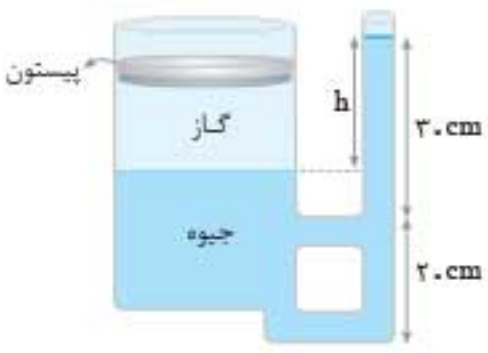
۱) ۷۲۹۰۰

۲) ۲۷۰۰۰

۳) ۵۴

۴) ۲۰

**۳۲۹.** در شکل روبه‌رو، جرم پیستون ۱/۳۵ kg و مساحت آن $۱۰ cm^۲$ است. h چند سانتی‌متر است؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$ و $\rho_{جیوه} = ۱۳/۵ g/cm^۳$)



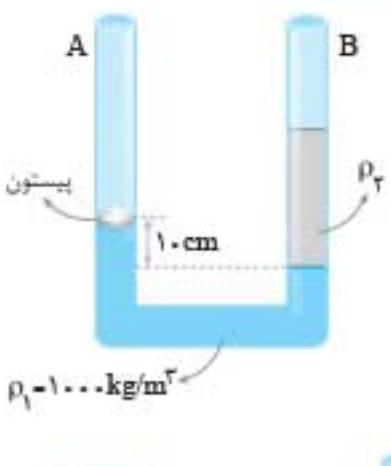

۱) ۵

۲) ۱۰

۳) ۱۵

۴) ۲۰

**۳۳۰.** در شکل روبه‌رو، مساحت مقطع دو شاخه، یکسان و برابر $۱۰ cm^۲$ است. وزنه‌ای به جرم چند گرم روی پیستون شاخهٔ A قرار دهیم تا سطح مایع $\rho_۱$ در دو شاخه یکسان شود؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$ ،$\rho_۱ = ۱۰۰۰ kg/m^۳$ و جرم پیستون ناچیز است.)



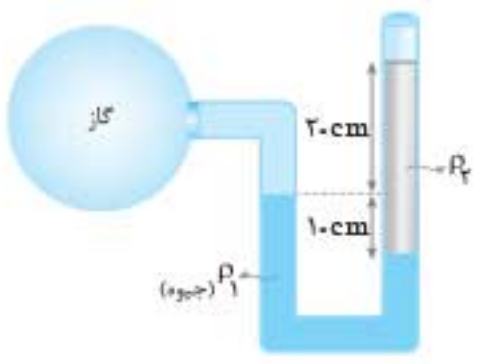

۱) ۱۰

۲) ۵۰

۳) ۱۰۰

۴) باید چگالی $\rho_۲$ معلوم باشد.

**۳۳۱.** در شکل روبه‌رو، $\rho_۱ = ۱۳۵۰۰ kg/m^۳$ و $\rho_۲ = ۱۰۰۰ kg/m^۳$ است. فشار پیمانه‌ای گاز مخزن چند پاسکال است؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$) (برگرفته از کتاب درسی)



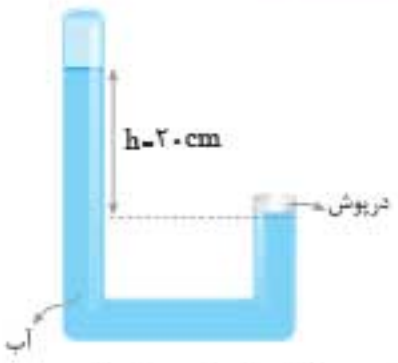

۱) ۱۰۵۰۰−

۲) ۱۰۵۰۰

۳) ۱۷۶۰۰−

۴) ۱۷۶۰۰

**۳۳۲.** در شکل روبه‌رو، سطح مقطع درپوش چوب‌پنبه‌ای $۵ cm^۲$ است. اگر جرم چوب‌پنبه ناچیز باشد، نیروی اصطکاک چوب‌پنبه با جدارهٔ لوله چند نیوتون است؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$ ،$\rho_{آب} = ۱۰۰۰ kg/m^۳$)




۱) ۱

۲) ۲

۳) ۰/۵۱

۴) ۱/۰۱

**۳۳۳.** می‌خواهیم کره‌ای توپر به جرم ۲kg بسازیم به طوری که درون مایعی به چگالی $۵ g/cm^۳$ فرو نرود ولی درون روغن به چگالی $۰/۸ g/cm^۳$ فرو رود. حجم کره بر حسب سانتی متر مکعب کدام گزینه می‌تواند باشد؟

۱) ۴۰۰۰ ۲) ۲۸۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۲۰۰

**۳۳۴.** کدام‌یک از عبارت‌های زیر درست است؟

الف) نیروی شناوری وارد بر شناگر به طرف پایین است.

ب) در حالت غوطه‌وری نیروی شناوری برابر نیروی وزن جسم است.

پ) در حالت فروروی نیروی شناوری کمتر از وزن جسم است.

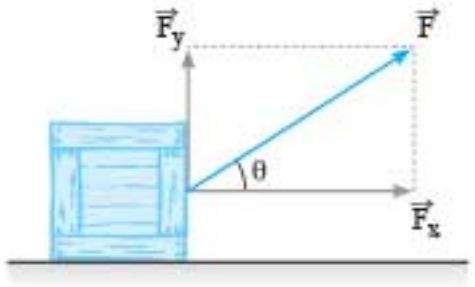
۱) الف ۲) پ ۳) ب و پ ۴) الف و پ

# ایستگاه صفر: یادآوری ریاضی و فیزیک

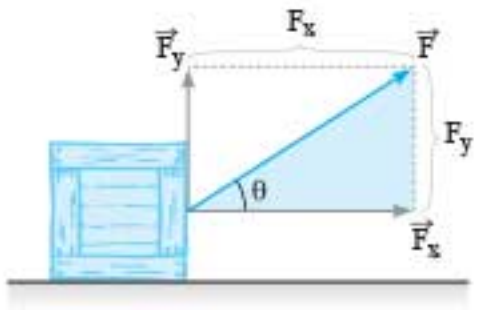
## ۱. تجزیهٔ بردارها

مطابق شـــکل مقابل برداری مانند $\vec{F}$ را در نظر بگیرید. این بردار را می‌توان برحســـب مؤلفه‌هایش به صورت روبه‌رو نشان داد:

$$\vec{F} = F_x\,\vec{i} + F_y\,\vec{j}$$




$F_x$، مؤلفهٔ بردار $\vec{F}$ در راستای محور $x$ و $F_y$، مؤلفهٔ بردار $\vec{F}$ در راستای محور $y$ است. برای محاسبهٔ $F_x$ و $F_y$ با توجه به مثلث رنگی در شکل و با استفاده از نسبت‌های مثلثاتی $\sin\theta$ و $\cos\theta$ می‌توان نوشت:




$$\begin{cases} \sin\theta = \dfrac{\text{ضلع مقابل به زاویهٔ }\theta}{\text{وتر}} = \dfrac{F_y}{F} \Rightarrow F_y = F\sin\theta \\ \cos\theta = \dfrac{\text{ضلع مجاور به زاویهٔ }\theta}{\text{وتر}} = \dfrac{F_x}{F} \Rightarrow F_x = F\cos\theta \end{cases} \Rightarrow F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

در جدول زیر مقادیر $\sin\theta$ و $\cos\theta$ برای زاویه‌های پرکاربرد نوشته شده است:

| نسبت‌های مثلثاتی / $\theta$ | $0^\circ$ | $30^\circ$ | $37^\circ$ | $45^\circ$ | $53^\circ$ | $60^\circ$ | $90^\circ$ | $180^\circ$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sin\theta$ | $0$ | $\frac{1}{2}$ | $0/6$ | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0/8$ | $\sqrt{\frac{3}{2}}$ | $1$ | $0$ |
| $\cos\theta$ | $1$ | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $0/8$ | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0/6$ | $\frac{1}{2}$ | $0$ | $-1$ |

## ۲. حرکت با تندی ثابت

اگر جسمی با تندی ثابت $v$ در مسیری مستقیم در حرکت باشد، مسافتی که جسم در مدت $\Delta t$ طی می‌کند از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$v = \frac{\ell}{\Delta t} \Rightarrow \ell = v\Delta t$$

**یادآوری:** جابه‌جایی، برداری است که از ابتدای حرکت به انتهای حرکت وصل می‌شود و اندازهٔ آن برابر با فاصلهٔ مستقیم بین مبدأ و مقصد حرکت است. اما مسافت برابر با طول مسیر طی شده توسط متحرک است و یک کمیت نرده‌ای است.

**تذکر:** تنها در صورتی که حرکت روی خط راست و بدون بازگشت باشد، جابه‌جایی و مسافت طی شده توسط متحرک با هم برابرند.

## ۳. حرکت با شتاب ثابت روی خط راست

اگر حرکتی با شتاب ثابت روی خط راست انجام شود، می‌توان نوشت:

$$a = \frac{\text{تغییر سرعت}}{\text{تغییرات زمان}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} \xrightarrow{\text{طرفین وسطین}} v = at + v_0$$

**تذکر ۱** در رابطهٔ به‌دســـت آمده، $v_0$ سرعت در ابتدای بازهٔ زمانی و $v$ سرعت در انتهای بازهٔ زمانی است. همچنین در سال دوازدهم با روابط زیر نیز آشنا می‌شوید:

رابطهٔ جابه‌جایی- زمان: $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$

رابطهٔ سرعت- جابه‌جایی (مستقل از زمان): $v^2 - v_0^2 = 2a\,\Delta x$

**۲** در دو رابطهٔ بالا، $\Delta x$ برابر با جابه‌جایی متحرک است.

**۳** جابه‌جایی متحرک در ثانیهٔ $n$اُم از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید:

$$\Delta x_n = \frac{1}{2}a(2n-1) + v_0$$

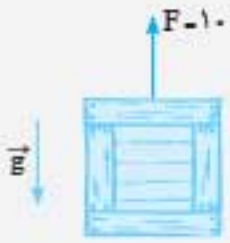
## ۴. قوانین نیوتون

**قانون اول نیوتون:** اگر نیروی خالصی به جسمی وارد نشود، اگر آن جسم ساکن باشد، ساکن می‌ماند و اگر با تندی ثابت در حرکت باشد، با تندی ثابت و روی خط راست به حرکت خود ادامه می‌دهد.

**در شـــکل روبه‌رو جسمی به جرم ۶kg، توسط نیروی قائم $F = ۱۰۰\ N$ رو به بالا در حرکت است. کار کل انجام شده روی جسم پس از ۲۰ m جابه‌جایی چند ژول است؟ $(g = ۱۰\ m/s^۲)$**

۱) $-۸۰۰$ ۲) $۸۰۰$

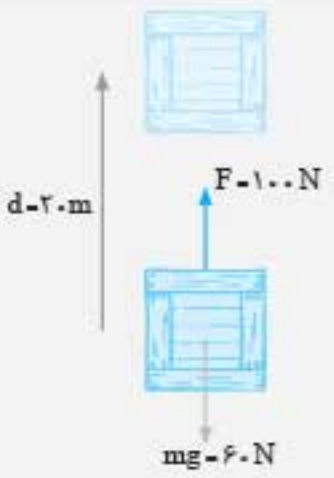
۳) $-۳۲۰۰$ ۴) $۳۲۰۰$




**پاسخ:** گزینهٔ «۲»

برای تسلط بیشتر شما، این سؤال را هم از دو روش حل می‌کنیم:

**روش اول** نیروهای وارد بر جسم مطابق شکل مقابل است. کار انجام شده توسط هر نیرو را محاسبه می‌کنیم:




$$W_F = Fd\cos\theta \xrightarrow[\theta=۰^\circ]{F=۱۰۰\,N,\ d=۲۰\,m} W_F = ۱۰۰\times ۲۰\times \cos ۰^\circ = ۲۰۰۰\ J$$

چون جابه‌جایی جسم رو به بالا است، کار نیروی وزن منفی است و داریم:

$$W_{mg} = -mgh \xrightarrow[h=d=۲۰\,m]{mg=۶۰\,N} W_{mg} = -۶۰\times ۲۰ = -۱۲۰۰\ J$$

حالا برای محاسبهٔ کار کل باید $W_F$ و $W_{mg}$ را با هم جمع کنیم:

$$W_t = W_F + W_{mg} = ۲۰۰۰ - ۱۲۰۰ = ۸۰۰\ J$$

**روش دوم** در گام اول باید نیروی خالصی که به جسم وارد می‌شود را محاسبه کنیم.

چون $F > mg$ است، نیروی خالص در جهت $\vec{F}$ و رو به بالا است و اندازهٔ آن برابر است با:

$$F_{net} = F - mg = ۱۰۰ - ۶۰ = ۴۰\ N$$

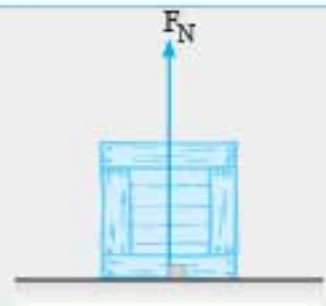
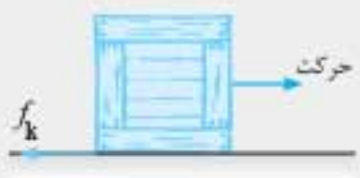
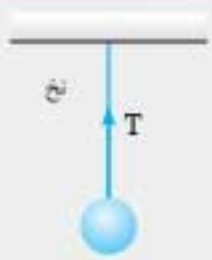
نیروی خالص رو به بالا است و با جابه‌جایی زاویهٔ $\theta = ۰$ می‌سازد. حالا می‌توانیم به سادگی کار کل را محاسبه کنیم:

$$W_t = W_{F_{net}} = F_{net} d\cos\theta \xrightarrow[\theta=۰^\circ]{F_{net}=۴۰\,N,\ d=۲۰\,m} W_t = ۴۰\times ۲۰\times \cos ۰^\circ = ۸۰۰\ J$$

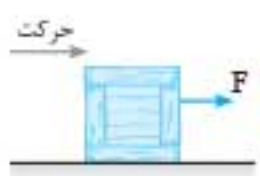
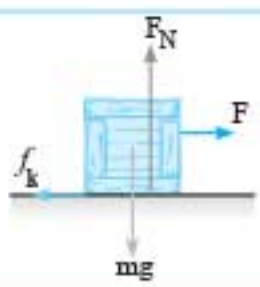
## شناخت نیروهای وارد بر جسم

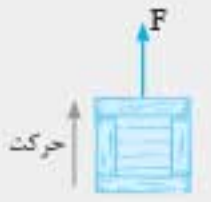
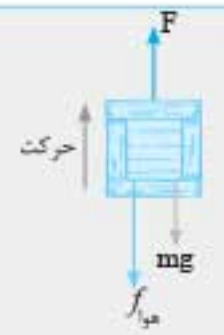
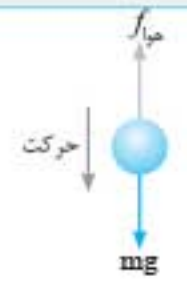
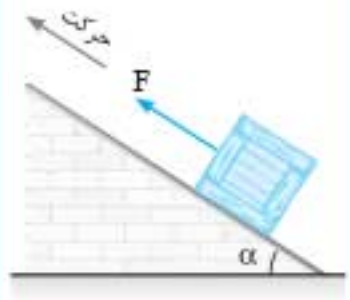
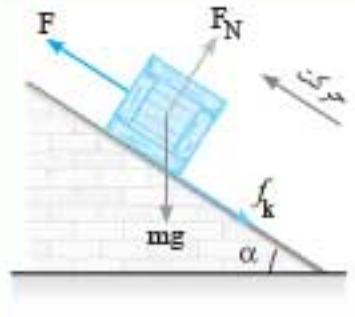
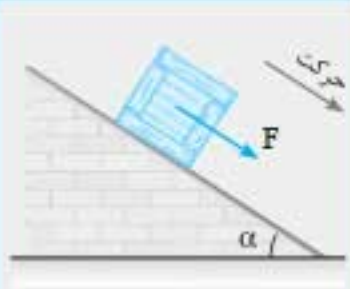
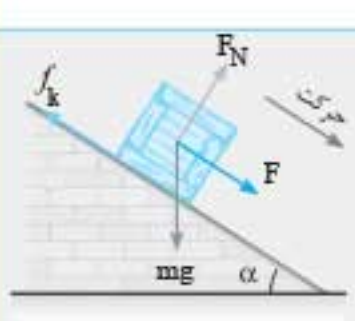
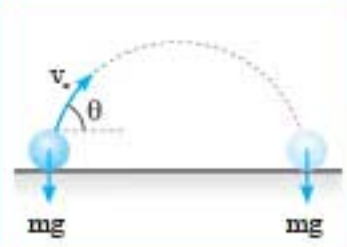
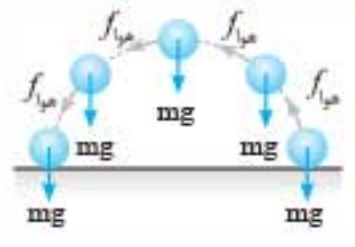
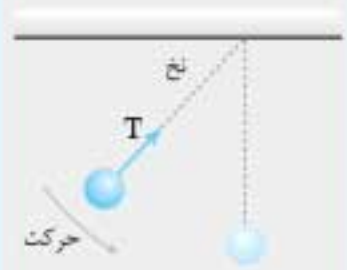
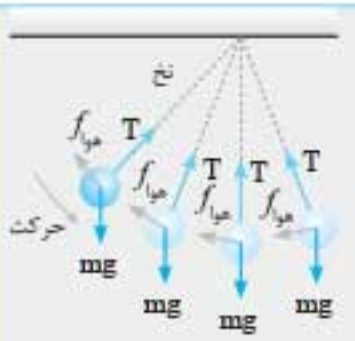
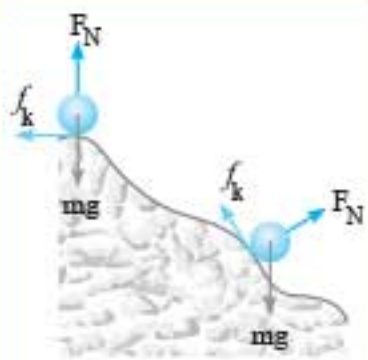
درتست‌هایی که بعد از این حل خواهیم کرد، نیاز است که نیروهای وارد بر جسم را به خوبی بشناسید، برای همین موضوع دو تا جدول خیلی خوشگل! آماده کرده‌ایم که در آن نیروهای وارد بر اجسام در حالت‌های مختلف و پر تکرار رسم شده است.

در جدول زیر نحوهٔ رسم نیروهای مهم را مشاهده می‌کنید:

| نیرو | وزن $(mg)$ | عمودی سطح $(F_N)$ | اصطکاک $(f_k)$ و مقاومت هوا $(f)$ | کشش نخ $(T)$ |
|---|---|---|---|---|
| ویژگی | قائم و رو به پایین | عمود بر سطح | در خلاف جهت حرکت | در راستای نخ، جسم را می‌کشد |
| شکل | |   |   |   |

حالا بریم سراغ جدول خیلی کامل زیر:

| | نوع حرکت | شکل موجود در صورت سؤال | مشخص کردن همهٔ نیروها | توضیحات |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | کشیدن جسم روی سطح افقی |   |   | $\vec{f}_k$ در خلاف جهت حرکت است. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۲ | بالا کشیدن جسم در راستای قائم |  |  | نیروی هوا $\vec{f}$، در خلاف جهت حرکت و رو به پایین است. |
| ۳ | سقوط جسم در راستای قائم و رو به پایین | |  | نیروی هوا $\vec{f}$، در خلاف جهت حرکت و رو به بالا است. |
| ۴ | پرتاب جسم در راستای قائم و رو به بالا | | | پس از پرتاب نیروی محرک وجود ندارد. |
| ۵ | جسم در حال کشیده‌شدن رو به بالای سطح شیب‌دار |  |  | اگر جسم رو به بالا پرتاب شود، نیروی F در این شکل‌ها حذف خواهد شد. |
| ۶ | جسم در حال کشیده‌شدن رو به پایین سطح شیب‌دار |  |  | در این‌جا اگر جسم پرتاب یا رها شود، نیروی F حذف خواهد شد. |
| ۷ | پرتاب جسم در راستای غیرقائم (حرکت پرتابی) |  |  | ۱. نیروی مقاومت هوا در هر لحظه در خلاف جهت‌حرکت(مماس‌برمسیرحرکت)رسم‌می‌شود<br>۲. اگر مقاومت هوا نباشد، هوا $\vec{f}$ از شکل حذف می‌شود و جسم فقط تحت تأثیر نیروی وزن خواهد بود. |
| ۸ | آونگ |  |  | در لحظات مختلف، مقاومت هوا خلاف جهت حرکت و نیروی کشش نخ عمود بر مسیر حرکت است. |
| ۹ | حرکت بر مسیر منحنی | |  | در اینجا، نیروی عمودی سطح، همواره عمود بر مسیر حرکت و نیروی اصطکاک همواره در خلاف جهت حرکت است. |

۹۵۶. مطابق شکل، ستونی از جیوه به طول ۵cm مقداری هوا را در لوله حبس کرده است. اگر لوله را برگردانیم، ستون جیوه چند سانتی‌متر در لوله جابه‌جا می‌شود؟ (فشار هوای محیط ۷۵cmHg و دما ثابت است.)

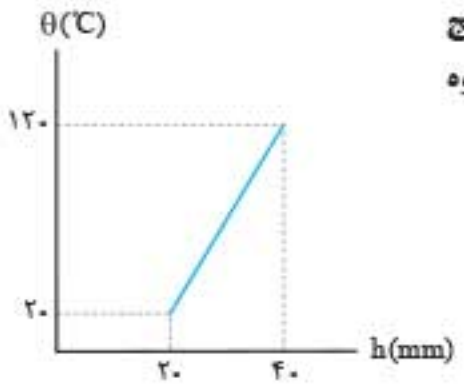
۱) ۸۰
۲) ۱۰
۳) ۱۵
۴) ۲۰

## هایپرتست

۹۵۷. هنگامی که دمای جسمی در مقیاس سلسیوس ۳ برابر می‌شود، در مقیاس فارنهایت دمای جسم ٪۷۲ افزایش می‌یابد. دمای این جسم چند کلوین بوده است؟

۱) ۲۸۳ ۲) ۳۲۳ ۳) ۲۹۳ ۴) ۳۰۰

۹۵۸. در شکل روبه‌رو، نمودار دما برحسب (°C) نسبت به ارتفاع ستون جیوه برحسب میلی‌متر در یک دماسنج نشان داده شده است. اگر این دماسنج را درون آب جوش در فشار یک اتمسفر قرار دهیم، ارتفاع ستون جیوه در آن چند میلی‌متر خواهد بود؟




۱) ۳۶
۲) ۳۰
۳) ۲۸
۴) ۳۸

۹۵۹. طول یک میلهٔ آهنی در دمای ۰°C، 1mm بیشتر از طول میلهٔ مسی و برابر ۱۰۰۳ mm است. دمای میله‌ها را به چند کلوین برسانیم تا طول میلهٔ مسی، ۲ mm بیشتر از طول میلهٔ آهنی باشد؟ ($\alpha_{آهن} = ۱۲\times۱۰^{-۶}\,K^{-۱}$ ، $\alpha_{مس} = ۱۸\times۱۰^{-۶}\,K^{-۱}$)

۱) ۵۰۰ ۲) ۷۷۳ ۳) ۵۲۳ ۴) ۵۴۶

۹۶۰. قطر یک گلولهٔ کروی آهنی در دمای ۰°C به اندازهٔ ۲/۰ mm از قطر سوراخ دایره‌ای در یک صفحهٔ مسی بزرگ‌تر است و گلوله از سوراخ عبور نمی‌کند. اگر قطر گلوله، ۱۰ cm باشد، حداقل دمای گلوله و صفحه تقریباً چند درجهٔ سلسیوس باید باشد تا گلوله از سوراخ عبور کند؟ ($\alpha_{آهن} = ۱۲\times۱۰^{-۶}\,K^{-۱}$ و $\alpha_{مس} = ۱۷\times۱۰^{-۶}\,K^{-۱}$)

۱) ۴۰۰ ۲) ۵۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۶۰۰

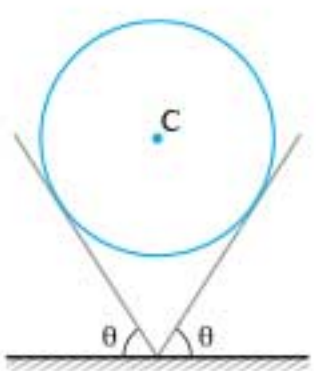
۹۶۱. طول یک خط‌کش فلزی در دمای ۲۰°C درست برابر ۱۰۰cm است. به کمک این خط‌کش طول یک جسم پلاستیکی در دمای ۲۰°C برابر ۸۰cm اندازه‌گیری شده است. اگر این مجموعه را تا ۱۲۰°C گرم کنیم، طول جسم پلاستیکی با اندازه‌گیری مجدد توسط این خط‌کش ۸۰/۱۶cm خواهد شد. ضریب انبساط طولی جسم پلاستیکی چند $K^{-۱}$ است؟ (ضریب انبساط طولی فلز = $۲۴\times۱۰^{-۶}\,K^{-۱}$ است.)

۱) $۴/۴\times۱۰^{-۵}$ ۲) $۲\times۱۰^{-۵}$ ۳) $۳\times۱۰^{-۵}$ ۴) $۳/۴\times۱۰^{-۵}$

۹۶۲. مطابق شکل، بر اثر افزایش دما به اندازهٔ ۲۵°C، میله‌ای که در مرکز آن شکافی وجود دارد، به بالا تاب برمی‌دارد. اگر فاصلهٔ ثابت $L_۱ = ۸m$ و ضریب انبساط طولی میله، $\alpha = ۲\times۱۰^{-۵}\,K^{-۱}$ باشد، بالارفتگی مرکز میله (x) تقریباً چند سانتی‌متر است؟

۱) $۱۰\sqrt{۲}$ ۲) $۴\sqrt{۱۰}$ ۳) $۳\sqrt{۵}$ ۴) $۵\sqrt{۳}$

۹۶۳. مطابق شکل روبه‌رو، کره‌ای فلزی با ضریب انبساط طولی $۲\times۱۰^{-۵}\,K^{-۱}$ در داخل یک قیف قرار دارد به‌طوری که فاصلهٔ مرکز آن تا سطح زمین، ۸۰cm است. دمای کره را چند درجهٔ سلسیوس کاهش دهیم تا مرکز کره، ۲cm در راستای قائم جابه‌جا شود؟ (از اصطکاک کره با سطح قیف چشم‌پوشی کنید.)




۱) ۱۲۵۰
۲) ۱۰۰۰
۳) ۵۰۰
۴) ۸۰۰

# آزمون جامع

زمان پیشنهادی: ۳۵ دقیقه

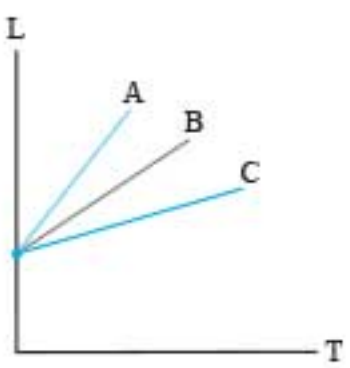
**۹۹۲.** دمای جسمی $127^\circ C$ است. دمای این جسم چند درجهٔ فارنهایت افزایش یابد تا دمای مطلق آن ۲۵ درصد افزایش یابد؟

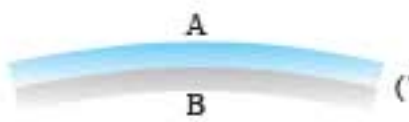
۱) ۱۰۰ ۲) ۵۴۰ ۳) ۲۱۲ ۴) ۱۸۰

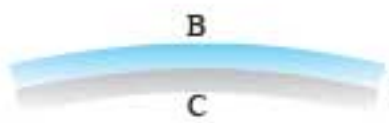
**۹۹۳.** طول هر یک از میله‌های برنجی و آهنی در دمای $0^\circ C$ برابر ۱۰m است. در یک روز گرم مشخص شد که طول میلهٔ برنجی ۲/۸mm از طول میلهٔ آهنی بیشتر است. دمای هوا در آن روز چند درجهٔ سلسیوس بوده است؟ ($\alpha_{آهن} = 12\times10^{-6}\,^\circ C^{-1}$, $\alpha_{برنج} = 19\times10^{-6}\,^\circ C^{-1}$)

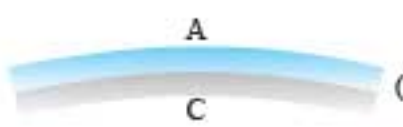
۱) ۴ ۲) ۳۰ ۳) ۳ ۴) ۴۰

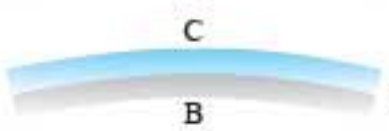
**۹۹۴.** شکل روبه‌رو، نمودار تغییرات طول سه میلهٔ A، B و C را برحسب دما نشان می‌دهد. در اثر کاهش دما، کدام‌یک از شکل‌های زیر خمیدگی میله‌ها را درست نشان می‌دهد؟




۱)



۲)



۳)



۴)


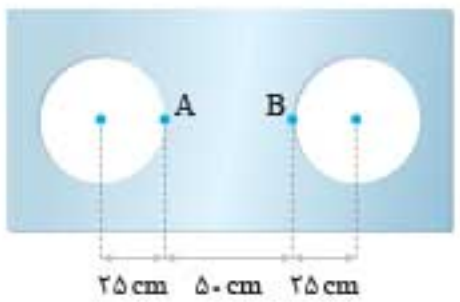

**۹۹۵.** دو صفحهٔ فلزی دایره‌ای شکل a و b را در اختیار داریم و در دمای $0^\circ C$، شعاع صفحهٔ b دو برابر شعاع صفحهٔ a است. در چه دمایی برحسب درجهٔ سلسیوس مساحت صفحهٔ فلزی b، دو برابر مساحت صفحهٔ فلزی a است؟ ($\alpha_a = 6\times10^{-3}\,^\circ C^{-1}$ , $\alpha_b = 2\times10^{-3}\,^\circ C^{-1}$)

۱) ۵۰۰ ۲) ۵۰ ۳) ۲۵۰ ۴) ۴۰۰

**۹۹۶.** مکعبی به ضریب انبساط طولی $12\times10^{-6}\,K^{-1}$ در دمای $0^\circ C$ قرار دارد. اگر دمای آن را به $100^\circ C$ برسانیم، حجم مکعب چند درصد افزایش می‌یابد؟ (تجربی خارج ۹۴)

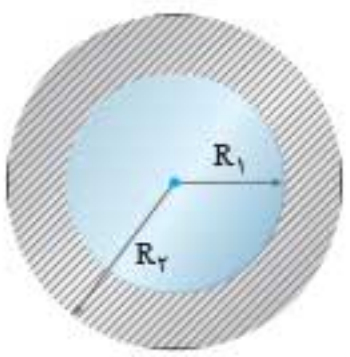
۱) ۰/۱۲ ۲) ۰/۳۶ ۳) ۱۲ ۴) ۳۶

**۹۹۷.** از سطح یک صفحهٔ فلزی نازک که ضریب انبساط سطحی آن $3/6\times10^{-5}\,K^{-1}$ است، دو دایره به شعاع‌های ۲۵cm را در دمای $0^\circ C$ خارج کرده‌ایم. اگر دمای صفحه را به آرامی از صفر به $200^\circ C$ برسانیم، فاصلهٔ AB چند میلی‌متر می‌شود؟ (تجربی خارج ۹۵)




۱) ۴۹۶/۴ ۲) ۴۹۸/۲ ۳) ۵۰۱/۸ ۴) ۵۰۳/۶

**۹۹۸.** دو ورقهٔ نازک دایره‌ای شکل فلزی به شعاع $R_1 = 15cm$ و $R_2 = 20cm$ را مطابق شکل مقابل روی هم قرار داده‌ایم. نسبت ضریب انبساط طولی دو فلز $(\frac{\alpha_2}{\alpha_1})$ چقدر باشد تا مساحت قسمت هاشورخورده در هر دمایی ثابت بماند؟




۱) $\frac{3}{4}$ ۲) $\frac{9}{16}$ ۳) $\frac{16}{9}$ ۴) $\frac{3}{5}$

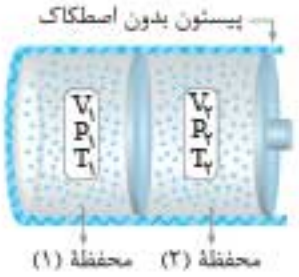
**۹۹۹.** ظرفی به حجم $100cm^3$ را به وسیلهٔ مایعی پر می‌کنیم و دمای ظرف و مایع را $50^\circ C$ افزایش می‌دهیم. اگر ضریب انبساط سطحی ظرف $\frac{2}{3}$ برابر ضریب انبساط حجمی مایع باشد، چند سانتی‌متر مکعب مایع از ظرف بیرون می‌ریزد؟

۱) ۱/۵ ۲) ۱/۲ ۳) ۰/۵ ۴) صفر

**۱۰۰۰.** درون یک ظرف فلزی به ضریب انبساط طولی $\alpha$ مقداری مایع به ضریب انبساط حجمی $\beta$ وجود دارد. اگر دمای مایع و ظرف به اندازهٔ $\Delta\theta$ افزایش یابد، فشار مایع بر ته ظرف چگونه تغییر می‌کند؟

۱) کاهش می‌یابد.
۲) افزایش می‌یابد.
۳) تغییر نمی‌کند.
۴) به مقادیر $\alpha$ و $\beta$ بستگی دارد.

**۱۰۴۴. محفظه‌ای را مطابق شکل به وسیلهٔ یک جداکنندهٔ ثابت، به دو قسمت تقسیم کرده و روی محفظهٔ (۲) پیستونِ بدون اصطکاکی را قرار داده‌ایم. با فرضِ برابر بودن متغیرهای ترمودینامیکی در هر دو محفظه که از گازهای مشابه پر شده‌اند، چنان‌چه مقدار یکسانی گرما به گازهای درون محفظه‌ها بدهیم، کدام گزینه در مورد کار انجام شده روی محیط و دمای دو محفظه در انتهای فرایند درست است؟**



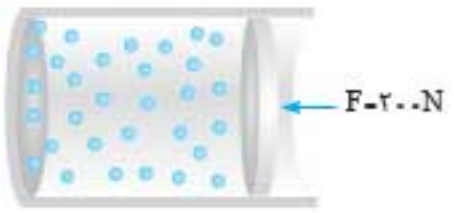

۱) $T_1' > T_2' , W_2' > 0 , W_1' > 0$

۲) $T_1' < T_2' , W_2' < 0 , W_1' < 0$

۳) $T_1' > T_2' , W_2' > 0 , W_1' = 0$

۴) $T_1' < T_2' , W_2' > 0 , W_1' = 0$

**۱۰۴۵. در شکل زیر مقداری گاز کامل درون یک استوانه قرار دارد. نیروی $F = 200N$ بر پیستون وارد شده و پیستون ثابت است. آرام آرام به گاز ۱۲J گرما می‌دهیم، به طوری که پیستون به آهستگی $5cm$ به سمت راست حرکت می‌کند. تغییر انرژی درونی گاز در طی این فرایند چند ژول است؟ (از نیروی اصطکاک و فشار هوا صرف نظر کنید.)**




۱) ۲

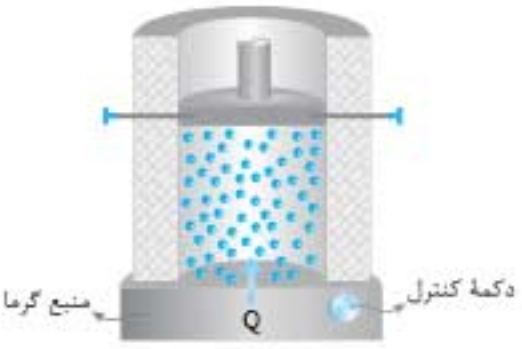
۲) −۲

۳) ۲۲

۴) −۲۲

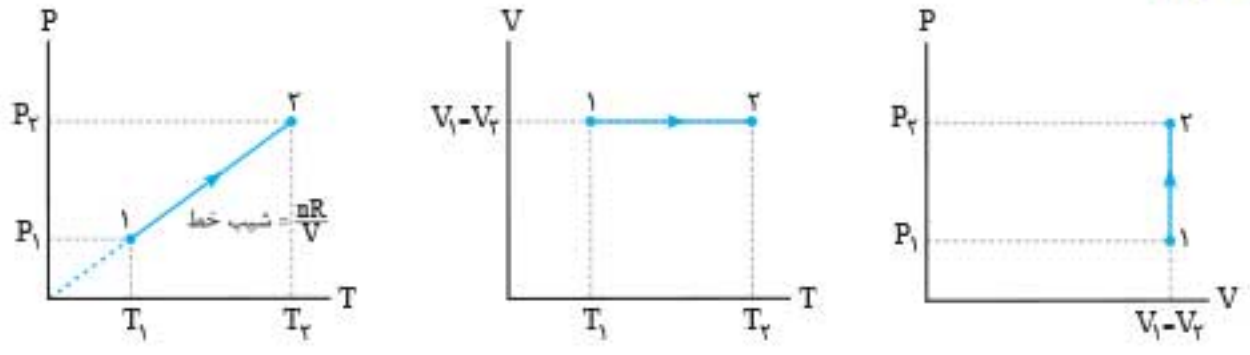
# ایستگاه ۲: فرایندهای هم‌حجم و هم‌فشار

## فرایند هم‌حجم




برای انجام این فرایند مطابق شکل پیستون را به کمک دو گیره در جای خود ثابت نگه می‌داریم تا حجم گاز همواره ثابت بماند. همچنین مشاهده می‌کنیم که گاز در تماس با منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم قرار دارد. دمای منبع را به آرامی و به تدریج تغییر می‌دهیم تا گاز طی یک فرایند ایستاوار، با گذار از حالت‌های تعادلی به حالت نهایی مورد نظر برسد.

### نمودارهای فرایند هم‌حجم:




### توضیحات بیشتر دربارهٔ نمودار $P-T$ فرایند هم‌حجم:

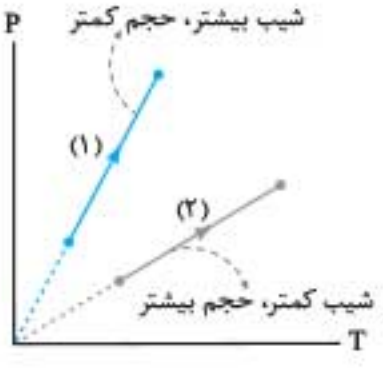
۱ طبق این نمودار مشخص است که در فرایند هم‌حجم نحوهٔ تغییر $P$ و $T$ مشابه یکدیگر است: یعنی با افزایش یا کاهش یکی، دیگری نیز افزایش یا کاهش می‌یابد.

۲ طبق معادلهٔ حالت گاز کامل می‌توان نوشت:

$$PV = nRT \Rightarrow P = \left(\frac{nR}{V}\right)T$$

($\frac{nR}{V}$: شیب خط)

مشخص است که در فرایند هم‌حجم نمودار $P$ برحسب $T$، خطی است که از مبدأ مختصات می‌گذرد و $\frac{nR}{V}$ شیب این خط و مقداری ثابت است: چون $V$ در مخرج رابطه قرار دارد، بنابراین با افزایش آن، شیب خط کاهش می‌یابد: یعنی برای مقدار معینی گاز کامل، که دو نمودار هم‌حجم مطابق شکل مقابل دارد، می‌توان گفت:




$$\text{شیب خط (۱)} < \text{شیب خط (۲)} \Rightarrow \frac{n.R}{V_1} < \frac{n.R}{V_2} \Rightarrow V_2 > V_1$$

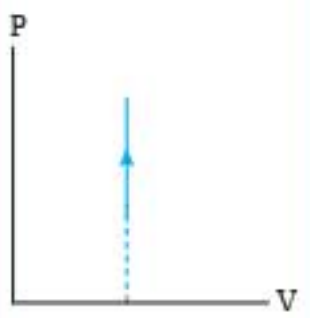
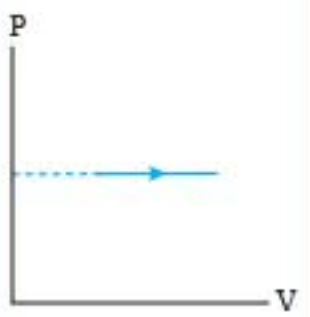
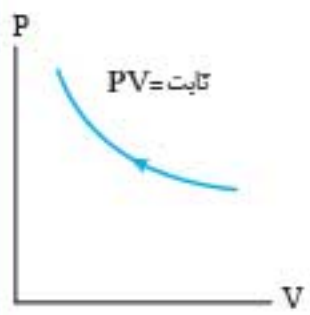
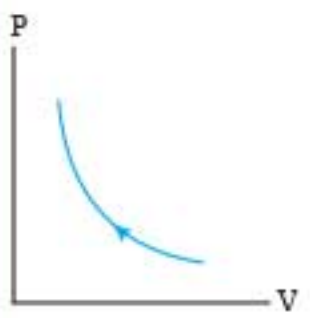
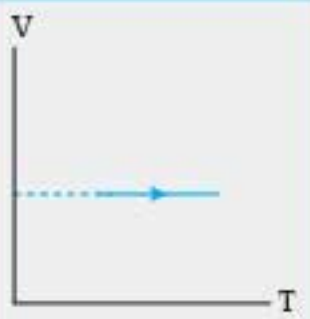
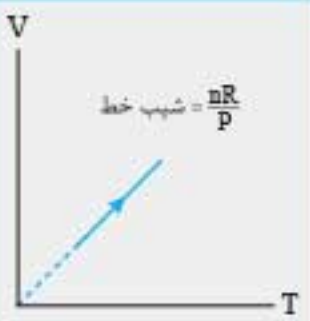
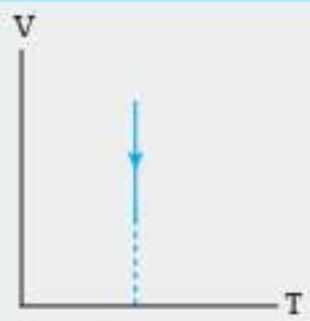
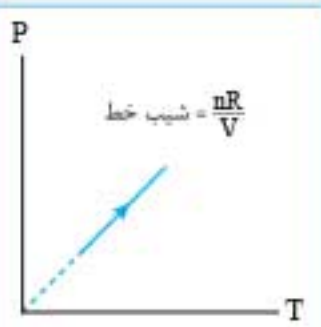
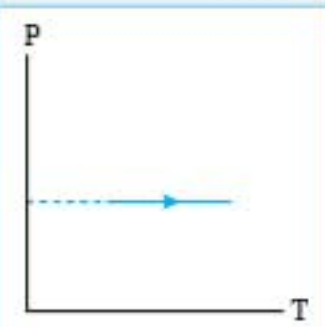
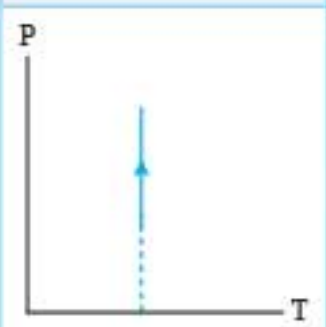
یعنی گاز در فرایند هم‌حجم (۲)، حجم بیشتری دارد.

# ایستگاه ۴: ترکیب فرایندها

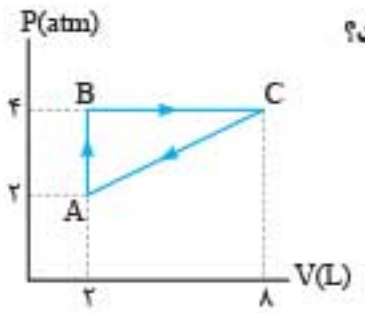
در مطالب این بخش، روی هر ۴ فرایند گفته شـــده باید تســـلط کافی داشته باشـــید. پس لازم است مطالب فرایندهای خاص را یک بار دیگر کامل مرور کنید. برای جمع‌بندی می‌توانید از جدول و نمودارهای زیر استفاده کنید.

| نوع فرایند | $\Delta V$ | $\Delta P$ | $\Delta T$ | W | Q | $\Delta U$ | قانون اول ترمودینامیک | معادلهٔ حالت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| هم‌حجم ( V ثابت) | صفر | + | + | صفر | + | + | $\Delta U = Q$ | $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ |
| | | − | − | | − | − | | |
| هم‌فشار ( P ثابت) | + | صفر | + | − | + | + | $\Delta U = Q + W$ یا $\lvert Q\rvert = \lvert \Delta U\rvert + \lvert W\rvert$ | $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ |
| | − | | − | + | − | − | | |
| هم‌دما ( T ثابت) | + | − | صفر | − | + | صفر | $Q = -W$ | $P_1V_1 = P_2V_2$ یا $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2}$ |
| | − | + | | + | − | | | |
| بی‌دررو ($Q = 0$) | + | − | − | − | صفر | − | $\Delta U = W$ | $\frac{P_2}{P_1} \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ |
| | − | + | + | + | | + | | |

این جدول خیلی مهمه! حتماً همهٔ بخش‌های اونو یاد بگیرید و حفظ کنید.

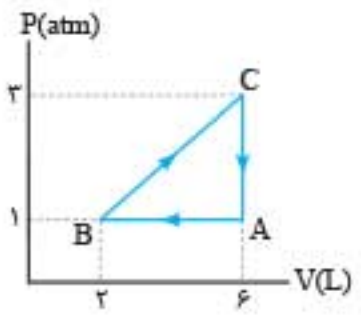
| نوع نمودار | هم حجم ( V ثابت) | هم فشار ( P ثابت) | هم دما ( T ثابت) | بی‌دررو ($Q = 0$) |
|---|---|---|---|---|
| نمودار $P - V$ |  |  |  |  |
| نمودار $V - T$ |  |  |  | |
| نمودار $P - T$ |  |  |  | |

**۱۱۳۴.** نمودار $P-V$ مقدار معینی گاز کامل مطابق شکل است. کار انجام شده توسط گاز در طی یک چرخه چند ژول است؟



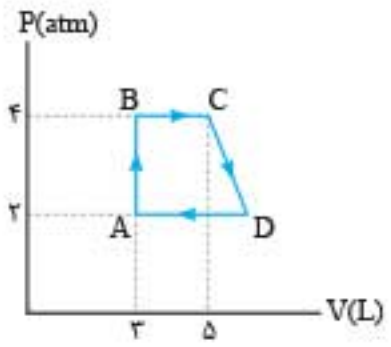

۱) ۶۰۰
۲) ۱۲۰۰
۳) $-۶۰۰$
۴) $-۱۲۰۰$

**۱۱۳۵.** مقداری گاز کامل، چرخه‌ای مطابق شکل مقابل را طی کرده است. در این چرخه گاز:



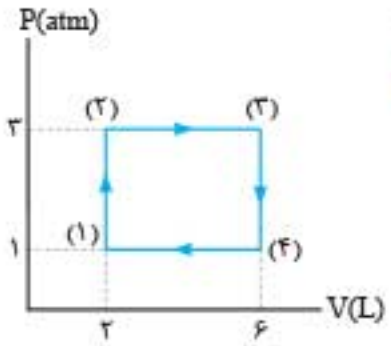

۱) ۴۰۰ ژول گرما از دست داده است.
۲) ۸۰۰ ژول گرما از دست داده است.
۳) ۴۰۰ ژول کار انجام داده است.
۴) ۸۰۰ ژول کار انجام داده است.

**۱۱۳۶.** گاز کاملی چرخه‌ای مطابق شکل را طی کرده است. گاز در طی هر چرخه در مجموع ۶۰۰ J گرما دریافت کرده است. حجم گاز در نقطهٔ D چند لیتر است؟



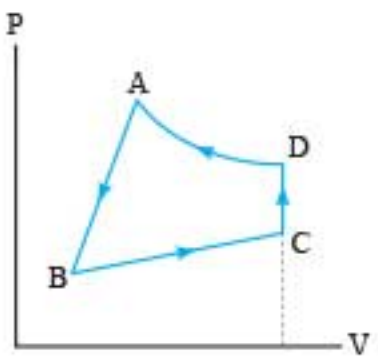

۱) ۶
۲) ۷
۳) ۸
۴) ۹

**۱۱۳۷.** چرخهٔ مربوط به یک گاز کامل دو اتمی مطابق شکل است. اگر دمای گاز در حالت (۱) برابر ۱۰۰K باشد، کدام گزینه نادرست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



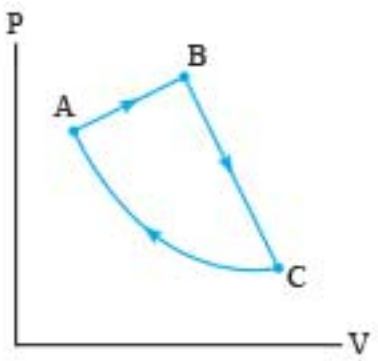

۱) کار انجام شده روی گاز در کل چرخه، برابر $-۸۰۰J$ است.
۲) گاز در فرایندهای (۲) → (۱) و (۳) → (۲) گرما گرفته است.
۳) مجموع تغییرات انرژی درونی گاز در مسیر (۳) → (۲) → (۱) و مسیر (۱) → (۴) → (۳) برابر صفر است.
۴) دمای گاز در حالت (۴)، برابر ۳۵۰K است.

**۱۱۳۸.** مقدار معینی گاز کامل، چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. اگر گاز در فرایند AB، ۶۰۰ J گرما از دست بدهد و تغییر انرژی درونی آن در مسیر BCD، ۴۰۰ J باشد، کار انجام شده روی گاز در فرایند AB چند ژول است؟ (فرایند DA، هم‌دما است.)



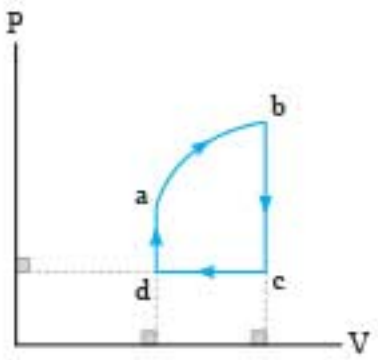

۱) ۲۰۰
۲) ۱۰۰۰
۳) $-۲۰۰$
۴) $-۱۰۰۰$

**۱۱۳۹.** در چرخهٔ مقابل، فرایند CA هم‌دما است. نسبت تغییر انرژی درونی گاز در مسیر AB به تغییر انرژی درونی در مسیر BC کدام است؟




۱) $-۱$
۲) ۱
۳) $-\frac{۱}{۲}$
۴) نمی‌توان تعیین کرد.

**۱۱۴۰.** گازی چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. این گاز وقتی از مسیر abc از a به c می‌رود، انرژی درونی آن ۶۰۰J زیاد می‌شود. وقتی از c به d می‌رود، ۱۲۰۰J گرما از دست می‌دهد و در مسیر da، ۲۰۰J گرما می‌گیرد. کار انجام شده روی گاز از c تا d چند ژول است؟




۱) ۲۰۰۰
۲) ۴۰۰
۳) ۱۴۰۰
۴) ۸۰۰

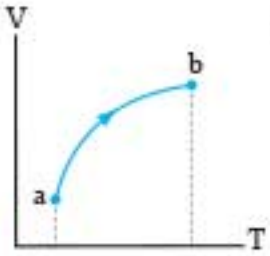
# آزمون جامع

زمان پیشنهادی: ۲۵ دقیقه

**۱۲۰۱. برای مقدار معینی گاز کامل، کدام‌یک از شرایط زیر امکان ندارد رخ دهد؟**

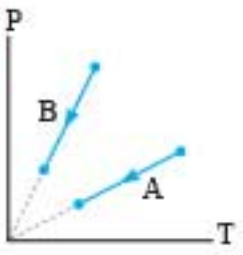
۱) گاز گرما بگیرد، متراکم شود و دمای آن کم شود.
۲) گاز گرما بگیرد، منبسط شود و دمای آن کم شود.
۳) تبادل گرما صورت نگیرد، حجم گاز زیاد شده و دمای آن کاهش یابد.
۴) گاز گرما بگیرد، کاری انجام ندهد و دمای آن افزایش یابد.

**۱۲۰۲. شکل مقابل نمودار $V-T$ یک فرایند ترمودینامیکی مربوط به مقدار معینی گاز کامل را نشان می‌دهد. کدام گزینه در رابطه با گرمای داده شده به گاز ($Q$) و کار انجام شده روی گاز ($W$) در طی این فرایند درست است؟**



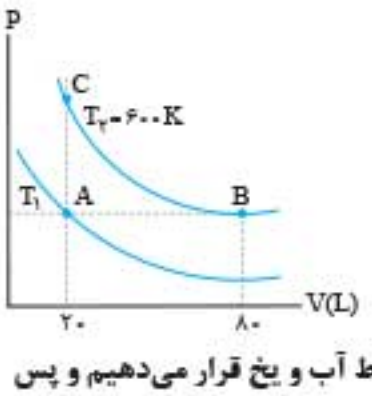

۱) $W=-Q$
۲) $W=Q$
۳) $|W|>|Q|$
۴) $|W|<|Q|$

**۱۲۰۳. نمودار $P-T$ مربوط به دو گاز کامل تک‌اتمی A و B مطابق شکل است. کار انجام شده روی کدام گاز بیشتر است؟**




۱) گاز A
۲) گاز B
۳) هر دو باهم برابرند.
۴) بستگی به تعداد مول گازها دارد.

**۱۲۰۴. دو منحنی هم‌دما برای مقدار معینی گاز کامل تک‌اتمی به شکل مقابل رسم شده است. دمای $T_1$ چند کلوین است؟**

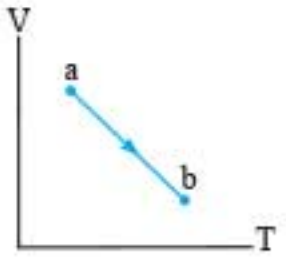



۱) ۷۵
۲) ۱۵۰
۳) ۳۰۰
۴) ۴۰۰

**۱۲۰۵. مقدار معینی گاز کامل درون محفظه‌ای که با محیط بیرون تبادل گرمایی دارد، قرار دارد. این محفظه را درون مخلوط آب و یخ قرار می‌دهیم و پس از تبادل گرمایی مخلوط آب و یخ و محفظه خیلی سریع با حرکت پیستون حجم گاز را افزایش می‌دهیم. روند تغییر دما برای این گاز چگونه است؟**

۱) پیوسته کاهش می‌یابد.
۲) پیوسته افزایش می‌یابد.
۳) ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.
۴) ابتدا افزایش، سپس کاهش می‌یابد.

**۱۲۰۶. شکل مقابل نمودار $V-T$ یک گاز کامل را نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد این نمودار الزاماً درست است؟**

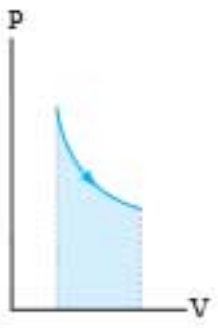



۱) کار انجام شده روی گاز مثبت است.
۲) فشار گاز کاهش یافته‌است.
۳) انرژی درونی گاز کاهش یافته‌است.
۴) گاز از محیط گرما گرفته‌است.

**۱۲۰۷. مقداری گاز کامل، در یک فرایند هم‌فشار ۵۰۰J کار روی محیط انجام می‌دهد. اگر اندازهٔ گرمای مبادله شده، $\frac{۷}{۵}$ اندازهٔ تغییر انرژی درونی گاز باشد، انرژی درونی گاز چند ژول تغییر می‌کند؟** (ریاضی خارج ۹۹)

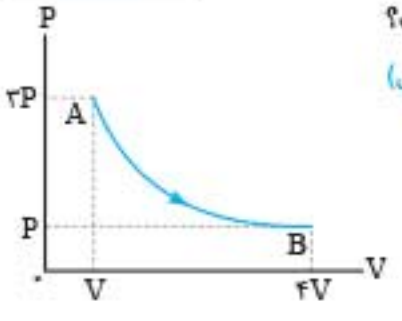
۱) ۱۲۵۰، کاهش
۲) ۱۲۵۰، افزایش
۳) ۱۷۵۰، کاهش
۴) ۱۷۵۰، افزایش

**۱۲۰۸. نمودار $P-V$ گاز کاملی در یک فرایند بی‌دررو مطابق شکل است. اگر مساحت ناحیهٔ رنگی ۱۵۰ واحد SI باشد، تغییر انرژی درونی گاز چند ژول است؟** (ریاضی خارج ۹۵ با تغییر)




۱) ۱۵۰−
۲) ۱۵۰
۳) ۶۰۰−
۴) ۶۰۰

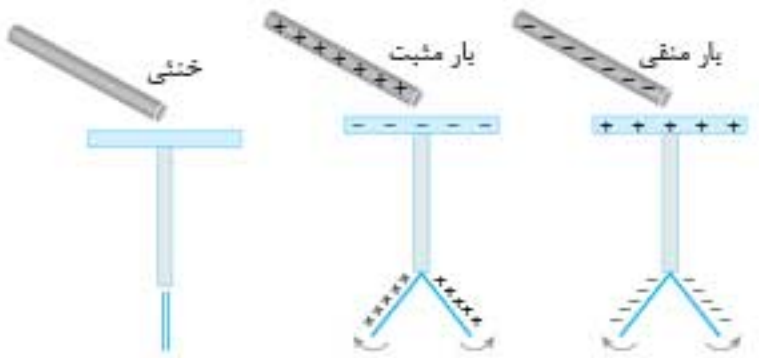
**۱۲۰۹. مطابق شکل، با توجه به نمودار فرایند AB که مربوط به مقدار معینی گاز کامل می‌باشد، کدام گزینه نادرست است؟** (کانون فرهنگی آموزش)




۱) در این فرایند، انرژی درونی گاز افزایش یافته است.
۲) در این فرایند، گاز گرما دریافت کرده است.
۳) این فرایند، مربوط به فرایند بی‌دررو است.
۴) در این فرایند، کار انجام‌شده روی گاز مقداری منفی است.

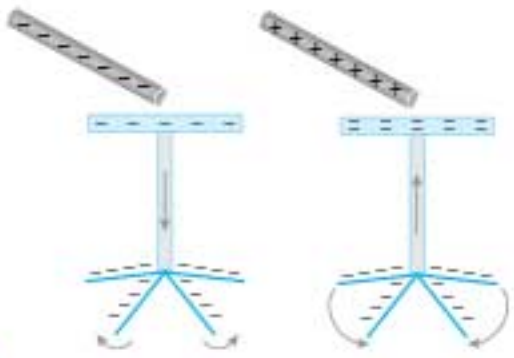
### ۱. تعیین باردار بودن جسم

برای این منظور، جسم موردنظر را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم. اگر جسم موردنظر بار الکتریکی داشته باشد، در اثر القا روی صفحات الکتروسکوپ، این صفحات (ورقه‌ها) بار همنام پیدا کرده و از هم دور می‌شوند و اگر جسم موردنظر بار نداشته باشد، صفحات همچنان بسته می‌مانند.



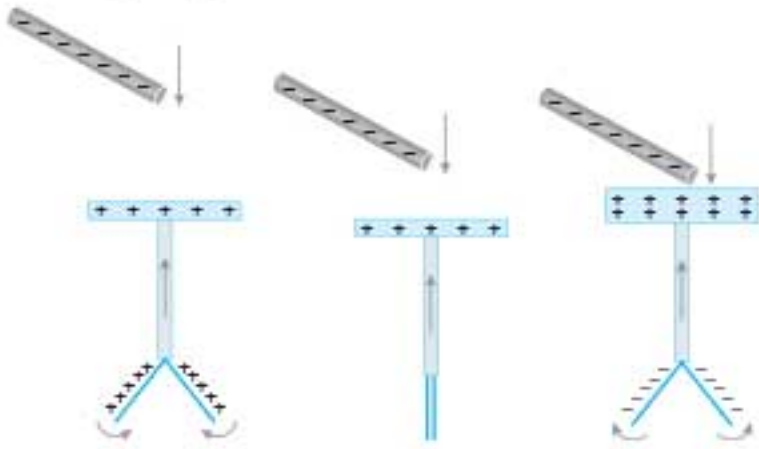

### ۲. تعیین نوع بار الکتریکی

برای این منظور ابتدا به الکتروسکوپ باری که نوع آن را می‌دانیم، می‌دهیم. حال جسم موردنظر را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. اگر بار جسم موردنظر همنام با بار الکتروسکوپ باشد، به علت القا، بار روی ورقه‌ها بیشتر شده و ورقه‌ها بازتر می‌شوند و اگر بار جسم، مخالف بار الکتروسکوپ باشد، به علت القا، بار روی ورقه‌ها کمتر شده و ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند.



**نکته:** ۱ اگر یک جسم رسانای خنثی را به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم، به علت ایجاد القا و غلبهٔ جاذبه بر دافعه، بار الکتریکی روی ورقه‌ها کاهش یافته و ورقه‌ها بسته‌تر می‌شوند.

۲ اگر باری که به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌کنیم، مخالف بار الکتروسکوپ بوده و دارای مقدار بزرگی باشد، با نزدیک‌کردن تدریجی جسم به کلاهک، ممکن است که صفحات الکتروسکوپ به هم چسبیده و سپس از هم دور شوند. و اگر این کار را با سرعت انجام دهیم، بسته و باز شدن ورقه‌ها را نمی‌بینیم و تصور می‌کنیم که صفحات بازتر شده‌اند.



**نکته:** با توجه به نکات قبل، نتایج زیر را داریم:

۱ اگر در اثر نزدیک‌کردن جسمی به کلاهک الکتروسکوپ باردار، صفحات بسته‌تر شدند، دو حالت داریم:

الف بار جسم، مخالف بار الکتروسکوپ و بار کوچکی است.

ب بار جسم، خنثی است و جسم بار الکتریکی ندارد.

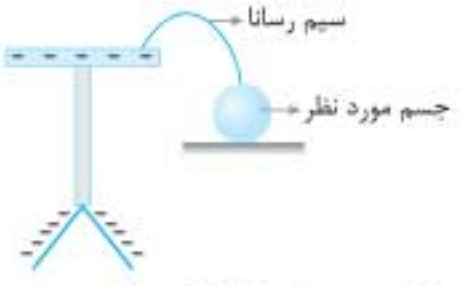
۲ اگر در اثر نزدیک‌کردن جسمی به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار، صفحات بازتر شدند، دو حالت داریم:

الف بار جسم، همنام با بار الکتروسکوپ است.

ب بار جسم، مخالف بار الکتروسکوپ بوده و بار بزرگی است.

### ۳. تعیین رسانا یا نارسانا بودن جسم

برای این منظور ابتدا الکتروسکوپ را باردار می‌کنیم. سپس جسم موردنظر را که در تماس با زمین است، با یک سیم رسانا به کلاهک الکتروسکوپ متصل می‌کنیم. اگر جسم موردنظر رسانا باشد، بار الکتروسکوپ خنثی شده و ورقه‌ها به هم می‌چسبند و اگر نارسانا باشد، چون بار الکتروسکوپ تخلیه نمی‌شود، صفحات همچنان باز باقی می‌مانند.




**نکته:** با توجه به این‌که بدن ما رسانا است، می‌توانیم جسم موردنظر را از یک سر در دست گرفته و سر دیگر جسم را به کلاهک تماس دهیم و مانند روش قبل عمل کنیم.

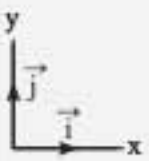
**تست: با نزدیک کردن جسم رسانای A به یک الکتروسکوپ باردار، ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک می‌شوند. در این‌صورت دربارهٔ بار جسم A ، کدام گزینه درست است؟**

۱) بدون بار است.
۲) باری موافق بار الکتروسکوپ دارد.
۳) الزاماً باری مخالف بار الکتروسکوپ دارد.
۴) یا بدون بار است و یا باری مخالف بار الکتروسکوپ دارد.

**پاسخ:** گزینهٔ «۴» چون ورقه‌ها به هم نزدیک شده‌اند، پس یا جسم خنثی بوده و یا بارش مخالف بار الکتروسکوپ است.

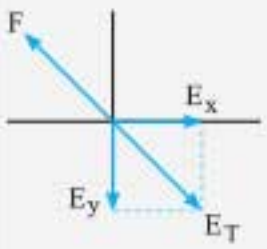
**پاسخ:** گزینهٔ «۴» به این ذره دو نیروی وزن رو به پایین و نیروی الکتریکی به سمت راست وارد می‌شود و برایند آن‌ها به‌طور مایل رو به پایین است. با توجه به این‌که ذره در ابتدا ساکن بوده است در جهت نیروی برایند حرکت می‌کند، دقت کنید اگر وزن ناچیز بود **گزینهٔ «۱»** درست بود. اگر جسم به سمت پایین پرتاب می‌شد **گزینهٔ «۲»** درست بود و اگر پرتاب به سمت راست و افقی بود **گزینهٔ «۳»** صحیح بود.

**یک ذره که بار الکتریکی آن $-۵۰\mu C$ است، وارد میدان الکتریکی $\vec{E}=۳۰۰۰\vec{i}-۴۰۰۰\vec{j}$ در SI می‌شود. اندازه و جهت نیروی الکتروستاتیکی در SI کدام است؟**




۱) ۰/۲۵ و ↖ ۲) ۰/۲۵ و ↘ ۳) ۰/۰۲۵ و ↖ ۴) ۰/۲۵ و ↘

**پاسخ:** گزینهٔ «۱»




چون بردار میدان برایند در ربع چهارم و بار منفی است و به بار منفی خلاف جهت میدان نیرو وارد می‌شود، پس بردار نیروی الکتریکی در ربع دوم قرار دارد.

$$E_T=\sqrt{(E_x)^۲+(E_y)^۲}=\sqrt{(۳۰۰۰)^۲+(-۴۰۰۰)^۲}=۵۰۰۰N/C$$

$$F=E|q|=۵۰۰۰\times۵۰\times۱۰^{-۶}=۰/۲۵N$$

**اگر ۸cm از بار نقطه‌ای دور شویم، میدان الکتریکی حاصل از بار $\frac{۱}{۲۵}$ برابر می‌شود. فاصلهٔ اولیه از بار الکتریکی چند سانتی‌متر بوده است؟**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

**پاسخ:** گزینهٔ «۲»

$$E=\frac{k|q|}{r^۲}\Rightarrow\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲\Rightarrow\frac{۱}{۲۵}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲\Rightarrow\frac{r_۱}{r_۲}=\frac{۱}{۵}\Rightarrow\begin{cases}r_۲=۵r_۱\\r_۲=r_۱+۸\end{cases}\Rightarrow r_۱=۲cm$$

**اگر اندازهٔ بار نقطه‌ای را نصف کنیم و فاصله از بار ۲۰ درصد کاهش یابد، میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی تقریباً ..... درصد ..... می‌یابد.**

۱) ۷۸، افزایش ۲) ۷۸، کاهش ۳) ۲۲، کاهش ۴) ۲۲، افزایش

**پاسخ:** گزینهٔ «۳»

$$\frac{E_۲}{E_۱}=\frac{|q_۲|}{|q_۱|}\times(\frac{r_۱}{r_۲})^۲=\frac{۱}{۲}\times(\frac{r_۱}{۰/۸r_۱})^۲\xrightarrow{r_۲=۰/۸r_۱}\frac{E_۲}{E_۱}=\frac{۱}{۲}\times\frac{۱۰۰}{۶۴}=\frac{۱۰۰}{۱۲۸}\simeq۰/۷۸$$

$$\Rightarrow E_۲=۰/۷۸E_۱\Rightarrow\text{درصد تغییر میدان}=\frac{E_۲-E_۱}{E_۱}\times۱۰۰=-۰/۲۲\times۱۰۰=-۲۲٪$$

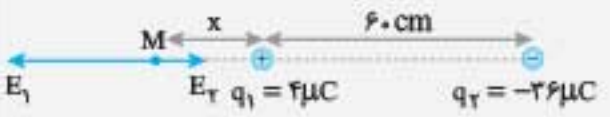
پس میدان الکتریکی تقریباً ۲۲ درصد کاهش یافته است.

**در شکل مقابل، در چند سانتی‌متری بار $q_۲$ میدان الکتریکی حاصل از بارها صفر می‌شود؟**

۱) ۳۰ ۲) ۱۵
۳) ۹۰ ۴) ۷۵

**پاسخ:** گزینهٔ «۳»

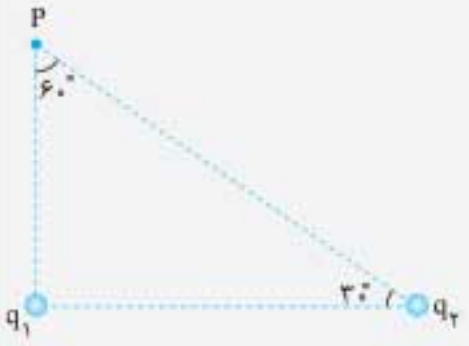
در این‌گونه سؤالات اگر بارها همنام باشند نقطهٔ موردنظر بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر است و اگر بارها ناهمنام باشند نقطهٔ مورد نظر خارج دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر است.




$$E_۱=E_۲\Rightarrow k\frac{|q_۱|}{x^۲}=\frac{k|q_۲|}{(۶۰+x)^۲}\Rightarrow\frac{۴}{x^۲}=\frac{۳۶}{(۶۰+x)^۲}\Rightarrow۶۰+x=۳x\Rightarrow x=۳۰cm$$

فاصله تا بار $q_۲$ : $۶۰+۳۰=۹۰cm$

**در شکل مقابل بزرگی میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ در نقطهٔ P با هم برابرند. اندازهٔ بار $q_۲$ چند برابر اندازهٔ بار $q_۱$ است؟**



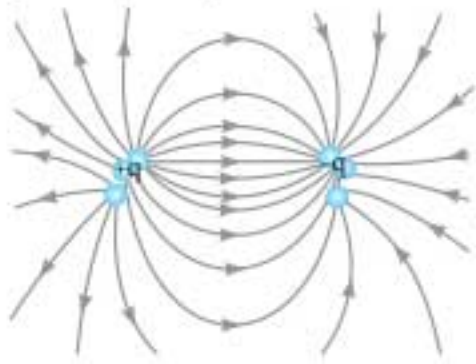

۱) $\sqrt{۲}$
۲) ۲
۳) $\sqrt{۳}$
۴) ۴

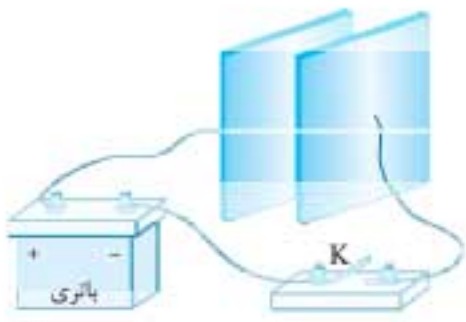
**۱۴۷۹. مطابق شـــکل به یک پوسته کروی رسانایی منزوی خنثی، بار $400\mu C$ می‌دهیم بار سطح خارجی پوسته و سطح داخلی پوسته به ترتیب از راست به چپ چند میکروکولن می‌شود؟**

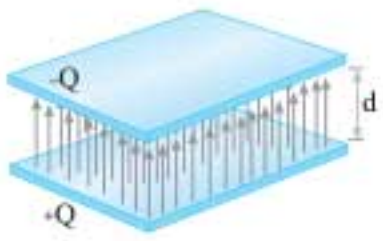
۱) ۲۰۰ و ۲۰۰
۲) ۰ و ۴۰۰
۳) ۴۰۰ و صفر
۴) بسته به شرایط هر سه گزینه می‌توانند درست باشند.

# ایستگاه ۷: خازن

خازن، وسیله‌ای است که از آن برای ذخیره بار یا انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. خازن‌ها در شکل‌های مختلفی ساخته می‌شوند. در حالت کلی خازن از دو رســـانای فلزی تشکیل شده، که دارای بار مساوی و مخالف هســـتند و میان آن‌ها یک مادهٔ عایق (دی‌الکتریک) قرار دارد. ساده‌ترین شکل خازن‌ها که به آن خازن تخت می‌گوییم، از دو صفحه فلزی مشـــابه و موازی هم تشـــکیل می‌شود که مساحت هریک $A$ بود و در فاصلهٔ $d$ از هم قرار می‌گیرند و فضای میان صفحات با یک ماده عایق به نام دی‌الکتریک پر می‌شود. در مدارهای الکتریکی تمامی انواع خازن با نماد ⊣⊢ نشان داده می‌شوند.



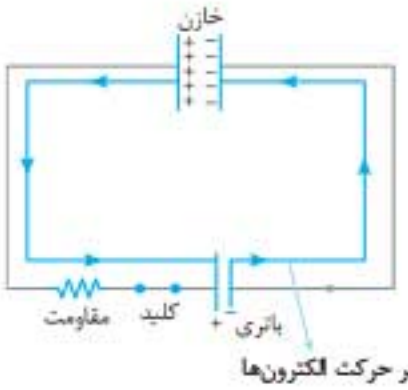




خازن‌ها به‌طور گسترده در مدارهای الکترونیکی مانند: آمپلی فایر (تقویت‌کننده)، رادیو و تلویزیون، رایانه، گوشی تلفن همراه و فلاش دوربین‌ها استفاده می‌شوند.

## نحوهٔ باردار (شارژ) کردن خازن

برای باردار کردن یا شارژ خازن، کافی است مطابق شکل، خازن را در یک مدار الکتریکی ساده‌ای که یک باتری دارد، قرار داد. وقتی کلید بسته می‌شود، انرژی لازم برای حرکت بارها را تأمین کرده و الکترون‌ها از یک صفحهٔ خازن از طریق باتری به صفحه دیگر منتقل می‌شوند و این شارش بار تا وقتی که اختلاف پتانسیل دو سر خازن درســـت برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولد شود، ادامه پیدا می‌کند. صفحه‌ای از خازن که به قطب مثبت باتری متصل است، بار مثبت و صفحه‌ای که به قطب منفی متصل است دارای بار منفی می‌شود. مقاومت در این مدار زمان شارژ را تنظیم می‌کند و هرچه مقاومت بزرگ‌تر باشد، زمان شارژ طولانی‌تر است.




## ظرفیت خازن

اگر مقدار بار ذخیره شده در هر صفحهٔ خازن $Q$ بوده و اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن $V$ فرض شود، ظرفیت خازن $(C)$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

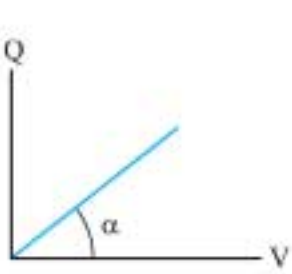
$$C=\frac{Q}{V}$$ ← ظرفیت خازن (F)
بار صفحهٔ خازن (C) →
اختلاف پتانسیل بین دو صفحه (V) →

ظرفیت خازن را با $C$ نشان می‌دهیم و واحد آن در SI کولن بر ولت $(\frac{C}{V})$ که به آن فاراد (F) می‌گوییم. $(1F=1\frac{C}{V})$

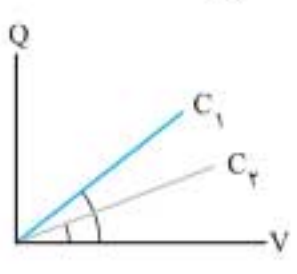
یک فاراد یکای بسیار بزرگی است و عملاً از واحدهای کوچک‌تر استفاده می‌شود: $1\mu F=10^{-6}F\ ,\ 1mF=10^{-3}F\ ,\ 1nF=10^{-9}F\ ,\ 1pF=10^{-12}F$

**نکته:** ۱) ظرفیت خازن هیچ ارتباطی به بار ذخیره‌شـــده روی صفحات یا اختلاف پتانسیل بین دو صفحه ندارد. مثلاً اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن ۳ برابر شود، بار الکتریکی ذخیره شده روی صفحات خازن نیز ۳ برابر شده و در نتیجه ظرفیت خازن ثابت می‌ماند. دقت کنید ظرفیت یک خازن فقط بستگی به مشخصات ساختمانی خازن دارد.

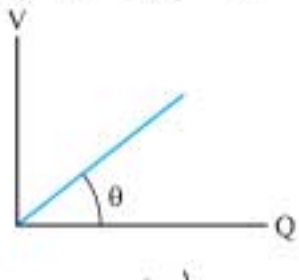
۲) با توجه به رابطهٔ $C=\frac{Q}{V}$ چون ظرفیت خازن مقدار ثابتی دارد، نمودار بار برحســـب ولتاژ یک رابطهٔ خطی است و شیب نمودار ظرفیت خازن است و نمودار ولتاژ برحسب بار یک تابع خطی است که شیب نمودار عکس ظرفیت خازن است.



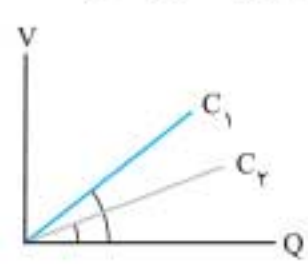
$\tan\alpha=C$



$C_1>C_2$



$\tan\theta=\frac{1}{C}$



$C_2>C_1$

**نکته:**

۱) اگر مطابق شکل مدار شامل مقاومت‌های $R_1$، $R_2$ و $R_3$ و ... باشد، $R$ در رابطهٔ بالا مجموع مقاومت‌های حلقهٔ مدار است؛ یعنی $R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$ می‌باشد.

۲) با به‌دست آمدن جریان $I$، با استفاده از رابطهٔ قانون اهم $V = RI$ می‌توانیم اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت را حساب کنیم.

**تست: در مدار شکل مقابل، افت پتانسیل در باتری چند ولت است؟**

۱) ۲/۴
۲) ۴/۸
۳) ۳/۶
۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «۱»

ابتدا جریان الکتریکی مدار را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{۶}{۳ + ۲} = ۱/۲A$$

بنابراین افت پتانسیل باتری برابر است با:

$$\text{افت پتانسیل} = rI = ۲ \times ۱/۲ = ۲/۴V$$

**تست: یک باتری به مقاومت درونی ۰/۵Ω را یک بار به مقاومت ۲/۵Ω و بار دیگر به مقاومت ۳/۵Ω می‌بندیم. جریان الکتریکی مدار در حالت دوم چند برابر جریان الکتریکی مدار در حالت اول است؟**

۱) $\frac{۴}{۳}$
۲) $\frac{۳}{۴}$
۳) $\frac{۵}{۴}$
۴) $\frac{۴}{۵}$

پاسخ: گزینهٔ «۲»

با استفاده از رابطهٔ $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ به صورت نسبتی داریم:

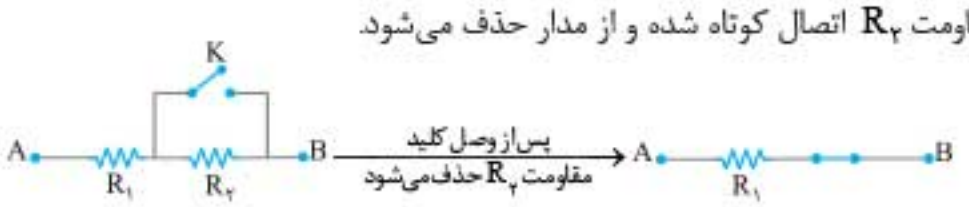
$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{\frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}}{\frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}} = \frac{R_1 + r}{R_2 + r}$$

$$\xrightarrow[R_2 = ۳/۵\Omega,\ r = ۰/۵\Omega]{R_1 = ۲/۵\Omega} \frac{I_2}{I_1} = \frac{۲/۵ + ۰/۵}{۳/۵ + ۰/۵} = \frac{۳}{۴}$$

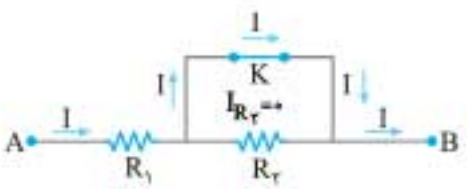
## اتصال کوتاه در مدارهای الکتریکی

اگر دو سر یک مقاومت با یک سیم بدون مقاومت به هم وصل شود، آن مقاومت از مدار حذف شده و از آن جریان نمی‌گذرد و اصطلاحاً می‌گوییم مقاومت اتصال کوتاه شده است.

در شکل زیر با وصل کلید $K$، مقاومت $R_2$ اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شود.

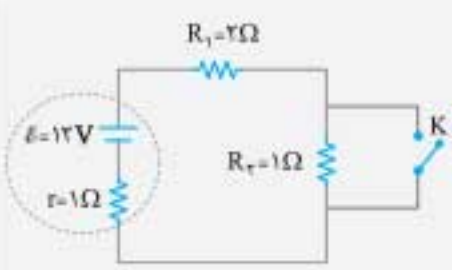



**تذکر:** در واقع جریان الکتریکی همواره راحت‌ترین (کم مقاومت‌ترین) مسیر را برای عبور انتخاب می‌کند! طبیعی است که وقتی در یکی از مسیرها با مقاومت $R_2$ روبه‌رو می‌شود و در دیگری به هیچ مقاومتی برخورد نمی‌کند، مسیر سیم بدون مقاومت را انتخاب می‌کند! به مسیر عبور جریان در شکل مقابل دقت کنید:




**تست: در مدار شکل مقابل با بسته شدن کلید $K$، ولتاژ دو سر مولد چند ولت و چگونه تغییر می‌کند؟**

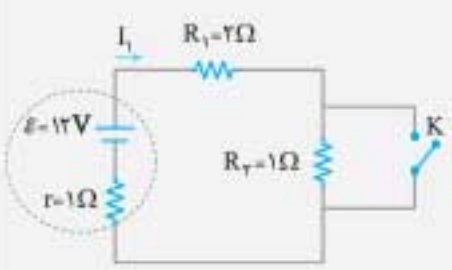
۱) ۱، کاهش
۲) ۱، افزایش
۳) ۳، کاهش
۴) ۳، افزایش




پاسخ: گزینهٔ «۱»

مدار را در دو حالت بررسی می‌کنیم:

۱) قبل از بسته شدن کلید $K$: در این حالت مقاومت‌های $R_1$ و $R_2$ در مدار هستند و داریم:

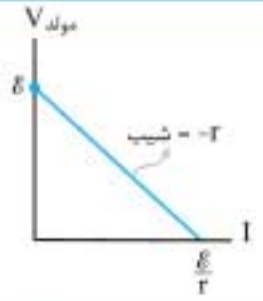
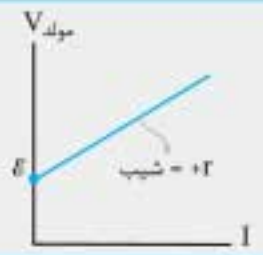



$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{۱۲}{۲ + ۱ + ۱} = ۳A$$

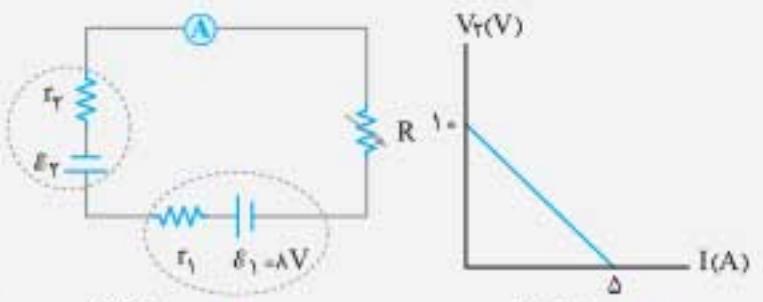
بنابراین ولتاژ دو سر مولد در این حالت برابر است با:

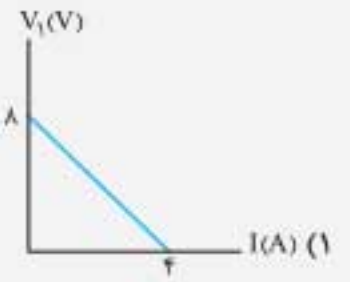
$$V_1 = \mathcal{E} - rI_1 = ۱۲ - ۱ \times ۳ = ۹V$$

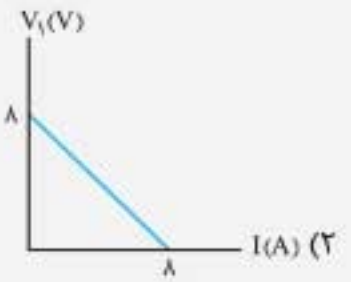
ویژگی‌های مربوط به باتری‌ها در حال شارژ و دشارژ در جدول زیر آمده است:

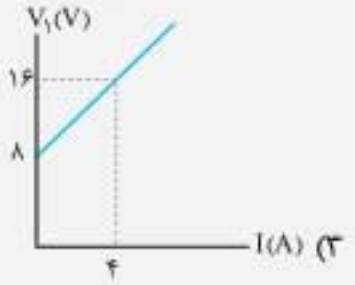
| شکل مداری | اختلاف پتانسیل دو سر مولد | نمودار $V_{مولد}-I$ | نکته خاص |
|---|---|---|---|
| | $V_{مولد}=V_b-V_a=\mathcal{E}-rI$ |  | $V_{مولد}$ با افزایش جریان، کاهش و با کاهش جریان، افزایش می‌یابد. |
| | $V_{مولد}=V_b-V_a=\mathcal{E}+rI$ |  | $V_{مولد}$ با افزایش جریان، افزایش و با کاهش جریان، کاهش می‌یابد. |

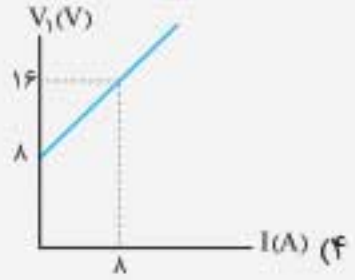
**تست:** در مدار شکل مقابل در لحظه‌ای که مقاومت رئوستا برابر $4\Omega$ است، آمپرسنج عدد ۰/۲۵A را نشان می‌دهد. اگر نمودار اختلاف پتانسیل برحسب جریان $\mathcal{E}_2$ مطابق شکل باشد، نمودار اختلاف پتانسیل برحسب جریان $\mathcal{E}_1$ کدام است؟



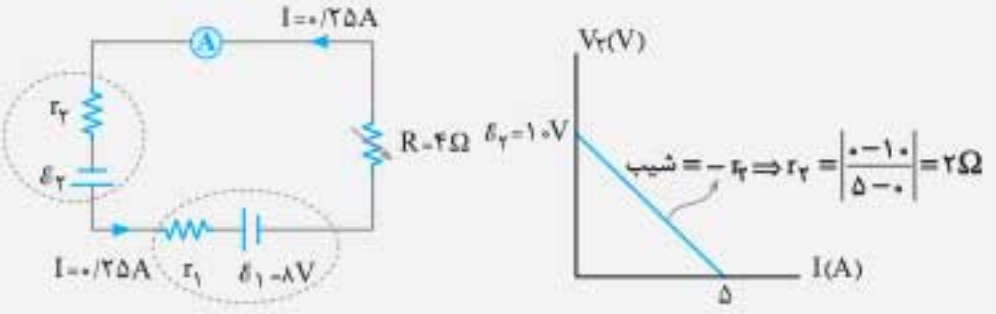

۱) 


۲) 


۳) 


۴) 

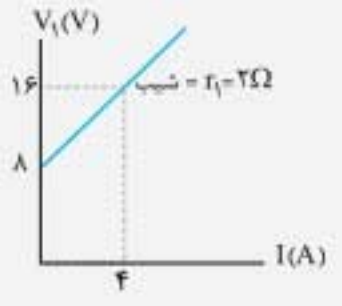

**پاسخ:** گزینهٔ «۳» با توجه به نمودار $V-I$ دو سر مولد $\mathcal{E}_2$، این باتری در حال دادن انرژی به مدار (دشـــارژ) است و جهت جریان مدار را تعیین می‌کنـــد. بنابراین جریان از پایانهٔ مثبت $\mathcal{E}_2$ خارج می‌شود و پادساعتگرد است. همچنین با توجه به نمودار داده شده مشخصات باتری (۲) را تعیین می‌کنیم:




در نتیجه با توجه به رابطهٔ جریان در مدار با بیش از یک باتری، مقدار $r_1$ را حساب کرده و با توجه به این‌که باتری (۱) را در حال شارژ است، طبق نمودار $V-I$ آن را رسم می‌کنیم:

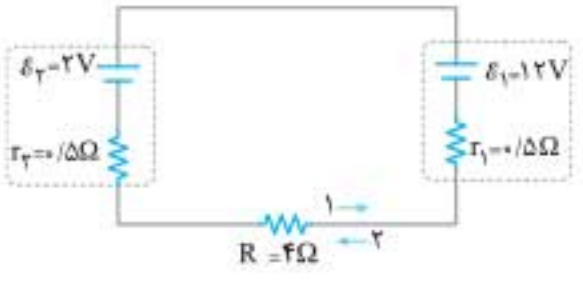
$$I=\frac{\mathcal{E}_2-\mathcal{E}_1}{R+r_1+r_2}\Rightarrow 0/25=\frac{10-8}{4+r_1+2}\Rightarrow r_1=2\Omega$$

نمودار →




## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱۶۸۶. در مدار شـــکل مقابل جریان عبوری از مقاومت R به ترتیب از راست به چپ چند آمپر و در کدام جهت است؟ (بر گرفته از کتاب درسی)



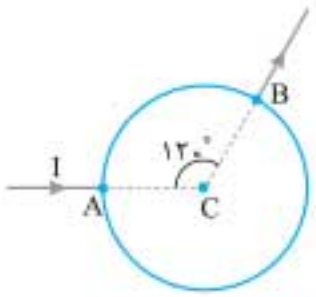

۱) ۱، ۲

۲) ۱، ۲/۸

۳) ۲، ۲

۴) ۲، ۲/۸

**۱۷۷۳.** سیمی به مقاومت $۱۸۰\Omega$ را به شکل حلقه در آورده و سپس آن را مطابق شکل در مدار قرار می‌دهیم. مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اهم است؟

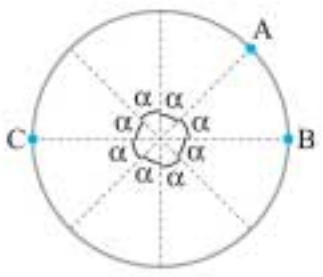



۱) ۴۵
۲) ۴۰
۳) ۱۸۰
۴) ۱۲۰

**۱۷۷۴.** یک سیم یکنواخت بدون روکش به مقاومت $۱۶۰\Omega$ را به چهار قسمت مساوی تقسیم نموده و هر قسمت را به صورت یک حلقهٔ دایره‌ای در می‌آوریم و مطابق شکل مانند زنجیر به هم تماس می‌دهیم. مقاومت کل زنجیر چند اُهم است؟

۱) ۱۶۰ ۲) ۸۰ ۳) ۴۰ ۴) ۲۰

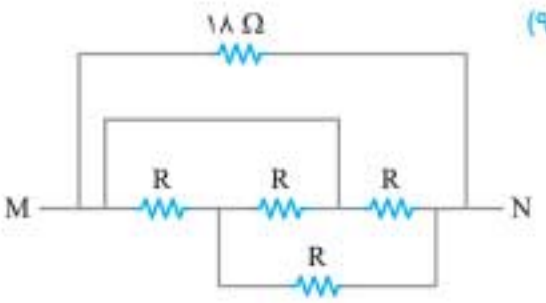
**۱۷۷۵.** در شکل روبه‌رو، سیمی فلزی به مقاومت $۸۰\Omega$ را به شکل دایره درآورده‌ایم. مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و C چند برابر مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B است؟




۱) $\frac{۱۵}{۷}$ ۲) $\frac{۱}{۳}$
۳) ۳ ۴) $\frac{۷}{۱۵}$

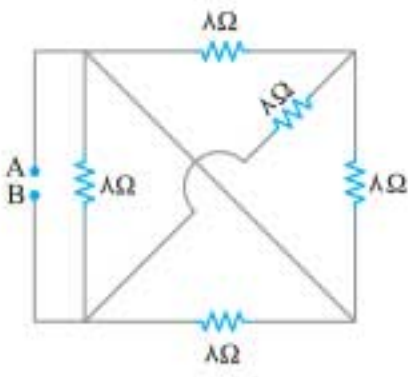
وقت آن رسیده کمی با مدارهای پیچیده‌تر دست و پنجه نرم کنید!

**۱۷۷۶.** در مدار روبه‌رو، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ M و N برابر $\frac{R}{۲}$ است. R چند اهم است؟ (ریاضی ۹۸)



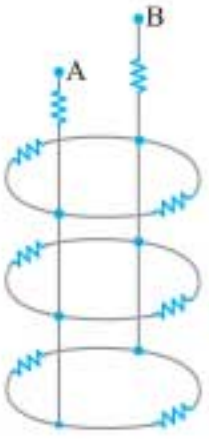

۱) ۱۸
۲) ۱۲
۳) ۶
۴) ۳

**۱۷۷۷.** در شکل روبه‌رو، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اهم است؟



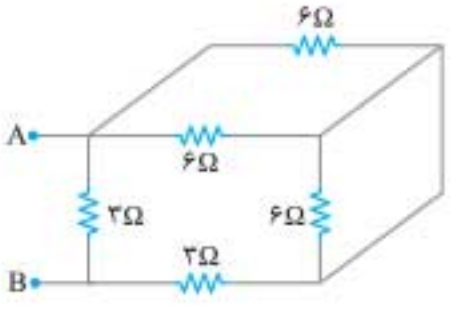

۱) ۱/۶
۲) ۹/۶
۳) ۳
۴) ۶/۴

**۱۷۷۸.** در مدار شکل مقابل، همهٔ مقاومت‌ها یکسان و برابر $۶\Omega$ هستند. مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اهم است؟ (بر گرفته از کتاب درسی)



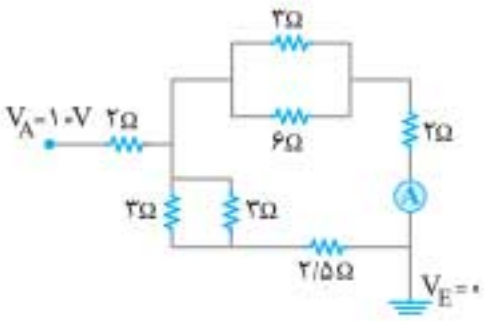

۱) $\frac{۳}{۴}$
۲) ۷
۳) ۱۳
۴) ۲۱

**۱۷۷۹.** در شکل زیر، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اهم است؟



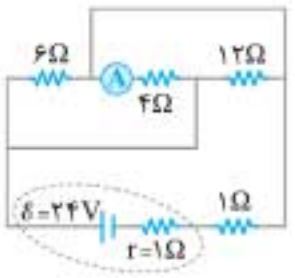

۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

**۱۸۹۹. شکل مقابل، قسمتی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. آمپرسنج ایده‌آل چند آمپر را نشان می‌دهد؟**



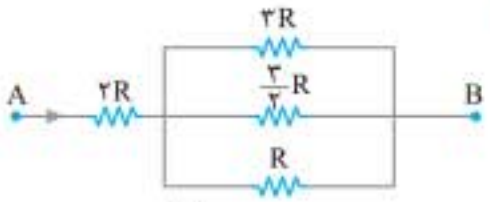

۱) ۱/۵
۲) ۲/۵
۳) ۱/۲۵
۴) ۲/۲۵

**۱۹۰۰. در شکل روبه‌رو آمپرسنج ایده‌آل چند آمپر را نشان می‌دهد؟**



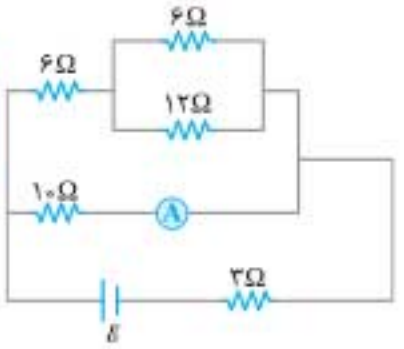

۱) $\frac{۳}{۴}$
۲) $\frac{۵}{۴}$
۳) $\frac{۳}{۲}$
۴) ۳

**۱۹۰۱. در شکل مقابل توان مصرفی مقاومت ۲R چند برابر توان مصرفی مقاومت ۳R است؟** (تجربی ۸۶)



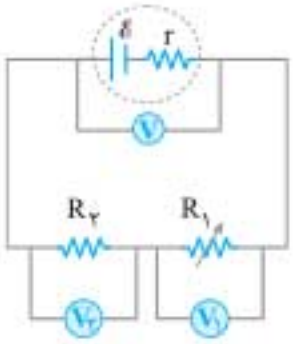

۱) ۶
۲) ۲۴
۳) $\frac{۱}{۶}$
۴) $\frac{۱}{۲۴}$

**۱۹۰۲. در شکل مقابل، جریانی که آمپرسنج نشـــان می‌دهد ۱A است. اگر مقاومت درونی مولد ناچیز باشد، نیروی محرکهٔ آن چند ولت است؟**



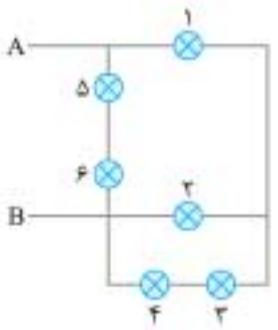

۱) ۲۰
۲) ۱۸
۳) ۱۶
۴) ۱۴

**۱۹۰۳. در شکل مقابل مقاومت متغیر $R_۱$ را به تدریج کاهش می‌دهیم. مقادیری که $V_۱$، $V$ و $V_۲$ نشان می‌دهند به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟ (ولت‌سنج‌ها ایده‌آل هستند.)** (تجربی ۸۲)




۱) کاهش ـ کاهش ـ افزایش
۲) کاهش ـ افزایش ـ کاهش
۳) افزایش ـ کاهش ـ افزایش
۴) افزایش ـ کاهش ـ کاهش

**۱۹۰۴. در مدار الکتریکی روبه‌رو، اگر اختلاف پتانســـیل دو سر A و B را به‌تدریج افزایش دهیم، کدام لامپ زودتر آسیب می‌بیند؟ (لامپ‌ها کاملاً مشابه هستند.)**




۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳ و ۴
۴) ۵ و ۶

## هایپرتست

**۱۹۰۵. معادلهٔ بار الکتریکی موجود در باتری یک خودرو به‌صورت $q=-at^۲+bt+۵$ اســـت. در این رابطه t برحســـب ساعت و q برحسب آمپرساعت می‌باشـــد. اگر در لحظهٔ $t=۲h$ مقدار بار موجود در باتری ۴۳Ah و در بازهٔ زمانی $t_۱=۰h$ تا $t_۲=۵h$، جریان الکتریکی متوسط خروجی از باتری ۱۶A باشد، نسبت $\frac{a}{b}$ چقدر است؟**

۱) $\frac{۱}{۲۱}$
۲) ۲۱
۳) $\frac{۶}{۵}$
۴) $\frac{۱}{۵}$

**۱۹۰۶. یک مکعب مســـتطیل فلزی به ابعاد $۳cm\times۴cm\times۵cm$ را به اختلاف پتانســـیل $۳/۳\times۱۰^{-۴}V$ وصل می‌کنیم. اگر مقاومـــت ویژهٔ مکعب فلزی $۲/۲\times۱۰^{-۷}\Omega.m$ باشد، بیشترین جریان الکتریکی که از این مکعب مستطیل می‌گذرد، چند آمپر است؟**

۱) ۱۰۰۰
۲) ۱۰
۳) ۱۰۰
۴) ۱

**۱۴۰۹. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطهٔ A و B برابر است با:**

۱) تغییر انرژی جنبشی واحد بار الکتریکی در انتقال بین آن دو نقطه.

۲) کار انجام شده توسط میدان الکتریکی برای انتقال واحد بار مثبت بین آن دو نقطه.

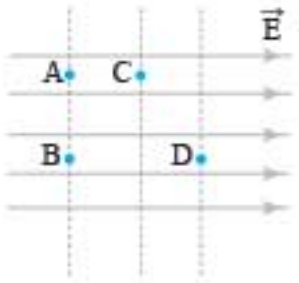
۳) کار نیرویی که به واحد بار الکتریکی مثبت وارد می‌کنیم تا بین آن دو نقطه جابه‌جا شود.

۴) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی واحد بار الکتریکی که بین آن دو نقطه شارش می‌شود.

**۱۴۱۰. «کولن ولت» معادل با کدام است؟** (تجربی ۸۶)

۱) اهم ۲) فاراد ۳) ژول ۴) ولت

**۱۴۱۱. در میدان الکتریکی یکنواخت نشان داده شده در شکل، کدام رابطه بین پتانسیل الکتریکی نقاط برقرار است؟**



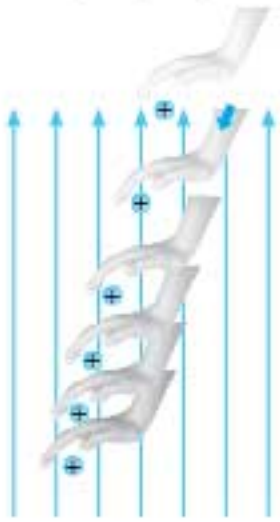

۱) $V_A = V_B > V_C > V_D$

۲) $V_A = V_B < V_C < V_D$

۳) $V_A = V_C, V_B = V_D$

۴) $V_A = V_B, V_C = V_D$

**۱۴۱۲. در شکل مقابل با نیروی دست، بار $q > 0$ را خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌کنیم. در این جابه‌جایی کار دست ما ..... و کار میدان الکتریکی ..... است.** (برگرفته از کتاب درسی)



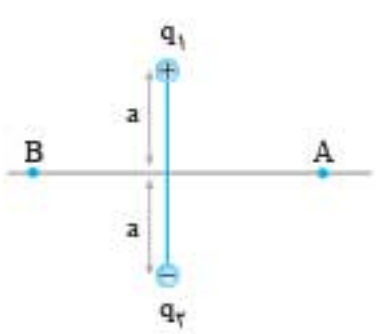
۱) منفی ـ منفی

۲) منفی ـ مثبت

۳) مثبت ـ مثبت

۴) مثبت ـ منفی

**۱۴۱۳. در شکل مقابل دو بار $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ در جای خود ثابت‌اند و $|q_1| = |q_2|$ است. اگر روی عمود منصف خط واصل دو بار از A به B حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟**



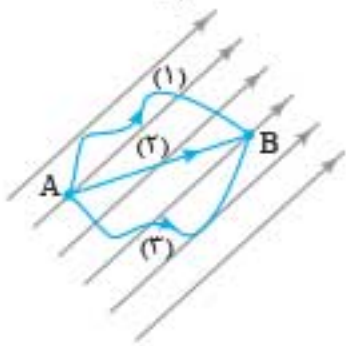

۱) کاهش می‌یابد.

۲) افزایش می‌یابد.

۳) ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد.

۴) ثابت می‌ماند.

**۱۴۱۴. در شکل روبه‌رو، بار q را در سه مسیر مختلف (۱)، (۲) و (۳)، از A تا B در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ منتقل می‌کنیم. در کدام مسیر انرژی پتانسیل الکتریکی بار بیشتر از مسیرهای دیگر تغییر می‌کند؟**




۱) مسیر (۲)

۲) مسیری که طولانی‌تر است.

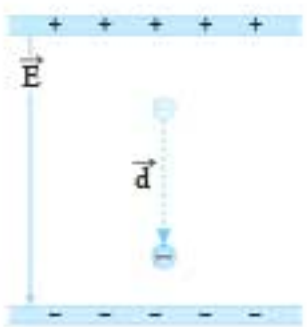
۳) هر سه مسیر یکسان است.

۴) بستگی به نوع بار q دارد.

**۱۴۱۵. ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت q را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$، در خلاف جهت میدان و به موازات خط‌های میدان به اندازهٔ d جابه‌جا می‌کنیم، در این صورت انرژی ..... بار q، به اندازه Eqd ..... می‌یابد.** (ریاضی خارج ۸۶)

۱) جنبشی ـ افزایش ۲) جنبشی ـ کاهش ۳) پتانسیل الکتریکی ـ افزایش ۴) پتانسیل الکتریکی ـ کاهش

**۱۴۱۶. در شکل مقابل، ضمن جابه‌جایی بار الکتریکی $q < 0$، انرژی پتانسیل بار ..... و پتانسیل الکتریکی نقاطی که بار در آن جابه‌جا می‌شود ..... می‌یابد.** (برگرفته از کتاب درسی)



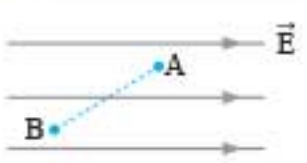

۱) افزایش ـ افزایش

۲) افزایش ـ کاهش

۳) کاهش ـ افزایش

۴) کاهش ـ کاهش

**۱۴۱۷. در شکل روبه‌رو، بار الکتریکی $q = -50\mu C$ از نقطهٔ A به پتانسیل الکتریکی ۱۲۰ ولت به نقطهٔ B می‌رود و انرژی پتانسیل الکتریکی آن 5mJ تغییر می‌کند. پتانسیل الکتریکی نقطهٔ B چند ولت است؟** (ریاضی ۹۸)




۱) ۲۰ ۲) ۱۱۰ ۳) ۱۳۰ ۴) ۲۲۰

**نکته:** با اعمال هم‌زمان میدان مغناطیسی و الکتریکی می‌توان یک بار الکتریکی متحرک را در حالت تعادل قرار داد:
برای مثال برای شکل داده‌شده داریم:

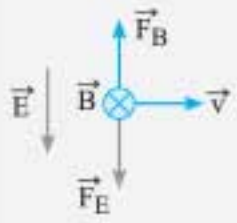
$$\xrightarrow{\text{حالت تعادل}} |q|\,vB = Eq \Rightarrow vB = E$$

**یادآوری:** هرگاه ذرهٔ $q$ مثبت باشد، $\vec{F}_E$ و $\vec{E}$ همسو هستند و اگر ذرهٔ $q$ منفی باشد، $\vec{F}_E$ و $\vec{E}$ ناهمسو هستند.

**تست: یک پروتون، مطابق شکل، با تندی $10\,km/s$ وارد میدان مغناطیسی به بزرگی $20\,G$ می‌شود. برای این‌که ذره بدون انحراف به مسیرش ادامه دهد، از یک میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. اندازه و جهت این میدان (در SI) به ترتیب از راست به چپ کدام است؟**

۱) $2\times10^{5}$ ، ↑
۲) $2\times10^{5}$ ، ↓
۳) ۲۰ ، ↑
۴) ۲۰ ، ↓

**پاسخ:** گزینهٔ «۴» ابتدا با استفاده از قاعدهٔ دست راست، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را تعیین می‌کنیم. طبق شکل مشخص است که جهت $\vec{F}_B$ رو به بالاست. بنابراین برای آن‌که ذره منحرف نشود، میدان الکتریکی باید نیرویی هم‌اندازه و در خلاف جهت آن رو به پایین ایجاد کند تا بتواند نیروی مغناطیسی را خنثی کند $(\vec{F}_E)$، بنابراین با توجه به این‌که بار پروتون مثبت است، جهت میدان نیز به سمت پایین است. حالا اندازهٔ میدان الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:



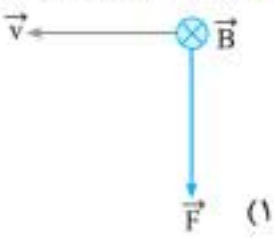

$$\left.\begin{matrix} F_B = |q|\,vB\sin\theta \\ F_E = |q|\,E \end{matrix}\right\} \xrightarrow{F_B = F_E} vB\sin 90^{\circ} = E \Rightarrow E = (10\times10^{3})\times(20\times10^{-4}) = 20\,N/C$$

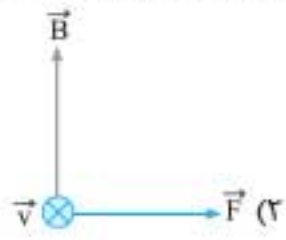
**نکته: میدان مغناطیسی بدن:** سلول‌های زندهٔ بدن انسان به‌طور الکتریکی فعال‌اند. جریان‌های الکتریکی ضعیف در بدن، میدان‌های مغناطیسی ضعیف ولی قابل اندازه‌گیری تولید می‌کند. در مورد این میدان‌های مغناطیسی در بدن داریم:

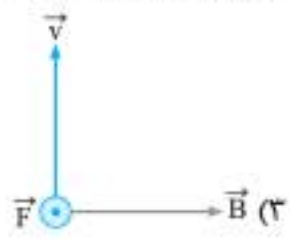
۱) اندازهٔ میدان حاصل از عضله‌های اسکلتی کوچکتر از $10^{-10}\,T$ است.
۲) میدان مغناطیسی حاصل از مغز در حدود $10^{-12}\,T$ است.
۳) برای اندازه‌گیری میدان‌های بسیار ضعیف ذکرشده از مغناطیس‌سنج‌های بسیار حساسی به نام اسکویید استفاده می‌کنند.

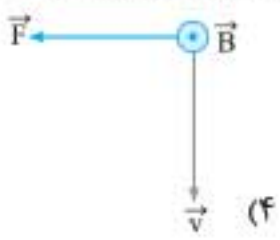
## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

**۱۹۶۴. یک الکترون با سرعت $\vec{v}$ عمود بر میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت می‌کند و به آن نیروی $\vec{F}$ وارد می‌شود. کدام شکل وضعیت این سه بردار را درست نشان می‌دهد؟**

۱) 


۲) 


۳) 


۴) 


**۱۹۶۵. بار الکتریکی $q$ با سرعت $\vec{v}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت با اندازهٔ $B$ شده و از طرف میدان نیروی $\vec{F}$ بر آن وارد می‌شود. کدام‌یک از موارد زیر دربارهٔ بردارهای $\vec{F}$، $\vec{v}$ و $\vec{B}$ صحیح است؟** (تجربی ۹۸)

۱) $\vec{v}$ همواره بر دو بردار $\vec{B}$ و $\vec{F}$ عمود است.
۲) $\vec{B}$ همواره بر دو بردار $\vec{v}$ و $\vec{F}$ عمود است.
۳) $\vec{F}$ همواره بر دو بردار $\vec{v}$ و $\vec{B}$ عمود است.
۴) $\vec{F}$، $\vec{v}$ و $\vec{B}$ همواره دو به دو بر یکدیگر عمودند.

**۱۹۶۶. الکترونی با سرعت $\vec{v}$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، عمود بر میدان در حرکت است. اگر شکل مقابل نشان‌دهندهٔ جهت میدان $(\vec{B})$ و جهت نیروی وارد بر الکترون $(\vec{F})$ باشد، جهت $\vec{v}$ کدام می‌تواند باشد؟** (ریاضی ۹۸)

۱) ⊙
۲) ⊗
۳) →
۴) ←

**۱۹۶۷. در مکانی، میدان مغناطیسی، یکنواخت و افقی و جهت آن به سمت شمال جغرافیایی است. اگر در این مکان یک ذرهٔ آلفا با سرعت $\vec{v}$ در راستای افقی به سمت شمال شرقی در حرکت باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره در آن لحظه به کدام جهت است؟** (تجربی خارج ۹۹)

۱) راستای قائم به سمت بالا
۲) افقی به سمت شمال غربی
۳) راستای قائم به سمت پایین
۴) افقی به سمت جنوب شرقی

**۱۹۶۸. یک ذرهٔ کیهانی با بار مثبت بالای خط استوا به‌طور عمود به سمت کرهٔ زمین در حرکت است. در آن لحظه نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی زمین بر آن وارد می‌شود به کدام جهت است؟** (تجربی ۸۴)

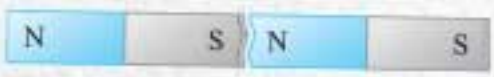
۱) شرق
۲) غرب
۳) شمال
۴) جنوب

# فصل در یک نگاه

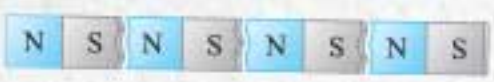
## ۱ آهنربا

◂ **قطب‌های آهنربا:** دو ناحیه از آهنربا که در آن خاصیت آهنربایی بیشتر از جاهای دیگر است.

سری که به سمت شمال زمین قرار می‌گیرد، قطب N و سری که به سمت جنوب زمین قرار می‌گیرد، قطب S است.




◂ **دوقطبی مغناطیسی:** قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج قطب ظاهر می‌شوند. حتی اگر تکه‌تکه شوند! (مانند شکل روبه‌رو)




◂ **اثر قطب‌ها بر یکدیگر:** قطب‌های همنام یکدیگر را می‌رانند و قطب‌های ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند.

## ۲ القای مغناطیسی

ایجاد خاصیت مغناطیسی در یک تیغهٔ آهنی با نزدیک کردن آهنربا به تیغه که همواره به صورت جاذبه است را القای الکترومغناطیسی می‌نامند.(قطب‌های غیرهمنام در کنار یکدیگر پدید می‌آیند.)

## ۳ میدان مغناطیسی

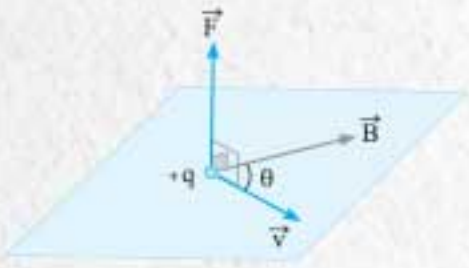
◂ **خطوط میدان مغناطیسی:** خط‌های بسته‌ای که در بیرون آهنربا از N به S و در داخل از S به N است (تراکم بیشتر خطوط = قدرت بیشتر میدان مغناطیسی). بردار میدان در هر نقطه، مماس بر خطوط میدان و هم‌جهت با آن است.

◂ **میدان مغناطیسی زمین:** جهت میدان مغناطیسی زمین موازی سطح زمین و از جنوب به شمال است (به جز قطب‌ها).

◂ **شیب مغناطیسی:** زاویه‌ای که راستای آهنربای میله‌ای سبک (عقربهٔ مغناطیسی) آویزان شده با افق می‌سازد.

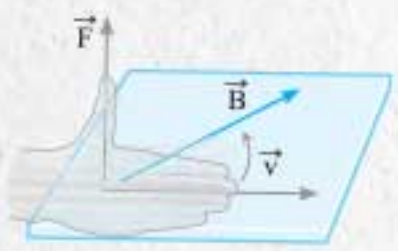
◂ **میدان مغناطیسی یکنواخت:** خطوط میدان مغناطیسی هم‌جهت، موازی و به فاصلهٔ یکسان از یکدیگرند.

## ۴ نیروی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک




نیرویی که به واسطهٔ حرکت ذرهٔ باردار در میدان مغناطیسی بر آن وارد می‌شود و از رابطهٔ $F = |q|vB\sin\theta$ به‌دست می‌آید.

## ۵ تعیین جهت

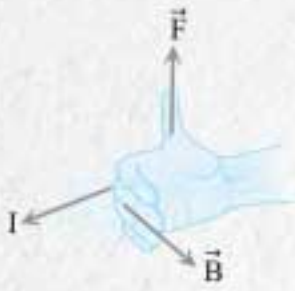


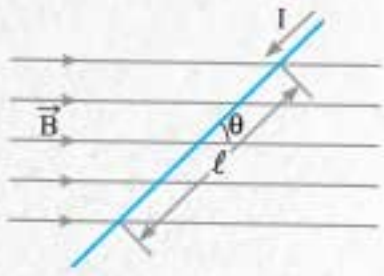

◂ **بار مثبت:** اگر چهار انگشت در جهت $\vec{v}$ و جهت خم شدن انگشتان در جهت $\vec{B}$ باشد، انگشت شست جهت $\vec{F}$ را نشان می‌دهد.

◂ **بار منفی:** روش ۱: استفاده از دست چپ به جای دست راست.

روش ۲: معکوس کردن جهت $\vec{F}$ به دست آمده از دست راست.

## ۶ نیروی وارد بر سیم حامل جریان




بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود. $F = BI\ell\sin\theta$

◂ **تعیین جهت:** چهار انگشت در جهت I، جهت خم شدن انگشتان در جهت $\vec{B}$، انگشت شست جهت $\vec{F}$ را نشان می‌دهد.

◂ **نیروی بین دو سیم حامل جریان:** دو سیم موازی با جریان‌های هم‌جهت یکدیگر را جذب و با جریان‌های خلاف جهت یکدیگر را دفع می‌کنند.

## ۷ میدان مغناطیسی اطراف سیم بلند حامل جریان

عبور جریان از یک سیم در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند که به صورت دایره‌های هم‌مرکز اطراف سیم هستند. برای تعیین جهت میدان، سیم را طوری در دست راست می‌گیریم که انگشت شست در جهت جریان باشد؛ جهت خم شدن انگشتان همان جهت میدان مغناطیسی است.

## ۸ میدان حاصل از حلقهٔ حامل جریان

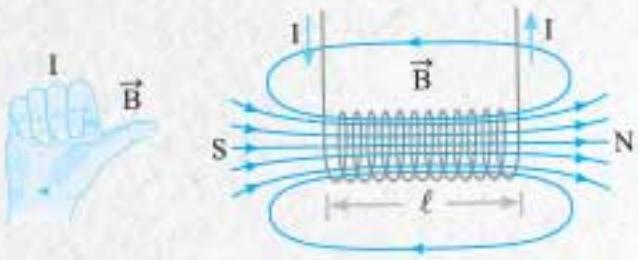
حلقهٔ حامل جریان I با شعاع R در اطراف خود میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ایجاد می‌کند. ($B=\frac{\mu_0 I}{2R}$ و پیچهٔ N دوری: $B=\frac{\mu_0 NI}{2R}$)

۱ جهت میدان در داخل و بیرون حلقه قرینهٔ یکدیگر هستند.

۲ اندازهٔ میدان در داخل حلقه بزرگ‌تر از بیرون است.

◂ **تعیین جهت میدان:** حلقه را طوری در دست راست خود می‌گیریم که انگشت شست در جهت جریان باشد؛ جهت چرخش انگشتان جهت میدان را نشان می‌دهند.

## ۹ میدان حاصل از سیملولهٔ حامل جریان




۱ میدان داخل سیملوله یکنواخت و از میدان بیرون آن قوی‌تر است.

۲ جهت خطوط میدان داخل و بیرون آن قرینهٔ یکدیگرند.

۳ سیملوله شبیه آهنربای میله‌ای با دو قطب N و S عمل می‌کند.

◂ **تعیین جهت میدان:**

اگر چهار انگشت دست راست جهت جریان را دنبال کنند، انگشت شست جهت میدان را نشان می‌دهد.

## ۱۰ میدان یکنواخت سیملولهٔ آرمانی

میدان حاصل از سیملولهٔ آرمانی شامل N دور به طول $\ell$ حامل جریان I از رابطهٔ $B=\frac{\mu_0 NI}{\ell}$ به‌دست می‌آید.

## ۱ آهنربای الکتریکی

پیچه‌ای حامل جریان که تعداد دور سیم زیادی دارد و میدان حاصل از آن قادر است مقدار زیادی میله‌های فولادی و دیگر قراضه‌های آهن را بلند کند.

(تعداد دور بیشتر / جریان بیشتر ← آهنربای قوی‌تر)

## ۲ ویژگی‌های مغناطیسی مواد

۱ دارای دوقطبی مغناطیسی ذاتی:

مواد فرومغناطیس ← حوزهٔ مغناطیسی دارند ← فرومغناطیس نرم (آهن، کبالت و نیکل خالص) و فرومغناطیس سخت (آلیاژها و ترکیب‌های آهن، کبالت و نیکل مانند فولاد).

مواد پارامغناطیس ← حوزهٔ مغناطیسی ندارند ← اورانیوم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن

۲ ذاتاً دوقطبی مغناطیسی ندارند:

مواد دیامغناطیس ← مس، نقره، سرب و بیسموت

بریم سراغ محاسبهٔ نیروی محرکه القایی با استفاده از رابطهٔ کلی $\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

**۲۱۷۵.** شار مغناطیسی گذرنده از حلقه‌ای در SI به صورت $\Phi = 3t^2 - 2t + 2$ است. بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه، در ثانیهٔ اول چند ولت است؟
۱) ۱ ۲) ۳ ۳) ۷ ۴) ۹ (تجربی ۸۹)

**۲۱۷۶.** معادلهٔ شار مغناطیسی عبوری از یک پیچه که شامل ۶۰ حلقه است، در SI به‌صورت $\Phi = 4\times10^{-3}\cos100\pi t$ است. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه در بازهٔ زمانی $t_1 = \frac{1}{200}s$ تا $t_2 = \frac{1}{100}s$ چند ولت است؟ (ریاضی ۹۸)
۱) ۲/۴ ۲) ۴/۸ ۳) ۲۴ ۴) ۴۸

**۲۱۷۷.** یک سیم‌پیچ مسطح در یک میدان مغناطیسی قرار دارد. شار مغناطیسی که از سیم‌پیچ عبور می‌کند، در SI به صورت $\Phi = 5t$ با زمان تغییر می‌کند. نیروی محرکهٔ القایی در دو سر سیم‌پیچ چگونه است؟
۱) تناوبی است. ۲) صفر است. ۳) متناسب با زمان تغییر می‌کند. ۴) مقدار ثابتی است.

**۲۱۷۸.** شار عبوری از یک حلقه در مدت ۳ میلی‌ثانیه از $\Phi_1$ به $\Phi_2$ تغییر کرده و نیروی محرکهٔ القایی متوسط به بزرگی ۲۰V ایجاد می‌کند. $\Phi_1$ و $\Phi_2$ کدام‌یک از گزینه‌های زیر بر حسب وبر می‌توانند باشند؟ (کانون فرهنگی آموزش)
۱) $\Phi_1 = 0/02$ و $\Phi_2 = 0/04$ ۲) $\Phi_1 = 20$ و $\Phi_2 = 40$ ۳) $\Phi_1 = -0/02$ و $\Phi_2 = 0/04$ ۴) $\Phi_1 = -2$ و $\Phi_2 = 4$

مقدار بار شارش شده ایدهٔ اصلی طرح دو تست بعدی است.

**۲۱۷۹.** پیچه‌ای دارای ۵۰ حلقه است و شار مغناطیسی ۰/۰۴ وبر، از آن می‌گذرد. این شار مغناطیسی به‌طور منظم کاهش پیدا کرده و در مدت $\Delta t$ به صفر می‌رسد. اگر مقاومت الکتریکی این مدار $5\Omega$ باشد، چند کولن الکتریسیتهٔ القایی در این مدت در مدار شارش پیدا می‌کند؟ (تجربی ۸۴)
۱) ۰/۰۲ ۲) ۰/۴ ۳) ۲ ۴) ۴

**۲۱۸۰.** شار عبوری از یک حلقه، یک بار در مدت t ثانیه و بار دوم در مدت ۲t ثانیه از مقدار $\Phi$ به صفر کاهش می‌یابد. مقدار بار الکتریکی شارش شده در حلقه در حالت دوم چند برابر حالت اول است؟
۱) $\frac{1}{2}$ ۲) ۲ ۳) ۱ ۴) $\frac{1}{4}$

تغییر میدان، عامل القای نیروی محرکه...

**۲۱۸۱.** حلقه‌ای به قطر ۲۰cm در یک میدان مغناطیسی یکنواخت طوری قرار دارد که خطوط میدان بر سطح حلقه عمود است. اگر مقاومت الکتریکی حلقه $3\Omega$ / ۰ باشد، میدان مغناطیسی با آهنگ چند تسلا بر ثانیه تغییر کند، تا جریان ۰/۲A در حلقه القا شود؟ ($\pi = 3$) (ریاضی ۹۴)
۱) ۰/۲ ۲) ۰/۸ ۳) ۲ ۴) ۸

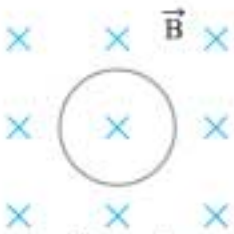
**۲۱۸۲.** حلقه‌ای به شعاع ۲cm، عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. این حلقه از سیمی مسی به شعاع مقطع ۲mm و مقاومت ویژهٔ $1/7\times10^{-8}\Omega.m$ تشکیل شده است. میدان مغناطیسی تقریباً با چه آهنگی در SI تغییر کند تا جریانی برابر ۰/۲A در حلقه القا شود؟ ($\pi = 3$ فرض شود.) (تجربی ۸۸)
۱) ۰/۰۲۸ ۲) ۰/۲۸۰ ۳) ۰/۰۸۲ ۴) ۰/۸۲۰

**۲۱۸۳.** سطح حلقه‌های پیچه‌ای که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که اندازهٔ آن ۰/۰۴T است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت ۰/۰۱s تغییر پیدا می‌کند و به ۰/۰۴T در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اگر مساحت هر حلقهٔ پیچه $50cm^2$ باشد، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه، چند ولت است؟ (تجربی ۹۸)
۱) صفر ۲) ۰/۴ ۳) ۴ ۴) ۴۰

**۲۱۸۴.** سیملوله‌ای بدون هسته دارای ۱۰۰ حلقه است. طول سیملوله ۲۵cm و شعاع حلقه‌های آن ۱۰cm است. اگر در مدت ۰/۰۲ ثانیه جریان الکتریکی آن به‌طور منظم از ۳۰ آمپر به صفر برسد، نیروی محرکهٔ القایی متوسط آن چند ولت است؟ ($\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}T.m/A$) (ریاضی خارج ۸۶)
۱) $0/24\pi^2$ ۲) $0/48\pi^2$ ۳) $2/4\pi$ ۴) $4/8\pi$

**۲۱۸۵.** سیملوله‌ای شامل ۵۰۰ دور و مقاومت الکتریکی $2\Omega$ و سطح مقطع ۲۰ سانتی‌متر مربع، عمود برخط‌های میدان مغناطیسی متغیری است که آهنگ تغییر آن $8\times10^{-3}T/s$ می‌باشد. شدت جریان القایی در سیملوله چند میلی آمپر است؟ (ریاضی ۸۵)
۱) ۰/۴ ۲) ۴ ۳) ۰/۰۴ ۴) ۴۰

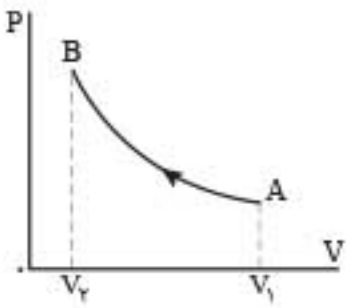
**۲۱۸۶.** پیچه‌ای مطابق شکل در میدان مغناطیسی متغیر با زمان $B = t^2 - 10t + 16$ (در SI) قرار دارد. اگر مساحت پیچه برابر $20cm^2$ باشد، نیروی محرکهٔ متوسط القا شده در پیچه در بازهٔ زمانی ۴s تا ۶s چند میلی ولت است؟




۱) ۴ ۲) ۸
۳) ۱۶ ۴) صفر

**۲۱۸۷.** قالب رسانایی به شکل مستطیل که اضلاع آن به‌ترتیب ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر است، شامل ۱۰۰۰ دور است. میدان مغناطیسی در فضا با معادلهٔ $B = t^2 + 2t$ در SI تغییر می‌کند و با خط عمود بر قاب زاویهٔ ۹۰° می‌سازد. ولتاژ القایی متوسط در این قاب در مدت ۲ ثانیهٔ اول، چند ولت است؟
۱) ۸۰ ۲) ۸ ۳) ۰/۰۸ ۴) صفر

**۲۳۹۴.** مطابق شکل، حجم مقدار معینی گاز آرمانی، در یک فرایند بی دررو از $V_1$ به $V_2$ می‌رسد. کدام موارد زیر درست است؟ (فصل ۵ ـ دهم)




الف ـ انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد.

ب ـ دمای گاز کاهش می‌یابد.

پ ـ دمای گاز ثابت می‌ماند.

ت ـ کار انجام شده روی گاز برابر گرمایی است که گاز می‌گیرد.

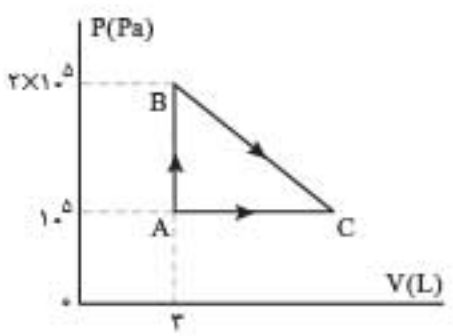
ث ـ کار انجام شده روی گاز برابر تغییر انرژی درونی گاز است.

۱) الف و ث ۲) الف و ت ۳) ب و ث ۴) پ و ت

**۲۳۹۵.** فشـــار پیمانه‌ای مقداری گاز آرمانی $۵\times۱۰^۴ Pa$ و انرژی درونی آن ۶۰۰J است. اگر فشار پیمانه‌ای گاز را دو برابر کنیم و هم‌زمان حجم گاز را نیز دو برابر کنیم، انرژی درونی گاز چند ژول می‌شود؟ $(P_0 = ۱۰^۵ Pa)$ (فصل ۵ ـ دهم)

۱) ۸۰۰ ۲) ۱۲۰۰ ۳) ۱۶۰۰ ۴) ۲۴۰۰

**۲۳۹۶.** مطابق شکل، مقداری گاز آرمانی دواتمی، از دو مسیر، از حالت A به حالت C می‌رسد. اگر افزایش انرژی درونی گاز در رسیدن از A به C، ۱۰۰۰J باشد، گرمایی که گاز در مسیر ABC می‌گیرد، چند ژول است؟ (فصل ۵ ـ دهم)




۱) ۸۰۰
۲) ۱۲۵۰
۳) ۱۶۰۰
۴) ۱۷۵۰

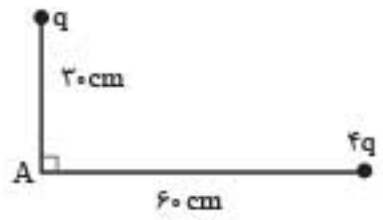
## سؤالات کنکور خارج از کشور ریاضی ۱۴۰۰



**۲۳۹۷.** یکای فرعی فشار کدام است؟ (فصل ۱ ـ دهم)

۱) Pa ۲) $\frac{kg}{m.s^۲}$ ۳) $\frac{kg.m}{s^۲}$ ۴) $\frac{N}{m.s}$

**۲۳۹۸.** شکل مقابل، دو بار الکتریکی مثبت را نشان می‌دهد. اگر میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A برابر $۱۰۰۰\sqrt{۲}\frac{N}{C}$ باشد، q چند نانوکولن است؟ $(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$ (فصل ۱ ـ یازدهم)

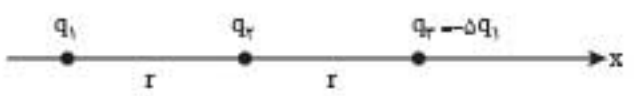



۱) $۲\sqrt{۲}$ ۲) $۵\sqrt{۲}$ ۳) ۱۰ ۴) ۲۰

**۲۳۹۹.** ۴ بـــار الکتریکی نقطـــه‌ای $q_۱ = q_۲ = ۲\mu C$ و $q_۳ = q_۴ = -۲\mu C$ را طوری در ۴ رأس مربعی به ضلع ۳۰ ســـانتی‌متر قـــرار می‌دهیم که میدان الکتریکی خالص در مرکز مربع برابر صفر باشد. در این حالت، نیروی الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای الکتریکی چند نیوتون است؟ ($\sqrt{۲} = ۱/۴$ و $k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲}$) (فصل ۱ ـ یازدهم)

۱) ۰/۱۸ ۲) ۰/۳۶ ۳) ۰/۴۸ ۴) ۰/۷۶

**۲۴۰۰.** در شکل زیر سه ذرهٔ باردار روی محور x قرار دارند و به بار $q_۲$ نیروی الکتریکی خالص F وارد می‌شود. اگر بار $q_۲$ روی محور x به اندازهٔ $\frac{۴r}{۵}$ به بار $q_۲$ نزدیک شود، نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ چند برابر F می‌شود؟ (فصل ۱ ـ یازدهم)




۱) ۲۵ ۲) ۲۱ ۳) $\frac{۱۳}{۳}$ ۴) $\frac{۲۵}{۶}$

**۲۴۰۱.** در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذرهٔ بارداری را در نقطه‌ای به پتانســـیل الکتریکی $V_۱ = ۳۰V$ از حال سکون رها می‌کنیم. اگر ذره فقط تحت تأثیر میدان الکتریکی به نقطه‌ای به پتانســـیل الکتریکی $V_۲ = ۸۰V$ برسد و انرژی جنبشـــی آن ۲ میلی‌ژول افزایش یابد، بار الکتریکی ذره چند میکروکولن است؟ (فصل ۱ ـ یازدهم)

۱) ۸۰ ۲) ۴۰ ۳) −۴۰ ۴) −۸۰