

مقدمه ناشر

به نام خدا

بدون شک مارادونا اسطوره فوتبال جهان!

جادوگری که از وسط زمین شروع به دربیل زدن بازیکنان می‌کند، سریعاً نزدیک و نزدیک‌تر به دروازه می‌شه و ... !goooooooooal
حالا برای این که مارادونای کنکورتون باشین، یه سری کتاب جیبی براتون تألیف کردیم به اسم نکته‌باز!

در فرایند تألیف کتابای نکته‌باز، هوشمندانه عمل کردیم، این طوری که نکات کاملاً ضروری کنکور و استراتژی‌های لازم برای حل سؤالات رو، یک جا براتون آوردیم. علاوه بر همه این‌ها، شما با انتخاب نکته‌باز، می‌تونین در سریع‌ترین زمان ممکن مطالب رو جمع‌بندی کنین، چون تو این کتابا همه مطالب کنکور به صورت نکته‌محور دسته‌بندی شدن.

در پایان جا داره یه تشکر ویژه کنیم از تیم تألیف و تولید خیلی سبز که بدون زحماتشون، بدون شک کتابای به این خوبی نداشتیم ...!

مارادونای زندگی‌ت باش ...

مقدمه مؤلف

درس فوندن کار سفتیه

و هرگز فکر نکن که

هی تونی از پیش بر بیای ...

علا متن بالا رو از پایین شروع کن به فوندن، فهمیدی چی شد؟ همه چی به ننگه تو بستگی داره. هی کن بال زنبورا نسبت به پشه ای که دارن خیلی کوچیکه و از لحاظ فیزیکی امکان بلند کردن هیگل تپل و پشمالوی زنبورا رو نداره، یعنی بامماسبات آیرودینامیکی رو کاغذ، زنبورا هیچ وقت نمی تونن پرواز کنن ولی ...



زنبورا پرواز می کنن!

چون نگاهشون به پرواز کردن متفاوته ...

درباره این کتاب

توضیحات لازم درباره کتاب رو به صورت جدول زیر، جمع بندی کردیم.

درس نامه ها	با ۲۱۰ نکته باز، کل فیزیک دهم تا دوازدهم جمع بندی شده است.
تست ها	اکثر تست ها از کنکورهای سال های اخیر برگزیده شده اند و تعدادی هم تست های تألیفی در کنار آن ها آورده شده اند.
قیافه	هر فصل به تعدادی نکته باز تقسیم شده است که هر نکته باز شامل یک درس نامه خلاصه، فرمول ها و روش های خیلی جالب برای حل تست ها است که در انتهای هر بخش در صورت نیاز، تست های مرتبط، آورده شده اند.
سطح	تمرکز اصلی این کتاب روی جمع بندی (نه سَمبل) مطالب کنکور است و چون درس فیزیک در کنکور طی سال های اخیر، سطح متوسطی داشته است پس سطح این کتاب نیز متناسب با سطح استاندارد کنکور، تألیف شده است.

••• ممنونم ازتون

- آقای احسان حسینیان که یه دوستی با ایده‌های خیلی قشنگ.
- خانم زهرا جالینوسی که یه همراه پرانرژی و بادقتی.
- آقای کیوان صارمی که یه همکار صبور.
- آقای پیام ابراهیم‌نژاد که انقدر مسئولیت‌پذیری.
- انتشارات خیلی سبز که خیلی متفاوتی ...

ارتباط با من

نظرات ارزشمندتون رو از ۳ دریغ نکنین.

📧 | mt72318@gmail.com |

📌 | [@Physicscraze](#) |

فهرست مطالب

پایه دهم

- ۹ فصل اول: فیزیک و اندازه‌گیری
- ۲۵ فصل دوم: ویژگی‌های فیزیکی مواد
- ۴۷ فصل سوم: کار و انرژی
- ۶۷ فصل چهارم: دما و گرما
- ۹۹ فصل پنجم: ترمودینامیک

پایه یازدهم

- ۱۲۷ فصل اول: الکتروسیسته ساکن
- ۱۶۲ فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم
- ۲۰۳ فصل سوم: مغناطیس
- ۲۲۴ فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

پایه دوازدهم

- ۲۴۲ فصل اول: حرکت بر خط راست
- ۲۸۲ فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره‌ای
- ۳۱۴ فصل سوم: نوسان و امواج
- ۳۵۱ فصل چهارم: برهم‌کنش‌های موج
- ۳۷۶ فصل پنجم: آشنایی با فیزیک اتمی
- ۳۹۶ فصل ششم: آشنایی با فیزیک هسته‌ای



فصل پنجم

ترمودینامیک

اصطلاحات ترمودینامیک

۴۲

در این علم، فرایندهای فیزیکی توسط گروهی از کمیت‌های مشاهده‌پذیر (ماکروسکوپی) که حتماً شامل دماست، توصیف می‌شوند، بدون آن‌که درگیر رفتار تک‌تک مولکول‌ها شود.

دستگاه

جسمی (در این جا گاز) که تحولات آن را بررسی می‌کنیم.

محیط

هر آن‌چه در اطراف دستگاه است.

دستگاه و محیط می‌توانند با یکدیگر کار و انرژی مبادله کنند.

متغیرهای ترمودینامیکی

کمیت‌های ماکروسکوپی در یک گاز (دستگاه) که شامل فشار (P)، دما (T) و حجم (V) هستند.

تعادل ترمودینامیکی

حالتی که متغیرهای ترمودینامیکی، یک مقدار مشخص دارند و به طور خودبه‌خودی تغییر نمی‌کنند.

فرایند ترمودینامیکی

هنگامی که دستگاه از یک حالت تعادل به حالت تعادل دیگری برود، یک فرایند ترمودینامیکی انجام شده است.

نوع فرایند	ویژگی خاص	قانون اول ترمودینامیک
هم فشار	فشار گاز در این فرایند، ثابت است و کار برابر است با: $W = -P\Delta V$	$\Delta U = Q + \overset{-P\Delta V}{W}$
هم دما	دما در این فرایند، ثابت است. $T = \text{ثابت} \Rightarrow U = \text{ثابت}$ $\Rightarrow \Delta U = 0$	$\overset{\circ}{\Delta U} = Q + W$ $\Rightarrow Q = -W$
بی دررو	در این فرایند، گرما بین دستگاه و محیط مبادله نمی‌شود. $Q = 0$	$\Delta U = \overset{\circ}{Q} + W$

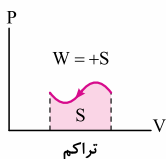
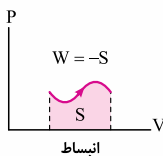
در ادامه، هر یک از این چهار فرایند را به طور مفصل بررسی می‌کنیم.

سه نمودار معروف

FV

برای هر یک از چهار فرایندی که در قسمت قبل معرفی کردیم، می‌توانیم سه نمودار معروف رسم کنیم. (برای بعضی فرایندها هر سه نمودار رسم می‌شود و برای بعضی شون نه.)

نمودار P-V



در این نمودار، فشار (P) بر حسب حجم (V) رسم می‌شود.

پیه این نمودار به دردمون می‌خوره؟

همون‌طور که قبلاً گفتیم مساحت

زیرش می‌شه اندازه کار (W).

نمودار P-T

در این نمودار، فشار (P) بر حسب دما (T) رسم می‌شود.

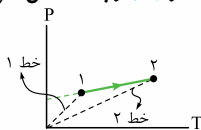
پیه این نمودار به دردمون می‌خوره؟ آگه هر نقطه دلفواهی از نمودار رو به مبدأ مختصات

وصل کنیم، یه خط به وجود میاد که شیب این خط از معادله حالت برابر می‌شه با:

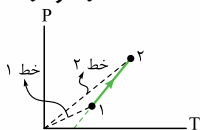
$$\text{شیب خط واصل به مبدأ مختصات} = \frac{P}{T}$$

$$PV=nRT \rightarrow \text{شیب} = \frac{P}{T} = \frac{nR}{V}$$

از رابطه بالا می‌توان نتیجه گرفت که شیب خط واصل هر نقطه به مبدأ مختصات در نمودار $P-T$ با حجم گاز (V) رابطه عکس دارد.



$$\text{شیب خط ۱} > \text{شیب خط ۲} \\ \Rightarrow V_1 < V_2$$



$$\text{شیب خط ۲} > \text{شیب خط ۱} \\ \Rightarrow V_2 < V_1$$

نمودار V-T

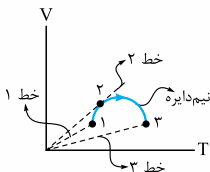
در این نمودار، حجم (V) بر حسب دما (T) رسم می‌شود.

چیه این نمودار به دردمون می‌فوره؟ آگه هر نقطه دلفواهی از نمودار رو به مبدأ مختصات

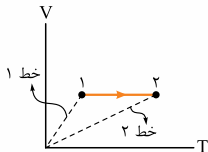
وصل کنیم، یه خط به وجود میاد که شیب این خط از معادله حالت برابر می‌شه با:

$$\text{شیب خط واصل به مبدأ مختصات} = \frac{V}{T} \xrightarrow{PV=nRT} \text{شیب} = \frac{V}{T} = \frac{nR}{P}$$

از رابطه بالا می‌توان نتیجه گرفت که شیب خط واصل هر نقطه به مبدأ مختصات در نمودار $V-T$ با فشار گاز (P) رابطه عکس دارد.



$$\text{شیب خط ۳} > \text{شیب خط ۱} > \text{شیب خط ۲} \\ \Rightarrow P_3 < P_1 < P_2$$



$$\text{شیب خط ۱} > \text{شیب خط ۲} \\ \Rightarrow P_1 < P_2$$

در این فرایند، حجم گاز ثابت است؛ پس کار محیط روی دستگاه (W) برابر صفر است.

$$W = W' = 0 \quad \xrightarrow{\Delta U = Q + W} \quad \Delta U = Q$$

نمودارهای فرایند هم‌حجم

توضیح	شکل نمونه
<p>مساحت زیر این نمودار برابر صفر است. به همین دلیل کار نیز برابر صفر می‌شود.</p>	
<p>شیب خط ۲ > شیب خط ۱ $\Rightarrow P_2 < P_1$</p>	
<p>برای فرایند هم‌حجم، این نمودار به صورت خطی است که امتداد آن از مبدأ می‌گذرد. شیب خط ۱ = شیب خط ۲ $\Rightarrow V_2 = V_1$</p>	

نوجه در تمام نمودارهای جدول

دمای گاز افزایش یافته است ($T_2 > T_1$).

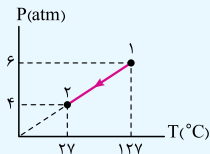
انرژی درونی گاز افزایش یافته است، زیرا: $T_2 > T_1 \Rightarrow U_2 > U_1 \Rightarrow \Delta U > 0$

گاز از محیط گرما گرفته است، زیرا: $Q = \Delta U \xrightarrow{\Delta U > 0} Q > 0$

اگر جهت فلش‌ها در نمودارهای جدول، برعکس شود، تمام موارد گفته شده، برعکس می‌شوند.

تست نمودار P-T برای گاز کاملی مطابق شکل زیر است.

اگر انرژی درونی این گاز در نقطه (۲) برابر ۱۲۰۰ J باشد، گاز در طی این



فرایند ژول گرما است.

۱ - ۳۰۰ از دست داده

۲ - ۴۰۰ از دست داده

۳ - ۳۰۰ گرفته

۴ - ۴۰۰ گرفته

پاسخ گزینه ۲ این نمودار مربوط به یک فرایند هم‌حجم است

که در آن $T_2 < T_1$ است $\Leftrightarrow U_2 < U_1 \Leftrightarrow \Delta U < 0$

$\Delta U = Q \leftarrow Q < 0 \Leftrightarrow$ گاز گرما از دست داده است.

نسبت انرژی درونی در نقطه (۲) به (۱) را محاسبه می‌کنیم، فقط باید دقت کنید که دماها باید برحسب کلوین باشند:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_2 = 27 + 273 = 300 \text{ K}}{T_1 = 127 + 273 = 400 \text{ K}} \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{300}{400} \Rightarrow U_2 = 1600 \text{ J}$$

تغییر انرژی درونی برابر است با:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = 1200 - 1600 = -400 \text{ J}$$

طبق قانون اول ترمودینامیک در فرایند هم‌حجم داریم:

$$\Delta U = Q + \cancel{W} \Rightarrow \Delta U = Q \Rightarrow Q = -400 \text{ J}$$

در این فرایند، فشار گاز (P) ثابت است و داریم:

$$W = -W' = -P\Delta V \xrightarrow{\Delta U=Q+W} \Delta U = Q - P\Delta V$$

نمودارهای فرایند هم فشار

توضیح	شکل نمونه
<p>مساحت زیر این نمودار به شکل مستطیلی با طول ΔV و عرض P است، پس کار برابر است با: $W = -P\Delta V$</p> <p>در انبساط $W < 0 \Leftarrow \Delta V > 0$</p> <p>در تراکم $W > 0 \Leftarrow \Delta V < 0$</p>	
<p>برای فرایند هم فشار، این نمودار به صورت خطی است که امتداد آن از مبدأ می‌گذرد.</p> <p>شیب خط ۱ = شیب خط ۲ $\Rightarrow P_1 = P_2$</p>	
<p>شیب خط ۱ < شیب خط ۲ $\Rightarrow V_2 > V_1$</p>	


نوجه در تمام نمودارهای جدول که برای انبساط گاز رسم شده‌اند:

گاز روی محیط کار انجام می‌دهد. $W < 0$

گاز از محیط گرما می‌گیرد. $Q > 0$

انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد. $\Delta U > 0$

اگر نمودارها برای تراکم گاز رسم شوند (جهت فلش‌ها برعکس شود)، تمام موارد گفته‌شده برعکس می‌شوند.

تست  گازی آرمانی به حجم ۲ لیتر در فشار ثابت 10^5 Pa .

مقداری گرما به محیط می‌دهد و حجم آن به $1/5$ لیتر می‌رسد. کار


انجام‌شده روی گاز چند ژول است؟ (ریاضی ۱۴۰۱)

۳۰

۵۰

۵۰

۳۰

پاسخ  گزینه ۴ گاز متراکم شده است، پس علامت کار باید مثبت باشد:

$$\Delta V = V_f - V_i = 1/5 - 2 = -9/5 \text{ L} = -9/5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

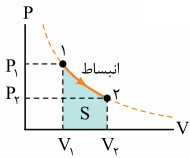
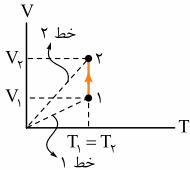
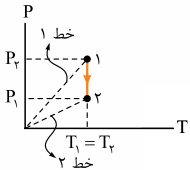
$$W = -P\Delta V = -10^5 \times (-9/5 \times 10^{-3}) = 18 \text{ J}$$

فرایند هم‌دما

۵۰

در این فرایند، دما ثابت است پس تغییر انرژی درونی گاز (ΔU) برابر صفر است.

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{\Delta U=0} 0 = Q + W \Rightarrow Q = -W$$

توضیح	شکل نمونه
<p>مساحت زیر این نمودار برابر اندازه کار است، اما به علت منحنی بودن نمودار، مساحت آن از لحاظ عددی در سطح کنکور بررسی نمی شود و فقط به صورت مقایسه یا تحلیل مورد سؤال قرار می گیرد.</p> <p>در انبساط $W < 0$</p> <p>در تراکم $W > 0$</p>	
<p>شیب خط ۱ < شیب خط ۲ $\Rightarrow P_2 < P_1$</p>	
<p>شیب خط ۱ < شیب خط ۲ $\Rightarrow V_2 > V_1$</p>	

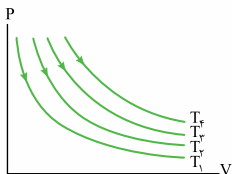
نوجه ۱ در تمام نمودارهای جدول که برای انبساط گاز رسم شده‌اند:

گاز روی محیط کار انجام می دهد. $W < 0$

گاز از محیط گرما می گیرد. $Q > 0$

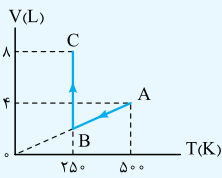
انرژی درونی گاز، ثابت است. $\Delta U = 0$

اگر نمودارها برای تراکم گاز رسم شوند (جهت فلش‌ها برعکس شود)، تمام موارد گفته شده برعکس می شوند.



در نمودار $P - V$ برای فرایند هم‌دم، هر چه منحنی بالاتر باشد، دمای آن فرایند بیشتر است.

$$T_4 > T_3 > T_2 > T_1$$

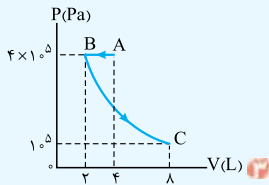
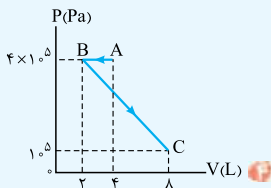
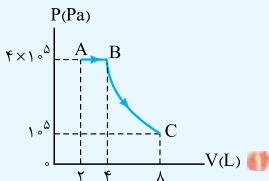
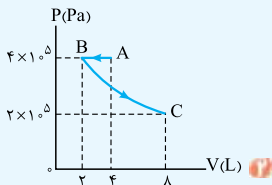


تست نمودار $V - T$ برای $0/4$

مول گاز آرمانی (کامل) به صورت شکل مقابل است. نمودار $P - V$ مربوط به این

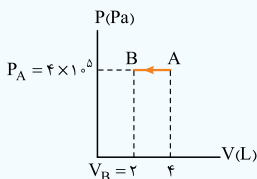
دو فرایند کدام است؟ ($R = 8 \frac{J}{mol \cdot K}$)

(ریاضی ۹۹)



پاسخ گزینه ۳ فرایند AB یک فرایند تراکم هم‌فشار است (پهن از مبدأ مفتحات می‌گذرد) و نمودار $P - V$ برای آن خطی افقی است

که حجم در آن کاهش می‌یابد و به صورت روبه‌رو رسم می‌شود:

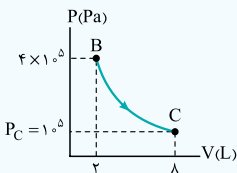


$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow P_A \times (4 \times 10^{-3}) = 0.4 \times 8 \times 500$$

$$\Rightarrow P_A = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \Rightarrow \frac{4}{500} = \frac{V_B}{250} \Rightarrow V_B = 2 \text{ L}$$

فرایند BC یک فرایند انبساط هم‌دما است که نمودار P-V برای آن به صورت مقابل رسم می‌شود:



$$P_C V_C = P_B V_B$$

$$\Rightarrow P_C \times 4 = 4 \times 10^5 \times 2$$

$$\Rightarrow P_C = 10^5 \text{ Pa}$$

فرایند بی‌دررو

۵۱

در این فرایند، گرمایی بین دستگاه و محیط مبادله نمی‌شود ($Q = 0$).

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{Q=0} \Delta U = W$$

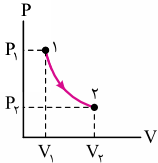
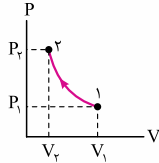
توجه فرایند بی‌دررو در دو حالت مرسوم رخ می‌دهد:

- 1 ← دستگاه عایق‌بندی شده باشد.
- 2 ← فرایند بسیار سریع رخ دهد و فرصت مبادلهٔ گرما وجود نداشته باشد.

نمودار P-V بی‌دررو

این نمودار مانند نمودار P-V فرایند هم‌دما به صورت منحنی است اما

نسبت به فرایند هم‌دما اندازه شیب آن بیشتر است.

 <p>انبساط بی‌دررو</p>	 <p>تراکم بی‌دررو</p>	<p>شکل</p>
<p>1️⃣ گاز روی محیط کار انجام می‌دهد، زیرا:</p> $W < 0 \leftarrow \Delta V > 0 \quad V_1 < V_2$ <p>2️⃣ انرژی درونی گاز کاهش می‌یابد، زیرا:</p> $\Delta U < 0 \leftarrow \Delta U = W \quad W < 0$	<p>1️⃣ محیط روی گاز، کار انجام می‌دهد، زیرا:</p> $W > 0 \leftarrow \Delta V < 0 \quad V_2 < V_1$ <p>2️⃣ انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد، زیرا:</p> $\Delta U > 0 \leftarrow \Delta U = W \quad W > 0$	<p>توضیح</p>

تست در کدام فرایند، کار انجام‌شده روی گاز مثبت است و

(ریاضی ۱۴۰۲)

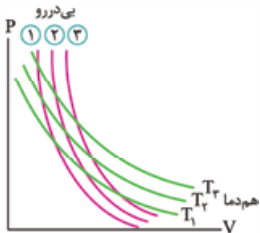
انرژی درونی گاز کاهش می‌یابد؟

- 1️⃣ تراکم هم‌فشار
2️⃣ انبساط هم‌فشار
3️⃣ تراکم بی‌دررو
4️⃣ انبساط بی‌دررو

پاسخ گزینه ۱

فرایند	نوع	کار (W)	تغییر انرژی درونی (ΔU)
هم‌فشار	تراکم	$W > 0$	$\Delta U < 0$
	انبساط	$W < 0$	$\Delta U > 0$
بی‌دررو	تراکم	$W > 0$	$\Delta U > 0$
	انبساط	$W < 0$	$\Delta U < 0$

مقایسه فرایند هم‌دما با پی‌دررو



در شکل مقابل، سه نمودار هم‌دما و سه نمودار پی‌دررو در یک شکل رسم شده‌اند.

(کلاً شیب پی‌دررو از هم‌دما بیشتره.)

در ادامه به تیپ معروف از کاربرد نمودار روبه‌رو براتون آوردم که معمولاً مشکل بچه‌هاست.

طراح می‌گه: «گاز رو به بار با پی‌دررو و به بار با هم‌دما تا فلان میم، منبسط یا متراکم می‌کنیم.»

این جمله یعنی: هم‌دما و پی‌دررو از یک نقطه شروع می‌شن و در نهایت به یک هم‌یکسان (V') می‌رسن. مثلاً ما نقطه شروع رو مثل تقاطع نمودار شماره (۲) پی‌دررو و شماره (۲) هم‌دما در نظر می‌گیریم.

حالت	تراکم	انبساط
شکل		
فشار نهایی	$P'_{\text{هم‌دما}} < P'_{\text{پی‌دررو}}$	$P'_{\text{هم‌دما}} > P'_{\text{پی‌دررو}}$
اندازه کار	$ W_{\text{پی‌دررو}} < W_{\text{هم‌دما}} $	$ W_{\text{پی‌دررو}} > W_{\text{هم‌دما}} $



القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

شار مغناطیسی

۱۰۳

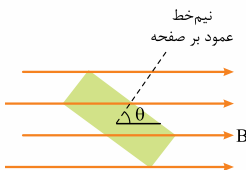
$$\Phi = BA \cos \theta$$

B: میدان مغناطیسی بر حسب تسلا (T)

A: مساحت صفحه بر حسب متر مربع (m^2)

θ : زاویه میدان مغناطیسی و نیم خط

عمود بر صفحه



Φ : شار مغناطیسی بر حسب وِبر (Wb)

● کمیتی فرعی و نرده‌ای است.

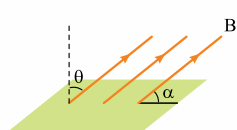
$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T.m}^2$$

● در SI بر حسب وِبر (Wb) اندازه‌گیری می‌شود.

نوجه ❶ زاویه خود صفحه با میدان

مغناطیسی α ، متمم θ است.

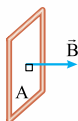
$$\theta = 90^\circ - \alpha$$



❷ اگر صفحه، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار

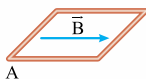
بگیرد، شار عبوری از آن بیشینه است. (انگار صفحه تور

ماهی‌گیره و قطب میدان ماهی هستند.)



و اگر صفحه، موازی با خطوط میدان مغناطیسی باشد،

شار عبوری از آن صفر است.



$$\Phi = 0$$

تست حلقه‌ای به مساحت 200 cm^2 درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B = 0.004 \text{ T}$ قرار دارد و خطوط میدان با سطح حلقه، زاویه 60° درجه می‌سازند. شار مغناطیسی که از حلقه می‌گذرد،

چند وبر است؟

(سراسری ریاضی ۹۹)

$4\sqrt{3} \times 10^{-5}$
 $4\sqrt{3} \times 10^{-3}$
 4×10^{-5}
 2×10^{-3}

$\theta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

پاسخ گزینه ۴ ✓

$\Phi = BA \cos \theta = (0.004)(200 \times 10^{-4}) \cos 30^\circ = 4\sqrt{3} \times 10^{-5} \text{ Wb}$

تفسیر شار مغناطیسی

شار مغناطیسی با تغییر سه چیز، تغییر می‌کند:

$\Delta \Phi = (\Delta B)A \cos \theta$ **۱** تغییر میدان مغناطیسی

$\Delta \Phi = B(\Delta A) \cos \theta$ **۲** تغییر مساحت

$\Delta \Phi = BA(\Delta \cos \theta) = BA(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$ **۳** تغییر زاویه

نوجه آهنگ هر کمیت یعنی $\frac{\text{تغییر کمیت}}{\text{زمان}}$

مثلاً: آهنگ تغییر شار: $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

آهنگ تغییر میدان مغناطیسی: $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ و آهنگ تغییر مساحت: $\frac{\Delta A}{\Delta t}$

قانون القای فاراده

۱۰۴

تغییر شار مغناطیسی ($\Delta \Phi$) باعث تولید نیروی محرکه القایی متوسط (ϵ_{av}) و در نتیجه جریان الکتریکی القایی متوسط (I_{av}) می‌شود که هر دو با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب هستند.

$\epsilon_{av} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

N : تعداد حلقه‌ها

$\Delta \Phi$: تغییر شار مغناطیسی بر حسب وبر (Wb)

Δt : تغییر زمان بر حسب ثانیه (s)

ϵ_{av} : نیروی محرکه القایی بر حسب ولت (V)

! **نوجه** از رابطه صفحه قبل می توان گفت: **وبر** **ولت**

$$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{Wb}}{\text{s}}$$

ثانیه

تست سیمی را به شکل حلقه ای به شعاع ۱۰ cm در می آوریم و آن را روی یک سطح افقی قرار می دهیم. میدان مغناطیسی یکنواختی که با سطح قاب زاویه ۳۰ درجه می سازد، در مدت ۱۵/۷ میلی ثانیه از ۶۰۰۰ گاوس به صفر کاهش می یابد. نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه چند ولت است؟

(سراسری ریاضی ۱۴۰۲)

۱) $0.6\sqrt{3}$ ۲) 0.6 ۳) $1/2\sqrt{3}$ ۴) $1/2$

پاسخ گزینه ۲

مساحت حلقه: $A = \pi r^2 = 3/14 \times 10^{-2} = 314 \text{ cm}^2$

$$= 314 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 3/14 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

زاویه سطح قاب با میدان ۳۰° است؛ پس زاویه نیم خط عمود بر صفحه با میدان ۶۰° است، پس تغییر شار مغناطیسی برابر می شود با:

$$\Delta\Phi = (\Delta B)A \cos\theta \quad \xrightarrow{B_1=6000 \times 10^{-4} \text{ T}, B_2=0, \theta=60^\circ}$$

$$\Delta\Phi = (0 - 6000 \times 10^{-4})(3/14 \times 10^{-2}) \cos 60^\circ$$

$$= (-0.6)(3/14 \times 10^{-2})(\frac{1}{2}) = -0.3 \times 3/14 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

نیروی محرکه القایی متوسط در مدت $\Delta t = 15/7 \text{ ms} = 15/7 \times 10^{-3} \text{ s}$ برابر می شود با:

$$\varepsilon_{\text{av}} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{-0.3 \times 3/14 \times 10^{-2}}{15/7 \times 10^{-3}} = 0.6 \text{ V}$$

جریان القایی متوسط (I_{av}) را می توان از قانون اهم محاسبه کرد:

$$I = \frac{V}{R} \xrightarrow{V=\varepsilon_{av}} I_{av} = \frac{\varepsilon_{av}}{R} = -\frac{N}{R} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

توجه! هر چه آهنگ تغییر شار مغناطیسی $\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$ \uparrow ε \uparrow I \uparrow

یادآوری! از فصل الکتریسیته جاری، بار القایی شارش شده برابر می شود

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{-N}{R} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = -\frac{N}{R} \Delta\Phi$$

تست! پیچهای دارای ۲۰۰ حلقه است و شار مغناطیسی ۰/۰۵ و بر از

آن می گذرد. دو سر این پیچه به هم وصل است. اگر این شار مغناطیسی با آهنگ ثابتی کاهش یافته و به صفر برسد و مقاومت الکتریکی پیچه 10Ω باشد، چند کولن بار الکتریکی در آن شارش پیدا می کند؟ (سراسری ریاضی ۹۷)

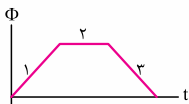
۰/۰۱ ۰/۱ ۱ ۱۰

پاسخ گزینه ۳

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 0 - 0.05 = -0.05 \text{ Wb}$$

$$\Delta q = \frac{-N\Delta\Phi}{R} \Rightarrow \Delta q = \frac{-200 \times (-0.05)}{10} = 1 \text{ C}$$

۱-۱ نمودار شار-زمان

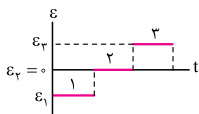


شار گذرنده از یک سطح بسته در ۳ مرحله مطابق شکل مقابل رسم شده است:

۲ نمودار نیروی محرک - زمان (۱-۱)

می‌خواهیم از روی نمودار $\Phi - t$ نمودار $\varepsilon - t$ را رسم کنیم.

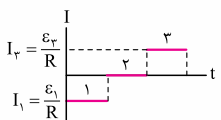
$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \Phi - t \text{ شیب نمودار}$$



یعنی برای محاسبه ε باید $(-N)$ را در شیب نمودار $\Phi - t$ ضرب کنیم:

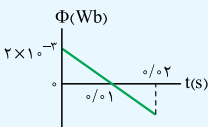
۳ نمودار جریان - زمان (۱-۱)

می‌خواهیم از روی نمودار $\varepsilon - t$ ، نمودار $I - t$ را رسم کنیم.

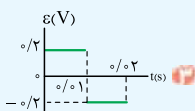
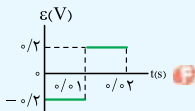
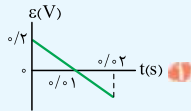
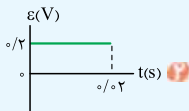


یعنی برای محاسبه I ، محور قائم نمودار $\varepsilon - t$ را بر مقاومت (R) تقسیم می‌کنیم:

توجه! قیافه نمودارهای $\varepsilon - t$ و $I - t$ شبیه به هم است.



تست نمودار شار مغناطیسی که از یک حلقه می‌گذرد، در شکل مقابل، نشان داده شده است. نمودار نیروی محرکه القایی در این مدت کدام است؟ (تجربی خارج ۹۹)



✓ پاسخ گزینه ۲ نمودار $\Phi - t$ به صورت خطی با شیب ثابت و منفی است؛ پس برای محاسبه نمودار $\varepsilon - t$ باید شیب آن را در $(-N)$ ضرب کنیم که تبدیل به عددی ثابت و مثبت می‌شود؛ پس با نگاه می‌گیریم که گزینه (۲) پاسخ صحیح است و نیازی به حل نیست، اما برای دل شما محاسبه هم می‌کنیم:

$$\text{شیب } \Phi - t = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0 - 2 \times 10^{-3}}{0.01} = -0.2$$

$$\varepsilon = -N \times (\text{شیب } \Phi - t) = -1 \times (-0.2) = 0.2 \text{ V}$$

قانون لenz یا ساز مخالف

۱۰۷

قانون لenz

جریان القایی در جهتی ایجاد می‌شود که با تغییر شار مخالفت کند. شار تغییر می‌کند ← باتری القایی ایجاد می‌شود ← جریان القایی ایجاد می‌شود ← میدان مغناطیسی القایی ایجاد و با قاعده دست راست جهت اون تعیین می‌شود.

قاعده کلی

← اگر شار در حال کاهش باشد ← میدان القایی با میدان اصلی هم‌جهت است.
← اگر شار در حال افزایش باشد ← میدان القایی در خلاف جهت میدان اصلی است.

نویس ۱. وارد یا خارج کردن حلقه در میدان:

← حلقه به میدان وارد شود: جهت میدان القایی در حلقه، خلاف جهت میدان خارجی است.

← حلقه از میدان خارج شود: جهت میدان القایی در حلقه، در جهت میدان خارجی است.



× × ×

B × × ×

× × ×

B × × ×





حرکت بر خط راست

مسافت و جابه‌جایی

۱۱۳

هر چیزی که از جنس طول باشد، در SI بر حسب متر (m) اندازه‌گیری می‌شود، مثل مسافت و ...

تعریف	شکل نمونه	نماد	کمیت
<p>برداری که مبدأ را به محل متحرک وصل می‌کند.</p> $\vec{r}_1 = x_1 \vec{i}$		\vec{r}	<p>بردار مکان روی محور x (برداری)</p>
<p>تغییر بردار مکان متحرک، بردار جابه‌جایی است؛ یعنی برداری که محل شروع را به پایان وصل می‌کند.</p> $\Delta \vec{x} = (x_2 - x_1) \vec{i}$		$\Delta \vec{x}$ یا \vec{d}	<p>بردار جابه‌جایی روی محور x (برداری)</p>
<p>طول مسیر حرکت متحرک</p>		l	<p>مسافت (نرده‌ای)</p>

اندازه جابه‌جایی همواره کوچک‌تر یا مساوی مسافت است.
 $(\Delta x \leq \ell)$

جابه‌جایی به مسیر حرکت بستگی ندارد و فقط نقطه شروع و پایان در آن مهم است، اما مسافت به مسیر حرکت وابسته است.

تندی و سرعت

۱۱۴

سرعت و تندی دو کمیت متفاوت‌اند. انواع آن‌ها را ببینید:

رابطه	تعریف	نماد	نوع	کمیت
—	سریع یا آهسته رفتن در هر لحظه	s	لحظه‌ای	تندی (نرده‌ای)
$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t}$	مسافت طی شده در واحد زمان	s_{av}	متوسط	
$v = s$	همان تندی لحظه‌ای به همراه جهت	v	لحظه‌ای	سرعت (بردار)
$v_{av} = \frac{\Delta x \text{ یا } d}{\Delta t}$	جابه‌جایی در واحد زمان	v_{av}	متوسط	

Δt : تغییر زمان بر حسب ثانیه (s)

توجه! یکای تندی و سرعت در SI بر حسب متر بر ثانیه (m/s) است اما کیلومتر بر ساعت (km/h) یکای پرکاربرد آن است.

$$\frac{\text{km}}{\text{h}} \begin{matrix} \xrightarrow{\times \frac{10}{36}} & \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ \xleftarrow{\times \frac{36}{10}} & \end{matrix}$$

اعداد معروف بر حسب کیلومتر بر ساعت در جدول زیر آورده شده‌اند:

۱۰۸	۹۰	۷۲	۵۴	۳۶	۱۸	$\frac{\text{km}}{\text{h}}$
۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Diagram showing constant acceleration with arrows labeled +18 km/h and +5 m/s between columns.



۱ عقربه تندیسنج خودروها، تندی لحظه‌ای را نشان می‌دهد.

۲ سرعت لحظه‌ای در هر نقطه از مسیر بر مسیر حرکت مماس است.

۳ اندازه سرعت لحظه‌ای و تندی لحظه‌ای همواره برابر است. $v = s$

۴ اندازه سرعت متوسط همواره کوچک‌تر یا مساوی تندی متوسط است.

$$v_{av} \leq s_{av}$$

۵ علامت و جهت بردار سرعت متوسط با بردار جابه‌جایی یکسان است،

یعنی: حرکت در جهت محور Xها: $\Delta \bar{x} > 0 \leftarrow \bar{v}_{av} > 0$

حرکت در خلاف جهت محور Xها: $\Delta \bar{x} < 0 \leftarrow \bar{v}_{av} < 0$

تست متحرکی روی محور x حرکت می‌کند و در مبدأ زمان از

مکان $x_0 = -40 \text{ m}$ می‌گذرد و در لحظه $t_1 = 6 \text{ s}$ به مکان $x_1 = 100 \text{ m}$ می‌رسد

و در نهایت در لحظه $t_2 = 10 \text{ s}$ از مکان $x_2 = 20 \text{ m}$ می‌گذرد. سرعت

متوسط این متحرک در SI در این ۱۰ ثانیه کدام است؟ (سراسری تجربی ۹۸)

۲

۶

۱۴

۲۲

پاسخ گزینه ۳ سرعت متوسط از روی جابه‌جایی محاسبه

می‌شود و جابه‌جایی فقط به ابتدا و انتهای حرکت وابسته است.

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_0}{t_2 - t_0} = \frac{20 - (-40)}{10 - 0} = 6 \text{ m/s}$$



نوع زمان	تعریف	نمونه
لحظه‌ای	لفظه یعنی به هشتم به هم زدن مثلاً در لفظه t	در لحظه $t = 3s$
بازه‌ای	بازه یعنی از لفظه فلان تا فلان مثلاً از t_1 تا t_2	ثانیه نام: از $t_1 = n - 1$ تا $t_2 = n$ مثلاً ثانیه سوم: $t_1 = 2s$ تا $t_2 = 3s$
		T ثانیه نام: از $t_1 = (n - 1)T$ تا $t_2 = nT$ مثلاً پنج ثانیه سوم: $t_1 = 2 \times 5 = 10s$ تا $t_2 = 3 \times 5 = 15s$


حرکت یکنواخت

حرکتی است که تندی در آن ثابت است، مثل چرخش با تندی ثابت دور یک میدان، در این حرکت داریم:

$$v_{av} \leq v = s = s_{av}$$

در حرکت روی خط راست و بدون تغییر جهت که به آن **حرکت با سرعت ثابت** یا **حرکت یکنواخت روی خط راست** نیز می‌گویند، اندازه جابه‌جایی و مسافت برابر است ($\Delta x = \ell$)؛ پس اندازه سرعت متوسط و تندی متوسط نیز برابر است. در این حرکت داریم:

$$v_{av} = v = s = s_{av}$$

تست چند مورد از موارد زیر نادرست است؟ 

- الف) تندی متوسط در حرکت بر روی خط راست و بدون تغییر جهت، برابر نسبت جابه‌جایی جسم به زمان است.
- ب) در لحظه‌ای که متحرک به مبدأ مکان می‌رسد، بردار مکان تغییر جهت می‌دهد.

پ) در لحظه‌ای که علامت سرعت لحظه‌ای عوض می‌شود، متحرک تغییر جهت می‌دهد.

ت) سه ثانیه چهارم از یک حرکت یعنی از لحظه $t_1 = 8 \text{ s}$ تا $t_2 = 12 \text{ s}$
ث) در حرکت یکنواخت اندازه سرعت متوسط با تندی متوسط برابر است.

۱

۲

۳

۴

پاسخ گزینه ۲ بررسی همه عبارات

الف درست است، زیرا در حرکت روی خط راست و بدون تغییر جهت، اندازه جابه‌جایی با مسافت برابر است $(\Delta x = \ell)$ اندازه سرعت متوسط با تندی متوسط نیز برابر است.
$$s_{av} = v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

دقت کنید اگر عبارت «بدون تغییر جهت» از جمله حذف شود، این جمله تبدیل به یک جمله نادرست می‌شود.

ب نادرست است، زیرا متحرک باید از مبدأ مکان عبور کند نه این که صرفاً به آن برسد.

ج درست است.

د نادرست است، زیرا سه ثانیه چهارم یعنی از $t_1 = 9 \text{ s}$ تا $t_2 = 12 \text{ s}$
ه نادرست است، زیرا حرکت یکنواخت باید روی خط راست باشد تا سرعت متوسط و تندی متوسط برابر شوند.

شباب

۱۱۷

هنگامی که سرعت یک جسم تغییر کند (چه اندازه، چه جهت) یعنی حرکت جسم شتابدار است. شتاب متوسط این نوع حرکت برابر است با:

$$\bar{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{m/s})$$

Δt : تغییر زمان بر حسب ثانیه (s)

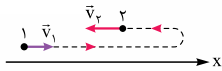

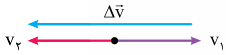
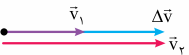
a_{av} : شتاب متوسط بر حسب متر بر مربع ثانیه (m/s^2)

● یکای نیوتون بر کیلوگرم (N/kg) یکی دیگر از یکاهای شتاب است که با یکای SI شتاب یعنی متر بر مربع ثانیه (m/s^2) برابر است.

$$1 \frac{m}{s^2} = 1 \frac{N}{kg}$$

● شتاب کمیتی فرعی و برداری است.

● برای تعیین جهت شتاب متوسط، بردارهای سرعت اولیه (\vec{v}_1) و ثانویه (\vec{v}_2) را از یک نقطه رسم کرده و نوک فلش v_1 را به v_2 وصل می‌کنیم تا جهت تغییر سرعت (Δv) به دست آید. بردار شتاب متوسط (\vec{a}_{av}) با بردار تغییر سرعت ($\Delta \vec{v}$) هم‌جهت است.


<p>بردارهای \vec{v}_1 و \vec{v}_2 خلاف جهت باشند.</p> 	<p>بردارهای \vec{v}_1 و \vec{v}_2 هم‌جهت باشند.</p> 	حالت
$\Delta v = v_2 + v_1 $	$\Delta v = v_2 - v_1 $	اندازه تغییر سرعت
		جهت $\Delta \vec{v}$ و \vec{a}_{av}

۲ شتاب متوسط فقط به سرعت اولیه و ثانویه وابسته است و در طول مسیر مهم نیست که سرعت چه تغییراتی داشته باشد.

۳ تنها حرکتی که شتاب در کل آن صفر است (منظور شتاب متوسط نیست) حرکت یکنواخت روی خط راست است، زیرا در تمام طول مسیر نه اندازه و نه جهت سرعت تغییر نمی‌کند.


۴ در حرکتی ممکن است شتاب متوسط در بازه زمانی t_1 تا t_2 صفر شود. این به معنی این نیست که حرکت شتابدار نبوده است بلکه به این

معنی است که بردار سرعت در لحظات t_1 و t_2 یکسان شده است اما ما از آن چه که بین این دو لحظه رخ داده است خبر نداریم.

تست  متحرکی روی محور x در حال حرکت است. بردار شتاب

متوسط آن در بازه زمانی $t_1 = 5\text{ s}$ تا $t_2 = 10\text{ s}$ در SI برابر $-4\vec{i}$ و در بازه زمانی $t_2 = 10\text{ s}$ تا $t_3 = 12\text{ s}$ برابر $2\vec{i}$ است. بردار شتاب متوسط آن در بازه زمانی $t_1 = 5\text{ s}$ تا $t_3 = 12\text{ s}$ در SI ، کدام است؟ (سراسری تجربی ۱۴۰۰)

$8\vec{i}$ 
 $4\vec{i}$ 
 $-\frac{16}{7}\vec{i}$ 
 $-\frac{2}{7}\vec{i}$ 

پاسخ گزینه ۲ 

$$(\overline{a_{av}})_1 = -4\vec{i} \Rightarrow \frac{\vec{v}_{(10)} - \vec{v}_{(5)}}{10 - 5} = -4\vec{i}$$


$$\Rightarrow \vec{v}_{(10)} - \vec{v}_{(5)} = -20\vec{i} \quad (1)$$

$$(\overline{a_{av}})_2 = 2\vec{i} \Rightarrow \frac{\vec{v}_{(12)} - \vec{v}_{(10)}}{12 - 10} = 2\vec{i} \Rightarrow \vec{v}_{(12)} - \vec{v}_{(10)} = 4\vec{i} \quad (2)$$


$$(1) + (2) \Rightarrow \vec{v}_{(12)} - \vec{v}_{(5)} = -20\vec{i} + 4\vec{i} = -16\vec{i}$$

$$\overline{a_{av}} = \frac{\vec{v}_{(12)} - \vec{v}_{(5)}}{12 - 5} = \frac{-16\vec{i}}{7}$$

۱۱۸ نوع حرکت (تندشونده و کندشونده)

 تندشونده: تندی (اندازه سرعت) در حال افزایش است؛ یعنی **سرعت** و **شتاب** هم جهت اند.

$$\left. \begin{aligned} av > 0 &\Leftrightarrow v > 0, a > 0 \\ av > 0 &\Leftrightarrow v < 0, a < 0 \end{aligned} \right\}$$

نوجه  کلاً هر جا که بردی حرکت تندشونده س.



کندشونده: تندی (اندازهٔ سرعت) در حال کاهش است؛ یعنی **سرعت** و **شتاب** خلاف جهت یکدیگرند.

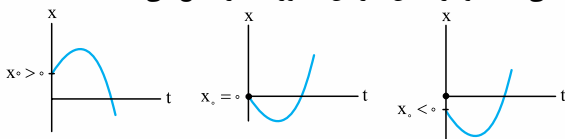
$$\left. \begin{aligned} av < 0 &\Leftrightarrow v < 0, a > 0 \\ av < 0 &\Leftrightarrow v > 0, a < 0 \end{aligned} \right\}$$

توجه! کلاً هر با ترمز‌گیری حرکت کندشونده‌س.

۱۱۹ نمودار مکان-زمان (x-t) چه چیزهایی را می‌دهد؟

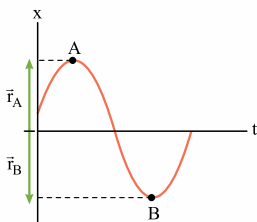
امکان اولیه (۲)

محلی که متحرک در لحظه $t = 0$ از آن شروع به حرکت می‌کند؛ یعنی محلی که نمودار مکان - زمان محور Xها را قطع می‌کند.



تبردار مکان

روی محور Xها (محور قائم) مبدأ را به مکان متحرک وصل می‌کند.



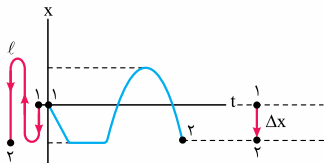
لحظه تغییر جهت بردار مکان؛ نقطه‌ای که نمودار از روی محور زمان رد

می‌شود. (از مبدأ مکان عبور می‌کند).



توجه! باید از روی محور زمان رد شود نه این که صرفاً به آن برخورد کند.

۴. مسافت و جابجایی



تصویر نمودار روی محور x ها، مسیر حرکت را مشخص می کند و از روی مسیر حرکت می توانیم Δx و l را محاسبه کنیم.

۴.۴. آنکلی متوسط

$$S_{av} = \frac{l}{\Delta t}$$

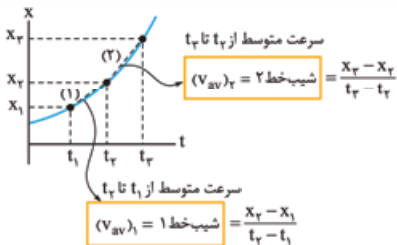
از قسمت قبل، مسافت رو داریم، حالا تقسیم بر زمانش می کنیم؛

۵. سرعت متوسط

از قسمت اول، جابه جایی رو داریم، حالا تقسیم بر زمانش می کنیم؛

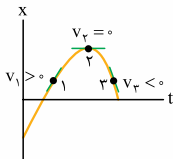
$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

شیب خط واصل نقاط ۱ و ۲ در بازه زمانی دلخواه t_1 تا t_2 :



مثلاً در شکل بالا: شیب خط ۲ < شیب خط ۱ $\leftarrow (v_{av})_1 < (v_{av})_2$

۶. سرعت لحظاتی



شیب مماس بر نمودار در هر نقطه.

شیب منفی

شیب صفر

شیب مثبت

در نمودار مکان - زمان قسمت‌هایی که:

• شیب مثبت است. \leftarrow سرعت مثبت است. $(v > 0)$ متحرک در جهت محور X حرکت کرده است.

• شیب صفر است. \leftarrow سرعت صفر است.

• متحرک ساکن شده است. $(v = 0)$

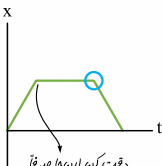
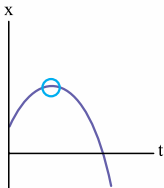
• شیب منفی است. \leftarrow سرعت منفی است. $(v < 0)$

• متحرک خلاف محور X حرکت کرده است.

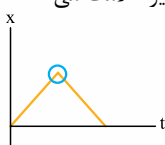
• هرچه اندازه شیب \uparrow \leftarrow v \uparrow

لحظه تغییر جهت حرکت: نقطه‌ای که شیب نمودار مکان - زمان (سرعت)

تغییر علامت می‌دهد.



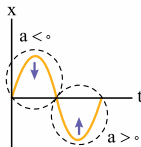
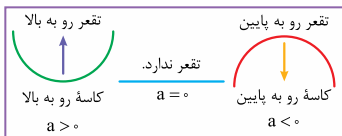
دقت کن این با صرفاً
سرعت صفر می‌شه ولی
تغییر علامت نمی‌ده.



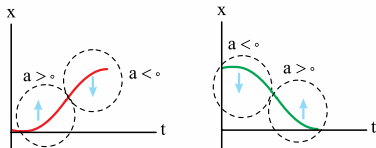
اندازه شیب مماس بر نمودار در هر نقطه. (همواره مثبت)

علامت شیب (a)

جهت تغير نمودار مکان - زمان

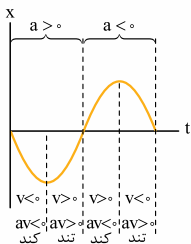


نوجه در شکل هایی مانند روبه‌رو، تشخیص تفرع مهم است.

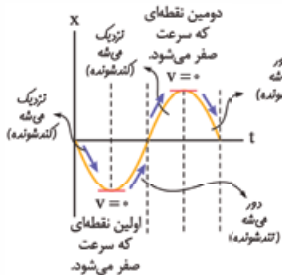


انواع حرکت (تند شدن یا کند شدن)

روش اول v و a را به ترتیب از قسمت‌های قبل به دست آوردیم.
 اگر $av > 0$ ← حرکت تندشونده است.
 اگر $av < 0$ ← حرکت کندشونده است.

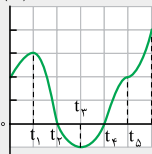


روش دوم



← اگر به قسمتهایی که شیب صفر می‌شود (سرعت صفر می‌شود) نزدیک شویم ← کندشونده
 ← اگر از قسمتهایی که شیب صفر می‌شود دور شویم ← تندشونده.

$x(m)$



مثال با توجه به نمودار مکان-زمان

شکل روبه‌رو، به پرسش‌ها پاسخ دهید:

(مشابه کتاب درسی)

(الف) جهت بردار مکان چند بار عوض می‌شود؟

(ب) در کدام بازه‌های زمانی متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟

(پ) جهت حرکت در چه لحظاتی عوض شده است؟