فصل ۴ دما و گرما

اصلاً به کنار گذاشتن این فصل فکر نکنید! سهم دما و گرما، ۲ تست در کنکور است که می‌توانید از پس همهٔ آن‌ها بربیایید. اغلب مباحث این فصل، آسان هستند. این فصل مطالب حفظ‌کردنی هم دارد. البته هر چیزی که باید بلد باشید را ما در قالب ۱۸ کادر، ۵۷ تست و ۱ آزمون برایتان آماده کرده‌ایم. پس بزنید به دل کار!

۱ دما و مقیاس‌های آن

دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می‌کند.

کمیت دماسنجی در هر دماسنج کمیتی وجود دارد که تغییر آن، تغییر دما را نشان می‌دهد. به این کمیت، کمیت دماسنجی می‌گوییم. تغییر کمیت دماسنجی، اساس کار دماسنج‌هاست. در دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی (ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج) کمیت دماسنجی، ارتفاع مایع درون لولهٔ دماسنج است.

مقیاس‌های دما برای اندازه‌گیری دما سه مقیاس زیر را باید بلد باشید:

مقیاس	نماد دما با این مقیاس	چند نکته
درجهٔ سلسیوس ($^\circ C$)	θ	✓ $0\ ^\circ C$: دمایی که در آن آب خالص در فشار جو متعارف ($1\ atm$) شروع به یخ‌زدن می‌کند. ✓ $100\ ^\circ C$: دمایی که در آن آب خالص در فشار جو متعارف در حال جوشیدن است. ✓ به درجهٔ سلسیوس، درجهٔ سانتی‌گراد هم می‌گویند.
کلوین (K)	T	✓ یکای دما در SI کلوین است. ✓ صفرِ کلوین برابر $-273/15\ ^\circ C$، کم‌ترین دمای ممکن است. برای دما حد بالایی وجود ندارد.
درجهٔ فارنهایت ($^\circ F$)	F	✓ یکای رایج دیگر دما که در صنعت و هواشناسی کاربرد دارد.

بین این سه مقیاس دما دو رابطهٔ زیر وجود دارد:

دما (درجهٔ سلسیوس: $^\circ C$) و دما (درجهٔ فارنهایت: $^\circ F$): $F = \frac{9}{5}\theta + 32$

دما (درجهٔ سلسیوس: $^\circ C$) و دما (کلوین: K): $T = \theta + 273$

نکته دربارهٔ تغییر دما در مقیاس‌های درجهٔ سلسیوس ($\Delta\theta$)، کلوین (ΔT) و درجهٔ فارنهایت (ΔF) داریم:

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta \qquad \Delta T = \Delta\theta$$

۱۲۱- دمای ۱۲۲ درجهٔ فارنهایت معادل با چند درجهٔ سلسیوس و چند کلوین است؟ (ریاضی ۹۸)

۱) ۵۰ و ۳۳۲ ۲) ۵۰ و ۳۲۳ ۳) ۵۹ و ۳۳۲ ۴) ۵۹ و ۳۲۳

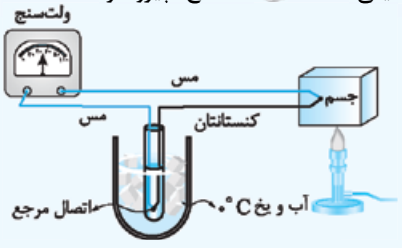
۱۲۲- دمای جسم A از دمای جسم B، ۵۰ K بالاتر است. اگر دمای جسم A، ۱۱۳ $^\circ F$ باشد، دمای جسم B چند درجهٔ سلسیوس است؟

۱) ۵ ۲) -5 ۳) ۹۵ ۴) -95

۲ حفظی‌جات دما

دماسنج‌های معیار دانشمندان برای کارهای علمی، سه دماسنج را به عنوان دماسنج‌های معیار برای اندازه‌گیری دما انتخاب کرده‌اند. *(یعنی این سه دماسنج دقت کافی رو دارن و کارشون درسته!)*: ۱) دماسنج گازی ۲) دماسنج مقاومت پلاتینی ۳) تفسنج (پیرومتر)

ترموکوپل شکل مقابل طرح‌واره‌ای از این دماسنج را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل می‌بینید، در ساختمان ترموکوپل دو سیم رسانای غیر هم‌جنس وجود دارد که از یک طرف در دمای ذوب یخ ($0\ ^\circ C$) نگه داشته شده‌اند و از طرف دیگر در محل جسمی که می‌خواهیم دمای آن را اندازه‌گیری کنیم، به هم متصل‌اند. این مجموعه با سیم به یک ولت‌سنج بسته شده‌اند. با تغییر دمای جسم، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد تغییر می‌کند. در واقع از روی عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، دمای جسم مشخص می‌شود.



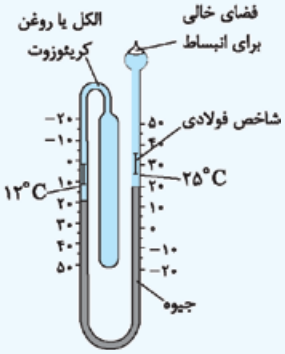
چندنکته ۱ این دماسنج سال‌های قبل جزء دماسنج‌های معیار محسوب می‌شد، اما به دلیل نداشتن دقت کافی، از مجموعهٔ دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شد.

۲ ترموکوپل هم‌چنان کاربرد فراوانی در صنعت و آزمایشگاه دارد، به ویژه در مدارهای الکترونیکی وسایل گرمایشی و سرمایشی.

۳ کمیت دماسنجی این دماسنج، ولتاژ است.

۴ گسترهٔ دماسنجی یک ترموکوپل به جنس سیم‌های آن بستگی دارد.

۵ ترموکوپل به دلیل جرم اندک محل اتصال با جسم مورد نظر، دما را خیلی سریع اندازه می‌گیرد.



دماسنج بیشینه ـ کمینه این دماسنج، نوع ویژه‌ای از دماسنج‌های مایعی است که بیشینه و کمینهٔ دما را در یک مدت معین نشان می‌دهد (شکل روبه‌رو). از این دماسنج در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری، هواشناسی و ... استفاده می‌شود.

دماسنج تابشی این دماسنج براساس آشکارسازی تابش گرمایی جسم کار می‌کند.

۱۲۳- کدام‌یک از موارد زیر دربارهٔ ترموکوپل درست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

الف) جزء دماسنج‌های معیار است.

ب) گسترهٔ دماسنجی آن به جنس دو سیم به کار رفته در آن بستگی دارد.

پ) کمیت دماسنجی آن جریان الکتریکی است.

ت) مزیت آن این است که دمای جسم را خیلی سریع نشان می‌دهد.

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

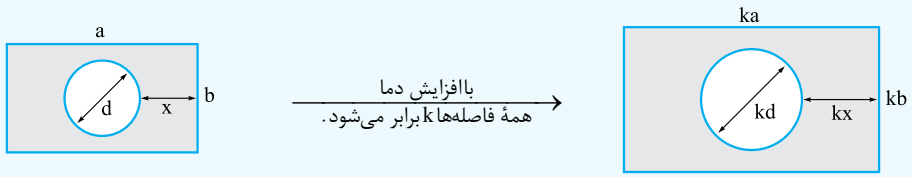
۳ فرمول‌های انبساط گرمایی

با افزایش دمای یک جسم جامد، معمولاً فاصلهٔ متوسط بین اتم‌های سازندهٔ جسم و در نتیجه ابعاد آن افزایش می‌یابد. دربارهٔ انبساط طولی، سطحی و حجمی جامدات رابطه‌های جدول زیر را باید بلد باشید.

	مقدار اولیه	تغییرات	مقدار ثانویه	چند نکته
انبساط طولی	L_1	$\Delta L = L_1 \alpha \Delta\theta$	$L_2 = L_1 + \Delta L$	در این روابط α ضریب انبساط طولی و یکای آن، بر کلوین $(\frac{1}{K})$ یا بر درجهٔ سلسیوس $(\frac{1}{^\circ C})$ است.
انبساط سطحی	A_1	$\Delta A = A_1 2\alpha \Delta\theta$	$A_2 = A_1 + \Delta A$	هنگام استفاده از این روابط حواستان به سازگاری یکاها باشد. مثلاً یکای L_1 و ΔL باید یکسان باشد.
انبساط حجمی	V_1	$\Delta V = V_1 3\alpha \Delta\theta$	$V_2 = V_1 + \Delta V$	

چندنکته ۱ ضریب انبساط طولی (α) علاوه بر جنس، به دما نیز اندکی وابسته است. اما این وابستگی به حدی ناچیز است که نادیده گرفته می‌شود.

۲ اگر دمای جسم فلزی حفره‌داری افزایش یابد، ابعاد حفره هم افزایش می‌یابد. به طور کلی با انبساط جسم فلزی، شکل آن عوض نمی‌شود و همهٔ ابعاد آن به طور متناسب بزرگ می‌شوند. شکل زیر را ببینید:



۳ گاهی برای انبساط حجمی از رابطهٔ $\Delta V = V_1 \beta \Delta\theta$ استفاده می‌کنیم. در این رابطه به β ضریب انبساطی حجمی می‌گوییم که تقریباً سه برابر ضریب انبساط طولی جسم است $(\beta = 3\alpha)$.

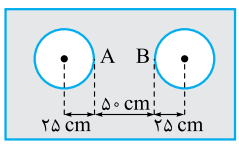
۱۲۴- یک بزرگ‌راه از قطعات بتونی به طول ۲۵ m ساخته شده است. این بخش‌ها در دمای ۱۰ °C بتون‌ریزی و عمل آورده شده‌اند. برای جلوگیری از تاب‌برداشتن این قطعات بتونی در دمای ۵۰ °C، بین آن‌ها باید فاصلهٔ چند سانتی‌متری در نظر گرفته شود؟ (ضریب انبساط طولی بتون $14\times10^{-6}\,K^{-1}$ است.) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۱۴ ۲) ۷ ۳) ۱/۴ ۴) ۰/۷

۱۲۵- طول یک پل معلق در دمای −۵۸ °C برابر ۱۱۵۸ m است. این پل از نوعی فولاد با $\alpha = 1/3\times10^{-5}\,K^{-1}$ ساخته شده است. اگر دمای پل به ۱۲۲ °F برسد، تغییر طول پل تقریباً چند متر است؟ (تجربی نوبت اول ۱۴۰۲، برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۱/۵ ۲) ۱/۲ ۳) ۰/۹۶ ۴) ۰/۹۸

۱۲۶- در وسط یک صفحهٔ فلزی نازک که ضریب انبساط طولی آن $1/8\times10^{-5}\,K^{-1}$ است، دو دایره به شعاع‌های ۲۵ cm را در دمای صفر درجهٔ سلسیوس خارج نموده‌ایم. اگر دمای صفحه را به آرامی از صفر به ۲۰۰ °C برسانیم، فاصلهٔ AB چند میلی‌متر می‌شود؟ (تجربی خارج ۹۵)



۱) ۴۹۶/۴ ۲) ۴۹۸/۲ ۳) ۵۰۱/۸ ۴) ۵۰۳/۶

۱۲۷- مساحت سطح جانبی یک مکعب فلزی $0/25\ m^2$ و ضریب انبساط طولی آن $2\times10^{-5}\ K^{-1}$ است. اگر دمای این مکعب $100\ ^\circ C$ افزایش یابد، مساحت سطح جانبی آن تقریباً چند سانتی‌متر مربع افزایش می‌یابد؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۰۰

۱۲۸- ضریب انبساط طولی آلومینیم $2/3\times10^{-5}\ K^{-1}$ است و روی یک ورقهٔ تخت آلومینیمی، حفرهٔ دایره‌ای‌شکل ایجاد کرده‌ایم که مساحت آن در دمای صفر درجهٔ سلسیوس $50\ cm^2$ است. اگر دمای ورقه را به آرامی به $80\ ^\circ C$ برسانیم، مساحت حفره چند سانتی‌متر مربع می‌شود؟ (تجربی ۹۸)

۱) ۴۹/۸۱۶ ۲) ۴۰/۹۰۸ ۳) ۵۰/۰۹۲ ۴) ۵۰/۱۸۴

۱۲۹- حجم قطعه آلیاژی در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، $1000\ cm^3$ است. دمای آن را $120\ K$ افزایش می‌دهیم، حجم آن $8/1\ cm^3$ افزایش می‌یابد. ضریب انبساط طولی این آلیاژ در SI، چه‌قدر است؟ (تجربی خارج ۱۴۰۱)

۱) $1/83\times10^{-5}$ ۲) $2/25\times10^{-5}$ ۳) $6/1\times10^{-6}$ ۴) $7/5\times10^{-6}$

۱۳۰- دمای یک قرص فلزی $100\ K$ افزایش می‌یابد. اگر شعاع اولیهٔ آن $10\ cm$ و ضخامت اولیهٔ آن $4\ mm$ باشد، تغییر حجم قرص چند سانتی‌متر مکعب است؟ $(\alpha = 5\times10^{-5}\frac{1}{K}\ ,\ \pi \simeq 3)$ (ریاضی خارج ۹۷)

۱) ۰/۱۲ ۲) ۰/۱۸ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۸

۴ انبساط طولی دو میله

در برخی از تست‌ها با انبساط دو میلهٔ فلزی سروکار داریم. در این تست‌ها اغلب سوژهٔ اصلی اختلاف طول دو میله است.

مثلاً اگر طول دو میلهٔ A و B به ضریب‌های انبساط طولی $\alpha_A = 12\times10^{-6}\frac{1}{K}$ و $\alpha_B = 18\times10^{-6}\frac{1}{K}$ در دمای $20\ ^\circ C$ برابر $2\ m$ باشد، برای محاسبهٔ اختلاف طول دو میله در دمای $70\ ^\circ C$ ابتدا مقدار افزایش طول دو میله را محاسبه کرده و سپس اختلاف آن‌ها را به دست می‌آوریم. یعنی:

$$\left.\begin{matrix}\Delta L_A = L_1\alpha_A\Delta\theta \\ \Delta L_B = L_1\alpha_B\Delta\theta\end{matrix}\right\} \xrightarrow{\text{تغییرات دما و طول اولیهٔ دو میله یکسان است.}} \text{اختلاف طول دو میله} = \Delta L_B - \Delta L_A$$

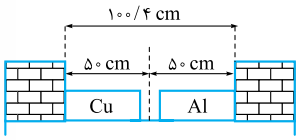
$70-20=50\ ^\circ C$ برحسب سانتی‌متر جای‌گذاری می‌کنیم.

$$= L_1\alpha_B\Delta\theta - L_1\alpha_A\Delta\theta = L_1(\alpha_B-\alpha_A)\Delta\theta = 200\times(18\times10^{-6}-12\times10^{-6})\times50 = 200\times6\times10^{-6}\times50 = 0/06\ cm$$

۱۳۱- طول دو میلهٔ مسی و آهنی در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، هر یک برابر $0/5$ متر است. دمای میله‌ها را تا چند درجهٔ سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف طول آن‌ها به $0/3$ میلی‌متر برسد؟ (ضریب انبساط طولی مس و آهن در SI به ترتیب $1/8\times10^{-5}$ و $1/2\times10^{-5}$ است.) (تجربی ۱۴۰۱، مشابه تجربی خارج ۱۴۰۰)

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۵۰ ۴) ۲۰۰

۱۳۲- دو میلهٔ مسی و آلومینیمی بین دو دیوارهٔ ثابت قرار دارند. دمای دو میله را چند کلوین بالا ببریم تا دو میله به یکدیگر برسند؟ $(\alpha_{Al} = 2/3\times10^{-5}\frac{1}{K}$ و $\alpha_{Cu} = 1/7\times10^{-5}\frac{1}{K})$ (تجربی خارج ۹۸)



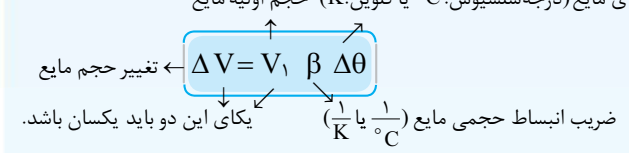
۱) ۴۷۰ ۲) ۳۴۷ ۳) ۲۵۰ ۴) ۲۰۰

۱۳۳- طول یک میلهٔ آهنی در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، یک میلی‌متر بیشتر از طول یک میلهٔ مسی در همین دما است. اگر دمای میله‌ها را به ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس برسانیم، طول میلهٔ مسی $0/5$ میلی‌متر بیشتر از طول میلهٔ آهنی خواهد شد. طول اولیهٔ میلهٔ آهنی چند متر است؟ (ضریب انبساط طولی آهن و مس در SI به ترتیب $1/2\times10^{-5}$ و $1/8\times10^{-5}$ است.) (تجربی ۹۵)

۱) ۱/۱۰۲ ۲) ۲/۴۹۸ ۳) ۲/۵۰۳ ۴) ۴/۴۴۸

۵ انبساط مایعات

اغلب مایعات با افزایش دما منبسط می‌شوند. میزان افزایش حجم این مایعات بر اثر افزایش دما از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:



چندنکته ۱ ضریب انبساط حجمی مایعات از ضریب انبساط حجمی جامدها عموماً بیشتر است $(\beta_{\text{مایع}} > \beta_{\text{جامد}})$.

۲ در مایع با افزایش دما حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها و مولکول‌ها بیشتر می‌شود. این افزایش حرکت‌ها باعث دورشدن اتم‌ها و مولکول‌ها از هم شده و در نتیجه حجم مایع افزایش می‌یابد.

انبساط مایع و ظرف در بعضی از تست‌ها با یک ظرف پر از مایع سروکار داریم. با افزایش دما، هم مایع منبسط می‌شود و هم حجم ظرف افزایش می‌یابد. در این وضعیت حجم مایع سرریزشده از ظرف برابر است با: $\Delta V_{\text{سرریز}} = \Delta V_{\text{مایع}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = V_1\beta_{\text{مایع}}\Delta\theta - V_1 3\alpha_{\text{ظرف}}\Delta\theta$

۱۳۴- در یک روز داغ تابستان که دمای هوا $40\ ^\circ C$ است، شخصی باکِ (مخزن) ۵۰ لیتری اتومبیل خود را از بنزین کاملاً پر می‌کند. اگر بنزین از منبعی در زیرزمین با دمای $10\ ^\circ C$ بالا آمده باشد، پس از هم‌دماشدن بنزین با محیط، چند لیتر بنزین از باک بیرون ریخته است؟ (ضریب انبساط حجمی بنزین $1\times10^{-3}\frac{1}{^\circ C}$ است و از افزایش حجم باک صرف نظر کنید.)

(برگرفته از کتاب درسی)

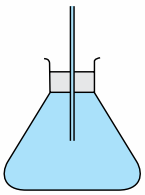
۱) ۰/۱۵ ۲) ۰/۲ ۳) ۱/۵ ۴) ۲

۱۳۵- مقداری بنزین در مخزنی استوانه‌ای به ارتفاع $10\ m$ ریخته شده است. در دمای $-10\ ^\circ C$ فاصلهٔ بین سطح بنزین تا بالای ظرف برابر $50\ cm$ است. اگر از انبساط ظرف در نتیجهٔ افزایش دما چشم‌پوشی شود، در چه دمایی برحسب درجهٔ سلسیوس بنزین از ظرف سرریز می‌شود؟ (ضریب انبساط حجمی بنزین $1\times10^{-3}\frac{1}{^\circ C}$ است.)

(برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۶۰

۱۳۶- ارلنی شیشه‌ای با ضریب انبساط طولی $10\times10^{-6}\ ^\circ C$ را که در دمای $10\ ^\circ C$ گنجایشی برابر با $200\ cm^3$ دارد، مطابق شکل با گلیسیرین در همان دما پر کرده‌ایم. اگر دمای ظرف و گلیسیرین را به $60\ ^\circ C$ برسانیم، چند سانتی‌متر مکعب گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟ $(\beta_{\text{گلیسیرین}}=50\times10^{-5}\frac{1}{^\circ C})$



(برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۲ ۲) ۴
۳) ۴/۷ ۴) ۴/۹

۶ تغییر چگالی با تغییر دما

با افزایش دما، حجم بیشتر ماده‌ها افزایش و در نتیجه چگالی آن‌ها کاهش می‌یابد:

کاهش چگالی ماده ← (جرم ثابت است $\rho=\frac{m}{V}$) ← افزایش حجم ماده ← افزایش دمای ماده

تغییر چگالی ماده از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$\Delta\rho=-\rho_1\beta\Delta\theta$$

تغییر چگالی ماده ← $\Delta\rho$ | چگالی اولیهٔ ماده ← ρ_1 | ضریب انبساط حجمی ($\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{^\circ C}$) ← β | تغییر دما (درجهٔ سلسیوس: $^\circ C$ یا کلوین: K) ← $\Delta\theta$

در رابطهٔ روبه‌رو:

- علامت منفی نشانهٔ کاهش چگالی در اثر افزایش دما است.
- یکای ρ_1 و $\Delta\rho$ باید یکسان باشد.
- در جامدات به جای β، 3α (α: ضریب انبساط طولی) قرار می‌دهیم.
- چگالی ثانویهٔ ماده برابر $\rho_2=\rho_1+\Delta\rho$ است.

۱۳۷- ضریب انبساط طولی فلزی $2\times10^{-5}\frac{1}{K}$ است. چگالی این فلز در دمای $40\ ^\circ F$ چند برابر چگالی آن در دمای $400\ ^\circ F$ است؟

(برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۰/۹۶ ۲) ۰/۸۸ ۳) ۰/۹۸۸ ۴) ۰/۹۹۶

۱۳۸- یک گلولهٔ سربی به شعاع $1\ cm$ و جرم $44\ g$ در دمای $0\ ^\circ C$ قرار دارد. اگر دمای گلوله به $100\ ^\circ C$ برسد، چگالی آن چند کیلوگرم بر متر مکعب و چگونه تغییر می‌کند؟ $(\pi=3,\alpha_{\text{سرب}}=3\times10^{-5}\frac{1}{K})$

(ریاضی خارج ۹۸)

۱) ۳۳، کاهش می‌یابد. ۲) ۳۳، افزایش می‌یابد. ۳) ۹۹، کاهش می‌یابد. ۴) ۹۹، افزایش می‌یابد.

۷ مسائل درصدی انبساط گرمایی

تست‌های درصدی از پرتکرارترین مسئله‌های این بخش هستند. اگر در مسئله‌ای با درصد سروکار داشتیم، کافی است مقدار اولیهٔ ماده را ۱۰۰ در نظر بگیریم. جدول زیر را ببینید:

کمیت	طول	مساحت	حجم	چگالی
درصد تغییرات	$100\times\alpha\Delta\theta$	$100\times2\alpha\Delta\theta$	$100\times\beta\Delta\theta$	$-100\times\beta\Delta\theta$

در جدول بالا: β برای جامدات همان 3α است. علامت منفی برای تغییرات چگالی به معنی کاهش چگالی در اثر افزایش دماست.

نکته با توجه به جدول بالا، در اثر **افزایش دمای معین**، وقتی طول جسمی x درصد افزایش پیدا می‌کند:

طول	مساحت	حجم	چگالی
x درصد افزایش	2x درصد افزایش	3x درصد افزایش	3x درصد کاهش

۱۳۹- ضریب انبساط طولی یک حلقهٔ فلزی برابر $2\times10^{-5}K^{-1}$ است. اگر دمای این حلقه را به آرامی $50\ ^\circ C$ افزایش دهیم، قطر حلقه چند درصد افزایش می‌یابد؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۰/۱ ۴) ۰/۲

۱۴۰- یک قطعه سرب در دمای $20\ ^\circ C$ قرار دارد. اگر دمای این قطعه را $200\ ^\circ C$ افزایش دهیم، حجم آن چند درصد افزایش می‌یابد؟

(ضریب انبساط طولی سرب $= 3\times10^{-5}\ \frac{1}{^\circ C}$) (ریاضی ۱۴۰۱، مشابه ریاضی خارج ۱۴۰۰)

۱) ۰/۶ ۲) ۱/۸ ۳) ۶ ۴) ۱۸

۱۴۱- ضریب انبساط حجمی جیوه $1/8\times10^{-4}\ \frac{1}{K}$ است. اگر دمای مقداری جیوه از $30\ ^\circ F$ به $120\ ^\circ F$ برسد، چگالی آن چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ۰/۹، افزایش می‌یابد. ۲) ۰/۹، کاهش می‌یابد. ۳) ۱/۶۲، افزایش می‌یابد. ۴) ۱/۶۲، کاهش می‌یابد.

۱۴۲- دمای یک میلهٔ فلزی از θ_1 به θ_2 می‌رسد. اگر طول آن ۰/۱ درصد افزایش یابد، چگالی آن چگونه تغییر می‌کند؟

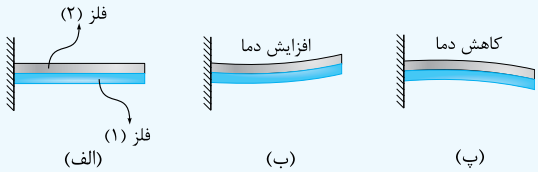
۱) ۰/۱ درصد کاهش می‌یابد. ۲) ۰/۳ درصد کاهش می‌یابد. ۳) ۰/۱ درصد افزایش می‌یابد. ۴) ۰/۳ درصد افزایش می‌یابد.

۱۴۳- دمای یک کرهٔ فلزی را ۸۰ درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهیم، حجم آن ۰/۰۸ درصد افزایش می‌یابد. اگر دمای این کره را ۶۰ درجه سلسیوس افزایش دهیم، سطح کره چند درصد افزایش می‌یابد؟ (ریاضی خارج ۹۹)

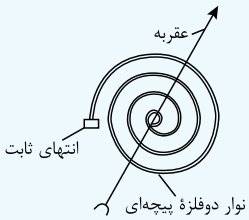
۱) ۰/۱۲ ۲) ۰/۰۸ ۳) ۰/۰۶ ۴) ۰/۰۴

۸ حفظی‌جات انبساط گرمایی

انبساط دو نوار فلزی چسبیده به هم در شکل الف دو نوار (تیغه) فلزی با جنس‌های متفاوت می‌بینید که سرتاسر آن‌ها به هم جوش داده شده یا پرچ شده‌اند. اگر ضریب انبساط طولی فلز (۱) بیشتر از ضریب انبساط طولی فلز (۲) باشد، با افزایش دمای مجموعه، فلز (۱) بیشتر منبسط شده و دو نوار به هم چسبیده به سمت بالا خم می‌شود (شکل ب). هم‌چنین با کاهش دمای مجموعه، طول نوار فلزی (۱) بیشتر از نوار فلزی (۲) کاهش پیدا می‌کند و دو نوار به سمت پایین خم می‌شوند (شکل پ).این ویژگی در دو وسیلهٔ زیر کاربرد دارد:

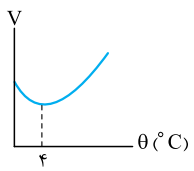
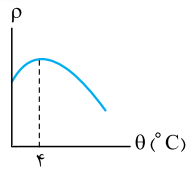


الف) دماسنج نواری دوفلزه: دماسنجی به شکل مقابل است که در ساختمان آن دو نوار فلزی پیچه‌ای با جنس متفاوت به هم پرچ شده‌اند. با گرم و سرد شدن، نوار دوفلزه در جهت‌های مختلفی خم می‌شود و عقربه را می‌چرخاند. از میزان این خم‌شدن می‌توان به میزان تغییر دما پی برد.



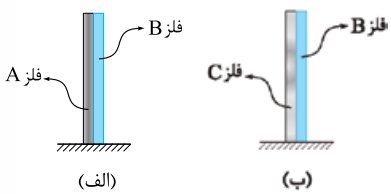
ب) دماپا (ترموستات): دماپا کلیدی الکتریکی است که در آن، قطع و وصل جریان با استفاده از حسگرهای گرمایی انجام می‌شود. اغلب از یک نوار دوفلزه به عنوان حسگر گرما در دماپا استفاده می‌شود. در واقع اگر دمای نوار دوفلزه تا حد معینی افزایش یابد، بر اثر خم‌شدن آن، مدار قطع می‌شود و با کاهش دما، نوار دوباره به وضعیت قبلی خود برگشته و مدار وصل می‌شود.

انبساط غیرعادی آب با افزایش دما، حجم بیشتر مایع‌ها افزایش و در نتیجه چگالی آن‌ها کاهش می‌یابد. اما رفتار آب در محدودهٔ دمایی $0\ ^\circ C$ تا $4\ ^\circ C$ کاملاً متفاوت است. جدول و نمودارهای زیر را ببینید:

محدودهٔ دمایی	چگونگی تغییر حجم آب	چگونگی تغییر چگالی آب	نمودار حجم برحسب دما	نمودار چگالی برحسب دما
از صفر تا $4\ ^\circ C$	کاهش	افزایش		
از $4\ ^\circ C$ تا $100\ ^\circ C$	افزایش	کاهش		

نکته چگالی آب $4\ ^\circ C$ بیشینه است. بنابراین در زمستان‌های سرد آب $4\ ^\circ C$ در عمق دریاها و دریاچه‌ها قرار دارد. در نتیجه با وجود آن‌که ممکن است سطح آب در دمای $0\ ^\circ C$ باشد و یخ بزند، اما دمای آب در عمق دریاچه $4\ ^\circ C$ است و موجودات آبزی می‌توانند در این عمق زنده بمانند.

۱۴۴- در شکل‌های (الف) و (ب)، به ترتیب با افزایش و کاهش دما، انتهای نوارهای دوفلزهٔ نشان داده شده به سمت راست خم می‌شود. کدام مورد دربارهٔ مقایسهٔ ضریب انبساط طولی (α) سه فلز A، B و C درست است؟



۱) $\alpha_A > \alpha_B > \alpha_C$ ۲) $\alpha_C > \alpha_B > \alpha_A$

۳) $\alpha_A > \alpha_C > \alpha_B$ ۴) $\alpha_B > \alpha_C > \alpha_A$

۱۴۵- مقدار معینی آب در یک ظرف استوانه‌ای قرار دارد. اگر دمای آب از $35\ ^\circ F$ به $40\ ^\circ F$ برسد، کدام‌یک از عبارت‌های زیر درست است؟ (از انبساط ظرف چشم‌پوشی کنید.)

الف) چگالی آب ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.

ب) ارتفاع آب ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

پ) فشار ناشی از آب در کف ظرف ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

ت) فشار ناشی از آب در کف ظرف پیوسته ثابت می‌ماند.

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

۹ تغییر دما در اثر گرما

اگر جسمی گرما بگیرد یا از دست دهد، ممکن است دمای آن تغییر کند. برای این‌که تغییر دمای جسم $\Delta\theta$ باشد، باید گرمای Q را مبادله کند. بین Q و $\Delta\theta$ دو رابطهٔ روبه‌رو وجود دارد:

$Q = mc\Delta\theta$ (گرمای ویژه: c، جرم جسم (کیلوگرم: kg)، تغییر دما (درجهٔ سلسیوس: °C یا کلوین: K))

$Q = C\Delta\theta$ (ظرفیت گرمایی: C، گرمای مبادله‌شده (ژول: J)، تغییر دما (درجهٔ سلسیوس: °C یا کلوین: K))

در دو فرمول بالا به تفاوت ظرفیت گرمایی (C) و گرمای ویژه (c) و رابطهٔ بین آن‌ها دقت کنید: $C = mc$

	ظرفیت گرمایی (C)	گرمای ویژه (c)
تعریف	گرمای لازم برای این‌که دمای جسم ۱ °C افزایش یابد.	گرمای لازم برای این‌که دمای یک کیلوگرم از یک ماده، ۱ °C افزایش یابد.
یکا	$\frac{J}{K}$ یا $\frac{J}{^\circ C}$	$\frac{J}{kgK}$ یا $\frac{J}{kg^\circ C}$
عوامل مؤثر	جرم جسم، جنس جسم و به مقدار ناچیز دمای جسم	جنس جسم و به مقدار ناچیز دمای جسم

چندنکته

۱) اگر جسم گرما بگیرد ⇐ $Q > 0$ و $\Delta\theta > 0$ ✓ اگر جسم گرما از دست دهد ⇐ $Q < 0$ و $\Delta\theta < 0$

۲) در بعضی از تست‌ها از رابطه‌های بالا به صورت نسبتی استفاده می‌کنیم:

$$\frac{C_A}{C_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{c_A}{c_B} \qquad \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{C_A}{C_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} \qquad \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{c_A}{c_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

۳) حضور m در فرمول‌های بالا، بهانه‌ای است تا طراحان کنکور چگالی را هم وارد این ماجرا کنند:

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

۱۴۶- ظرفیت گرمایی فلزی در SI برابر ۲۱۰۰ است. اگر یک کیلوگرم از جرم این فلز کم شود، ظرفیت گرمایی آن ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. گرمای ویژهٔ فلز در SI چه‌قدر است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۱)

۱) ۲۱۰ ۲) ۲۷۰ ۳) ۴۲۰ ۴) ۸۴۰

۱۴۷- به دو جسم هم‌حجم A و B گرمای مساوی داده‌ایم. اگر گرمای ویژهٔ A دو برابر گرمای ویژهٔ B و هم‌چنین چگالی A دو برابر چگالی B باشد، تغییر دمای جسم A چند برابر تغییر دمای جسم B است؟ (تجربی ۹۸، مشابه تجربی ۹۶)

۱) $\frac{1}{4}$ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) ۱ ۴) ۴

۱۴۸- دو کرهٔ فلزی هم‌جنس A و B، اولی توپر و شعاع آن ۲۰ cm است. دومی توخالی و شعاع خارجی آن ۲۰ cm و شعاع حفرهٔ داخلی آن ۱۰ cm است. اگر به دو کره به یک‌اندازه گرما بدهیم و تغییر دمای آن‌ها به ترتیب $\Delta\theta_A$ و $\Delta\theta_B$ باشد، نسبت $\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}$ کدام است؟ (تجربی خارج ۹۵)

۱) ۱ ۲) $\frac{8}{7}$ ۳) $\frac{5}{4}$ ۴) ۲

۱۰ مسائل ترکیبی تغییر دما در اثر گرما و انبساط گرمایی

طراحان کنکور علاقهٔ زیادی به ترکیب رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ با رابطه‌های انبساط ($\Delta L = L_1\alpha\Delta\theta$ ، $\Delta A = A_1 2\alpha\Delta\theta$ و $\Delta V = V_1\beta\Delta\theta$) دارند. کمیت مشترک این رابطه‌ها $\Delta\theta$ است.

مثلاً اگر Q را به ما بدهند و تغییرات حجم (ΔV) را بخواهند، ابتدا به کمک رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$، $\Delta\theta$ را تعیین می‌کنیم و سپس به سراغ رابطهٔ $\Delta V = V_1\beta\Delta\theta$ می‌رویم. بیشتر تست‌های این قسمت نسبتی است.

۱۴۹- دو کرهٔ مسی A و B با شعاع و دمای اولیهٔ مساوی در نظر بگیرید که درون کرهٔ A حفرهٔ توخالی وجود دارد. اگر دمای آن‌ها را به یک اندازه بالا ببریم، کدام رابطه بین افزایش شعاع کره‌ها و هم‌چنین گرمای گرفته‌شده توسط کره‌ها برقرار است؟

۱) $Q_B > Q_A$ و $\Delta R_B = \Delta R_A$ ۲) $Q_B > Q_A$ و $\Delta R_B < \Delta R_A$ ۳) $Q_B < Q_A$ و $\Delta R_B > \Delta R_A$ ۴) $Q_B < Q_A$ و $\Delta R_B = \Delta R_A$

۱۵۰- به دو کرهٔ فلزی توپر A و B که جرم مساوی دارند و حجم کرهٔ B، ۴ برابر حجم کرهٔ A است، گرمای مساوی می‌دهیم. اگر گرمای ویژهٔ A نصف گرمای ویژهٔ B و ضریب انبساط طولی (خطی) A نصف ضریب انبساط طولی (خطی) B باشد، تغییر حجم کرهٔ A چند برابر تغییر حجم کرهٔ B است؟ (ریاضی ۹۹)

۱) ۴ ۲) ۲ ۳) $\frac{1}{2}$ ۴) $\frac{1}{4}$

۱۵۱- دو کرهٔ فلزی هم‌جنس A و B، اولی توپر به شعاع ۲۰ cm و دیگری توخالی با شعاع خارجی ۲۰ cm و شعاع حفرهٔ داخلی ۱۰ cm موجود است. اگر به دو کره، به یک اندازه گرما بدهیم و تغییر حجم کرهٔ A برابر ΔV_A و تغییر حجم فلز به کار رفته در کرهٔ B برابر ΔV_B باشد، نسبت $\frac{\Delta V_A}{\Delta V_B}$ کدام است؟ (ریاضی ۹۶)

۱) $\frac{7}{8}$ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) $\frac{8}{7}$

۱۱ تغییر حالت در اثر گرما

مواد در سه حالتِ (فاز) جامد، مایع و گاز (بخار) وجود دارند. به تبدیل یک حالت به یک حالت دیگر، تغییر حالت یا گذار فاز می‌گوییم. تغییر حالت همراه با مبادلهٔ گرما است. در شکل مقابل به نام تغییر حالت‌ها اشاره شده است. تغییر حالت‌هایی که پیکان آن‌ها به سمت راست است گرماگیر و تغییر حالت‌هایی که فلش آن‌ها به سمت چپ است گرماده‌اند.

تغییر حالت جامد ـ مایع

الف) جامدهای خالص و بلورین این جامدها (مثل یخ) نقطهٔ ذوب (دمای گذار جامد ـ مایع) معینی دارند. یعنی اگر در دمای معینی گرما بگیرند یا از دست دهند به ترتیب ذوب یا منجمد می‌شوند.

نکته نقطهٔ ذوب به جنس ماده و فشار وارد بر آن بستگی دارد. معمولاً افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالارفتن نقطهٔ ذوب آن می‌شود. البته دربارهٔ برخی مواد مثل یخ این‌طور نیست. با افزایش فشار وارد بر یخ، نقطهٔ ذوب آن اندکی کاهش می‌یابد.

نکته حجم بیشتر جامدهای بلورین هنگام ذوب‌شدن افزایش می‌یابد. زیرا آرایش منظم مولکول‌ها در حالت جامد نسبت به آرایش بی‌نظم آن‌ها در حالت مایع، حجم کم‌تری اشغال می‌کند. (البته آب این‌جا هم یک استثنا است.)

ب) جامدهای ناخالص و بی‌شکل این جامدها نقطهٔ ذوب معینی ندارند. یعنی وقتی گرم می‌شوند، پیش از ذوب‌شدن، خمیری شکل می‌شوند. در واقع این مواد در گستره‌ای از دما به تدریج ذوب می‌شوند. شیشه نمونه‌ای از جامد بی‌شکل و قیر نمونه‌ای از جامد ناخالص است.

تغییر حالت مایع ـ گاز (بخار)

دو نوع تبخیر داریم: ۱ جوشیدن، ۲ تبخیر سطحی؛ با این‌که در هر دو، مایع به بخار تبدیل می‌شود، اما تفاوت‌های مهمی دارند که در جدول زیر می‌بینید:

جوشیدن	تبخیر سطحی
در دمای معینی که به آن نقطهٔ جوش می‌گوییم رخ می‌دهد.	در هر دمایی رخ می‌دهد.
مولکول‌های مایع از تمام نقاط آن خود را به سطح مایع رسانده و به هوا فرار می‌کنند.	فقط مولکول‌های پرانرژی‌تر در سطح مایع، از مایع جدا می‌شوند.
همراه با تشکیل حباب و صدای غلغل‌کردن است.	بدون تشکیل حباب و صدای غلغل‌کردن است.
از آن‌جایی که مایع در نقطهٔ‌جوش است، مولکول‌های مایع انرژی زیادی دارند و برای جداشدن از مایع انرژی کمی لازم دارند.	چون دمای مایع از نقطهٔ جوش کم‌تر است، مولکول‌های مایع در مقایسه با حالت جوشیدن کامل، انرژی کم‌تری دارند. برای جداشدن از مایع به انرژی بیشتری نیاز دارند.
✓ در حالت جوش کامل، آهنگ تبخیر به بیشترین مقدار خود می‌رسد. ✓ نقطهٔ جوش هر مایع به جنس و فشار وارد بر آن بستگی دارد. افزایش فشار وارد بر مایع ← بالارفتن نقطهٔ جوش	عوامل مؤثر بر آهنگ تبخیر سطحی: افزایش مساحت سطح مایع، افزایش دمای مایع، وزش شدیدتر باد، کاهش فشار محیط ← افزایش آهنگ تبخیر سطحی

۱۵۲- کدام تغییر حالت‌های آب، گرمازا هستند؟ (کنکور مجدد تجربی ۱۴۰۱)

۱) تبخیر و انجماد ۲) میعان و ذوب ۳) انجماد و چگالش بخار به جامد ۴) ذوب و چگالش بخار به جامد

۱۵۳- مقداری آب را که در فشار یک اتمسفر قرار دارد، به تدریج سرد می‌کنیم و هم‌زمان فشار محیط را افزایش می‌دهیم. در این صورت، آب در دمای ..... درجهٔ سلسیوس منجمد می‌شود. (تجربی خارج ۹۷)

۱) صفر ۲) ۴ ۳) پایین‌تر از صفر ۴) بین ۴ درجه و صفر

۱۲ فرمول‌های تغییر حالت در اثر مبادلهٔ گرما

تغییر حالت ماده با مبادلهٔ گرما همراه است. این گرما با جرم ماده متناسب است. برای ادامهٔ کار دو کمیت زیر را باید بشناسید:

	گرمای نهان ذوب (L_F)	گرمای نهان تبخیر (L_V)
تعریف	گرمای لازم برای ذوب ۱ kg از یک مادهٔ جامد در نقطهٔ ذوب آن	گرمای لازم برای تبخیر ۱ kg از یک ماده
یکا	J / kg	J / kg
عوامل مؤثر	جنس ماده	جنس ماده، دمای ماده

گرمای مبادله‌شده برای تغییر حالت از دو رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

تبخیر
$Q = \pm mL_V$
میعان

مایع ↔ بخار

جرم جسم (کیلوگرم : kg) ذوب گرمای مبادله‌شده (ژول: J)
$Q = \pm mL_F$
انجماد

جامد ↔ مایع

چندنکته
۱) در فرایندهای گرماگیر ذوب و تبخیر، $Q > 0$ و در فرایندهای گرماده انجماد و میعان، $Q < 0$ است.
۲) در فرایندهای تغییر حالت، دما تغییر نمی‌کند اما انرژی درونی ماده به اندازهٔ Q تغییر می‌کند.
۳) گرمان نهان ذوب (L_F) برای هر ماده، مقدار ثابتی است، اما گرمای نهان تبخیر هر ماده (L_V) در دماهای بالاتر، کم‌تر است.

۱۵۴- در یک روز زمستانی، بخار آب موجود در اتاقی روی شیشهٔ پنجره به شکل مایع درمی‌آید و قطره‌قطره می‌شود. اگر دمای شیشه حدود $0\,^\circ C$ باشد، برای آن‌که $50\,g$ آب روی شیشه تشکیل شود، باید ..... گرما از ..... منتقل شود. (گرمای نهان تبخیر آب در دمای $0\,^\circ C$ برابر $2490\,kJ/kg$ است.)

۱) $49/8\,kJ$، شیشه به بخار آب
۲) $49/8\,kJ$، بخار آب به شیشه
۳) $124/5\,kJ$، شیشه به بخار آب
۴) $124/5\,kJ$، بخار آب به شیشه

(برگرفته از کتاب درسی)

۱۵۵- مساحت دریاچه‌ای $500\,km^2$ است. در زمستان لایه‌ای از یخ صفر درجهٔ سلسیوس به ضخامت متوسط $10\,cm$ سطح دریاچه را می‌پوشاند. دریاچه در بهار چند مگاژول انرژی برای ذوب یخ جذب می‌کند؟ $(L_F = 336\,kJ/kg, \rho_{یخ} = 0/9\,g/m^3)$

۱) $1/512\times10^{7}$
۲) $1/512\times10^{10}$
۳) $1/512\times10^{13}$
۴) $1/512\times10^{16}$

(تجربی ۹۳)

۱۵۶- اگر ۹۰ درصد گرمایی را که ۸۰۰ گرم آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس از دست می‌دهد تا به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل شود، به یک قطعه یخ صفر درجهٔ سلسیوس بدهیم، چند گرم از یخ ذوب می‌شود؟ $(L_F = 336000\,J/kg$ و $c_{آب} = 4200\,\frac{J}{kg.K})$

۱) ۵۰۰
۲) ۴۵۰
۳) ۵۰
۴) ۴۵

(تجربی خارج ۹۸)

۱۳ مسائل ترکیبی تغییر حالت و تغییر دما در اثر مبادلهٔ گرما

در بعضی از تست‌ها با فرایندی سروکار داریم که در طی آن هم دمای جسم تغییر می‌کند، هم حالت آن، البته به نوبت! از آن‌جایی که تغییر دما و تغییر حالت هم‌زمان رخ نمی‌دهد، ابتدا با رسم طرح‌وارهٔ ساده‌ای مراحلی که جسم باید طی کند را مشخص می‌کنیم (در هر مرحله یا فقط تغییر دما رخ می‌دهد یا فقط تغییر حالت). سپس گرمای مبادله‌شده در هر مرحله را محاسبه می‌کنیم و در نهایت این گرماها را با هم جمع می‌کنیم. مثلاً برای محاسبهٔ گرمای لازم برای تبدیل $200\,g$ یخ $-5\,^\circ C$ به آب $50\,^\circ C$ داریم:

$(L_F = 336000\,J/kg, c_{یخ} = 2100\,\frac{J}{kg^\circ C}, c_{آب} = 4200\,\frac{J}{kg^\circ C})$

$200\,g$ یخ $-5\,^\circ C$ —مرحلهٔ ۱: تغییر دما، $Q_1 = mc_{یخ}\Delta\theta$→ $200\,g$ یخ $0\,^\circ C$ —مرحلهٔ ۲: تغییر حالت، $Q_2 = mL_F$→ $200\,g$ آب $0\,^\circ C$ —مرحلهٔ ۳: تغییر دما، $Q_3 = mc_{آب}\Delta\theta$→ $200\,g$ آب $50\,^\circ C$

$$Q_1 = mc_{یخ}\Delta\theta = \frac{2}{10}\times2100\times(0-(-5)) = 2100\,J$$
$$Q_2 = +mL_F = \frac{2}{10}\times336000 = 67200\,J$$
$$Q_3 = mc_{آب}\Delta\theta = \frac{2}{10}\times4200\times(50-0) = 42000\,J$$
$$Q_{کل} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2100 + 67200 + 42000 = 111300\,J$$

نکته در تست‌های این بخش، ثابت‌های روبه‌رو (در SI) پرتکرارند:

$L_V = 2268000$ و $L_F = 336000$ و $c_{یخ} = 2100$ و $c_{آب} = 4200$

بین این اعداد رابطه‌های زیر برقرار است. دانستن این رابطه‌ها برای سریع‌تر انجام‌دادن محاسبات به شدت توصیه می‌شود!

$L_V = 2268000 = 540\times4200$
$L_F = 336000 = 80\times4200$
$c_{یخ} = 2100 = \frac{1}{2}\times4200$

۱۵۷- ۲۰ گرم یخ در دمای صفر درجهٔ سلسیوس (نقطهٔ ذوب) قرار دارد. چند ژول گرما لازم است تا آن را ذوب کرده و دمای آب حاصل را به ۵۰ درجهٔ فارنهایت برساند؟ $(L_F = 336\,J/g, c_{آب} = 4/2\,\frac{J}{g^\circ C})$

۱) ۱۰۹۲۰
۲) ۹۰۵۰
۳) ۸۱۹۰
۴) ۷۵۶۰

(ریاضی ۱۴۰۰)

۱۵۸- به مقداری یخ صفر درجهٔ سلسیوس در فشار $1\,atm$، گرما می‌دهیم و آن را به آب با دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کنیم. چند درصد گرمای داده‌شده، صرف ذوب‌کردن یخ شده است؟ $(c = 4200\,\frac{J}{kg.K}, L_F = 336\,kJ/kg)$

۱) ۹۰
۲) ۸۰
۳) ۸۵
۴) ۷۵

(تجربی ۱۴۰۰)

۱۵۹- چند کیلوژول گرما، باید از $2\,kg$ آب $10\,^\circ C$ در فشار یک اتمسفر بگیریم تا $500\,g$ آن یخ ببندد؟ $(L_F = 336000\,J/kg$ و $c_{آب} = 4200\,\frac{J}{kg.^\circ C})$

۱) ۱۸۹
۲) ۲۵۲
۳) ۳۸۴
۴) ۵۸۸

(کنکور مجدد تجربی ۱۴۰۱)

۱۶۰- یک کیلوگرم یخ و ۴ کیلوگرم آب در فشار یک جوّ در تعادل حرارتی قرار دارند. به این مجموعه ۵۴۶ کیلوژول گرما می‌دهیم. بعد از رسیدن به تعادل، دمای آب به چند درجهٔ سلسیوس می‌رسد؟ $(L_F = ۳۳۶\ kJ/kg, c = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.K})$

۱) صفر ۲) ۱۰ ۳) ۴۰ ۴) ۱۰۰

۱۴ توان گرمایی

اگر توسط وسیله‌ای با توان P و بازده Ra به جسمی گرما دهیم، گرمای رسیده به جسم از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

در رابطهٔ روبه‌رو:

- Q می‌تواند برابر با $mc\Delta\theta$ ، $C\Delta\theta$ ، mL_F ، mL_V یا مجموعی از آن‌ها باشد.
- توان، همان آهنگ مبادلهٔ گرماست که ممکن است یکای آن ژول بر دقیقه (J/min) باشد، در این صورت زمان را برحسب دقیقه جای‌گذاری می‌کنیم.
- اگر در تست، صحبتی از بازده نشد، Ra را برابر یک قرار می‌دهیم.

$P \times t \times Ra = Q$ (بازده ↑، توان (وات: W) ←، زمان (ثانیه: s)، گرما (ژول: J))

یک مثال حل کنیم. فرض کنید با گرمکنی با توان ۷۰۰ W و بازده ۶۰ درصد به ۴۰۰ g یخ ۰ °C گرما می‌دهیم. می‌خواهیم حساب کنیم پس از چند ثانیه، یخ به آب ۲۰ °C تبدیل می‌شود؟ $(c_{آب} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.K}, L_F = ۳۳۶۰۰۰\ J/kg)$

برای این کار ابتدا طرحواره رسم می‌کنیم!

۴۰۰ g یخ ۰°C —(مرحلهٔ ۱: تغییر حالت، $Q_۱ = +mL_F$)→ ۴۰۰ g آب ۰°C —(مرحلهٔ ۲: تغییر دما، $Q_۲ = mc\Delta\theta$)→ ۴۰۰ g آب ۲۰°C

$Q = Q_۱ + Q_۲ = mL_F + mc\Delta\theta$

بنابراین داریم:

در نهایت به سراغ فرمول اصلی می‌رویم:

$$P \times t \times Ra = Q \Rightarrow ۷۰۰ \times t \times \frac{۶۰}{۱۰۰} = \frac{۴}{۱۰} \times \cancel{۳۳۶۰۰۰}^{۸۰\times۴۲۰۰} + \frac{۴}{۱۰} \times ۴۲۰۰ \times ۲۰ \Rightarrow ۴۲۰ \times t = ۳۲ \times ۴۲۰۰ + ۸ \times ۴۲۰۰$$

$$\Rightarrow \cancel{۴۲۰} \times t = ۴۰ \times \cancel{۴۲۰۰}^{۱۰} \Rightarrow t = ۴۰۰\ s$$

۱۶۱- به ۵۰۰ g یخ $-۲۰^\circ C$ مقداری گرما با آهنگ ۱۰/۵ kJ/min در مدت ۲۰ min می‌دهیم. دمای نهایی آب حاصل، چند درجهٔ سلسیوس است؟ $(c_{آب} = ۲c_{یخ} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.^\circ C}, L_F = ۳۳۶۰۰۰\ J/kg)$ (تجربی ۹۹، مشابه ریاضی خارج ۹۷)

۱) صفر ۲) ۵ ۳) ۱۰ ۴) ۱۵

۱۶۲- در گرماسنجی که ظرفیت گرمایی آن ناچیز است، ۵۰۰ g یخ با دمای $-۶^\circ C$ وجود دارد. اگر یک گرمکن الکتریکی که توان آن ۷۵۰ W و بازده آن ۸۰ درصد است درون یخ قرار گیرد، پس از ۱۲۲/۵ s چند گرم یخ در گرماسنج باقی می‌ماند؟ $(c_{یخ} = ۲۱۰۰ \frac{J}{kg.K}, L_F = ۳۳۶۰۰۰\ J/kg)$

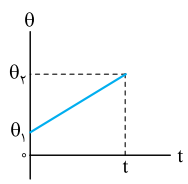
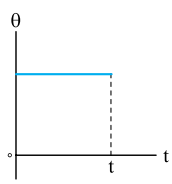
۱) ۳۰۰ ۲) ۲۵۴ ۳) ۲۰۰ ۴) ۱۵۰ (تجربی خارج ۹۶)

۱۶۳- یک گرمکن با توان گرمایی ثابت، در مدت ۱۰ min، ۱۰۰ g یخ $۰^\circ C$ را به آب $۰^\circ C$ تبدیل می‌کند. این گرمکن همین آب را تقریباً در مدت چند دقیقه به بخار آب $۱۰۰^\circ C$ تبدیل می‌کند؟ $(L_V = ۲۲۶۸\ kJ/kg, L_F = ۳۳۶\ kJ/kg, c = ۴/۲ \frac{kJ}{kg.^\circ C})$

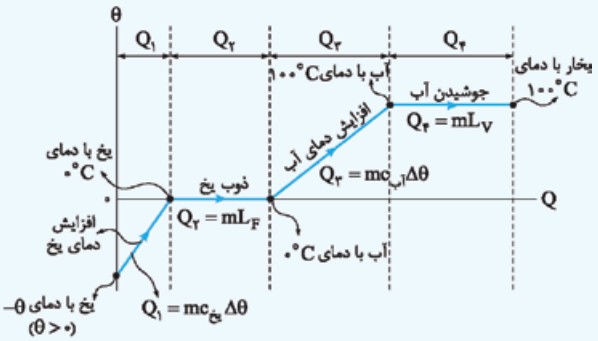
۱) ۲۶ ۲) ۴۰ ۳) ۵۶ ۴) ۸۰

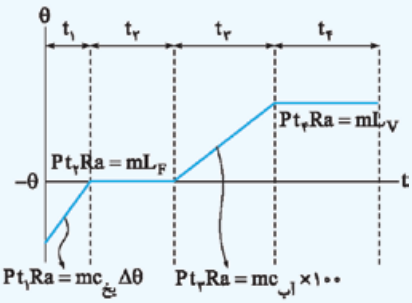
۱۵ نمودارشناسی در گرما

نمودار دما برحسب زمان وقتی جسم با آهنگ ثابت گرما می‌گیرد.

	وقتی دمای جسم تغییر می‌کند.	وقتی حالت جسم تغییر می‌کند.
نمودار		
توضیح	یک خط شیب‌دار؛ هر چه ظرفیت گرمایی جسم بیشتر باشد، شیب این خط کم‌تر است.	یک خط افقی؛ به این دلیل که هنگام تغییر حالت جسم، دمای آن تغییر نمی‌کند.
رابطه	$P \times t \times Ra = mc\Delta\theta$ یا $C\Delta\theta$	$P \times t \times Ra = mL_F$ یا mL_V

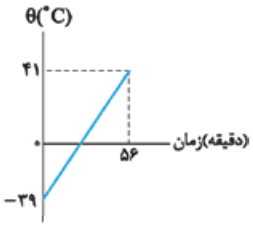
وقتی یخ با دمای کمتر از $0^\circ C$ به بخار $100^\circ C$ تبدیل می‌شود برای این فرایند (با چشم‌پوشی از تبخیر سطحی) دو نمودار زیر را باید ببینید:





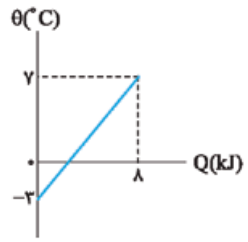
نکته ماده‌های دیگر هم با توجه به نقطهٔ ذوب و نقطهٔ جوش آن‌ها نمودار مشابهی دارند!

۱۶۴- به مایعی به جرم ۵۰۰ گرم در هر دقیقه ۱۰۰ J گرما می‌دهیم. اگر نمودار تغییرات دما برحسب زمان به صورت شکل مقابل باشد، گرمای ویژهٔ مایع در SI، کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۹، مشابه ریاضی ۹۱)



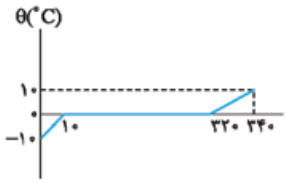
۱) ۱۴۰
۲) ۱۶۰
۳) ۲۸۰
۴) ۳۲۰

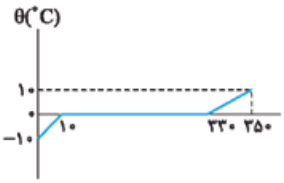
۱۶۵- نمودار تغییرات دما برحسب گرمای داده‌شده به جسمی به جرم ۲ kg مطابق شکل مقابل است. چند کیلوژول گرما لازم است تا دمای این جسم ۳ کلوین افزایش یابد؟ (ریاضی خارج ۹۶)

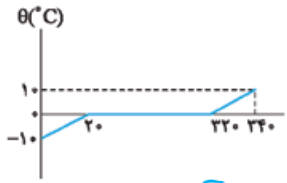


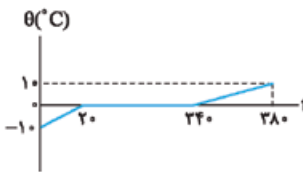
۱) ۶
۲) ۴/۸
۳) ۳
۴) ۲/۴

۱۶۶- به ۲۰۰ g یخ $-10^\circ C$ با آهنگ ثابت ۲۱۰ J/s گرما می‌دهیم تا به آب $10^\circ C$ تبدیل شود. کدام نمودار، تغییرات دما را برحسب زمان درست نشان می‌دهد؟ $(c_{آب} = 2c_{یخ} = 4200 \frac{J}{kg^\circ C}, L_F = 336000 J/kg)$ (ریاضی خارج ۹۸)

۱)


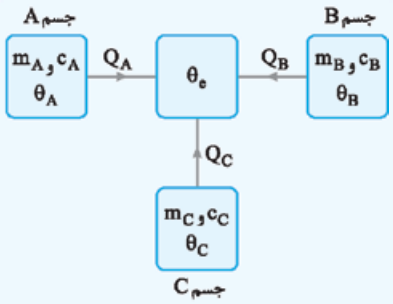
۲)


۳)


۴)


۱۶ تعادل گرمایی بدون تغییر حالت

وقتی دو یا چند جسم با دماهای مختلف در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، پس از مدتی هم‌دما می‌شوند. به این دمای یکسان، دمای تعادل می‌گوییم و آن را با θ_e نشان می‌دهیم. در این فرایند بعضی از جسم‌ها گرما می‌گیرند $(Q > 0)$ و بعضی از آن‌ها گرما از دست می‌دهند $(Q < 0)$، به طوری که طبق قانون پایستگی انرژی، مجموع گرماهای مبادله‌شده برابر صفر است، (البته به شرطی که این اجسام فقط با هم گرما مبادله کنند.) یعنی: $Q_A + Q_B + Q_C = 0$



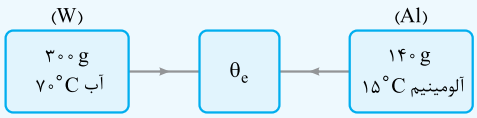
اگر خبری از تغییر حالت نباشد:

$$m_A c_A(\theta_e - \theta_A) + m_B c_B(\theta_e - \theta_B) + m_C c_C(\theta_e - \theta_C) = 0$$

در رابطهٔ بالا:

✓ اگر جنس جسم‌ها یکسان باشد، گرمای ویژه‌ها (c‌ها) را خط می‌زنیم. ✓ باید حواسمان به سازگاری یکاها باشد.

مثال اگر $300\,g$ آب $70\,^\circ C$ را در یک لیوان آلومینیمی به جرم $140\,g$ و دمای $15\,^\circ C$ بریزیم، دمای نهایی پس از آن‌که آب و لیوان به تعادل گرمایی برسند، برابر است با ($c_{آب}=4200\frac{J}{kg^\circ C}$ ، $c_{آلومینیم}=900\frac{J}{kg^\circ C}$):

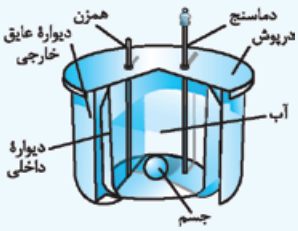


$$Q_W+Q_{Al}=0 \Rightarrow m_Wc_W(\theta_e-\theta_W)+m_{Al}c_{Al}(\theta_e-\theta_{Al})=0$$

$$\Rightarrow \frac{300}{1000}\times\frac{30}{4200}\times(\theta_e-70)+\frac{1}{1000}\times900\times(\theta_e-15)=0$$

$$\Rightarrow 90(\theta_e-70)+9(\theta_e-15)=0 \Rightarrow 10(\theta_e-70)+(\theta_e-15)=0 \Rightarrow \theta_e=65\,^\circ C$$

گرماسنج و گرماسنجی گرماسنج (کالری‌متر) ظرفی درپوش‌دار به شکل مقابل است که به خوبی عایق‌بندی شده است و از آن در آزمایش‌های گرماسنجی مثل تعیین گرمای ویژهٔ اجسام استفاده می‌شود. در گرماسنج مقداری آب ریخته شده و سپس جسمی با دمای متفاوت به آن اضافه می‌شود تا در نهایت دمای مجموعه یکسان شود. پس از اندازه‌گیری دمای تعادل به کمک رابطهٔ زیر گرمای ویژهٔ جسم به دست می‌آید:



$$Q_{آب}+Q_{جسم}+Q_{گرماسنج}=0 \Rightarrow m_{آب}c_{آب}(\theta_e-\theta_{آب})+m_{جسم}c_{جسم}(\theta_e-\theta_{جسم})+\underbrace{C_{گرماسنج}}_{\text{ظرفیت گرمایی گرماسنج}}(\theta_e-\theta_{گرماسنج})=0$$

گرماسنج بمبی نوعی گرماسنج است که با اندازه‌گیری انرژی آزادشدهٔ مواد حین سوختن، ارزش غذایی آن را تعیین می‌کند. در این گرماسنج نمونه‌ای با جرم معین را درون ظرف سربسته‌ای که محتوی اکسیژن است (به نام بمب) قرار گرفته و کل این محفظه درون آب گرماسنج قرار داده می‌شود. با سوزاندن نمونه و اندازه‌گیری تغییر دمای آب، انرژی حاصل از احتراق که تقریباً برابر با انرژی آزادشدهٔ آن نمونه است، به دست می‌آید.

اجزای یک گرماسنج بمبی

۱۶۷- یک قطعهٔ آلومینیمی به جرم m و دمای $94\,^\circ C$ را درون $4/5\,kg$ آب $50\,^\circ C$ می‌اندازیم. اگر پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای آب به $52\,^\circ C$ برسد، m چند کیلوگرم است؟ ($c_{آب}=4200\frac{J}{kg.^\circ C}$ ، $c_{Al}=900\frac{J}{kg.^\circ C}$) (تجربی خارج ۱۴۰۱)

۱) ۲/۵ ۲) ۲ ۳) ۱/۵ ۴) ۱

۱۶۸- قطعهٔ سربی به جرم $600\,g$ را تا دمای $100\,^\circ C$ گرم کرده و سپس آن را درون گرماسنجی که حاوی $500\,g$ آب با دمای اولیهٔ $15\,^\circ C$ است، می‌اندازیم. اگر دمای نهایی این مجموعه $20\,^\circ C$ شود، ظرفیت گرمایی گرماسنج در SI کدام است؟ ($c_{آب}=4200\frac{J}{kg.K}$ و $c_{سرب}=125\frac{J}{kg.K}$) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۸۰۰ ۲) ۸۲۵ ۳) ۹۰۰ ۴) ۹۷۵

۱۶۹- در ظرفی ۸۰۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد. یک قطعه فلز به جرم ۴۲۰ گرم و دمای ۸۴ درجهٔ سلسیوس را درون آب می‌اندازیم. پس از برقراری تعادل، دمای مجموعه چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ (اتلاف گرما ناچیز و $c_{فلز}=400\frac{J}{kg.^\circ C}$ و $c_{آب}=4200\frac{J}{kg.^\circ C}$ است.) (تجربی خارج ۱۴۰۰)

۱) ۱۰ ۲) ۶ ۳) ۵ ۴) ۴

۱۷ تعادل گرمایی همراه با تغییر حالت

تقریباً در تمام تست‌های این قسمت با یخ، آب، بخار و تبدیل آن‌ها به هم سروکار داریم. به گفتهٔ کتاب درسی فقط سؤال‌هایی از ما پرسیده می‌شود که در آن‌ها وضعیت نهایی جسم‌هایی که با هم به تعادل می‌رسند مشخص است. برای حل این تست‌ها مراحل زیر را طی می‌کنیم:

مرحلهٔ اول: فرایندهایی که هر جسم طی می‌کند تا به وضعیت نهایی (وضعیت تعادل) برسد را در طرح‌واره‌ای رسم می‌کنیم. در هر فرایند یا فقط تغییر دما رخ می‌دهد یا فقط تغییر حالت.

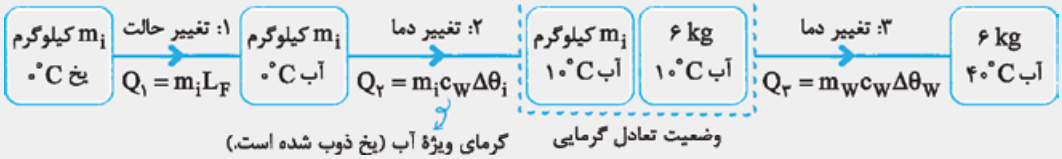
مرحلهٔ دوم: گرمای مبادله‌شده در هر فرایند را محاسبه کرده و مجموع گرماهای مبادله‌شده را برابر صفر قرار داده و مجهول مسئله را به دست می‌آوریم.

با حل مثال‌های زیر دو مرحلهٔ بالا را مرور می‌کنیم. هر کدام از این مثال‌ها نمایندهٔ تیپ پرتکراری از تست‌های کنکور هستند.

مثال **چند گرم یخ $0\,^\circ C$ را درون $6\,kg$ آب $40\,^\circ C$ بریزیم تا در نهایت آب با دمای $10\,^\circ C$ حاصل شود؟ (اتلاف گرما ناچیز بوده و گرمای ویژهٔ آب $4200\frac{J}{kg.K}$ و گرمای نهان ذوب یخ $336\,kJ/kg$ است.)**

۱) ۵۰۰ ۲) ۱۰۰۰ ۳) ۱۵۰۰ ۴) ۲۰۰۰

پاسخ گزینهٔ (۴) **مرحلهٔ اول:** جرم یخ را m_i (برحسب کیلوگرم) در نظر می‌گیریم. از طرفی m_i کیلوگرم یخ $0\,^\circ C$ به آب $10\,^\circ C$ تبدیل شده و از طرفی دیگر $6\,kg$ آب $40\,^\circ C$ به آب $10\,^\circ C$ تبدیل شده.



گرمای ویژهٔ آب (یخ ذوب شده است.)

وضعیت تعادل گرمایی

مرحلهٔ دوم: مجموع گرماهای مبادله‌شدهٔ آب و یخ را برابر صفر قرار می‌دهیم.

$$Q_1+Q_2+Q_3=0 \Rightarrow m_iL_F+m_ic_W\Delta\theta_i+m_Wc_W\Delta\theta_W=0$$

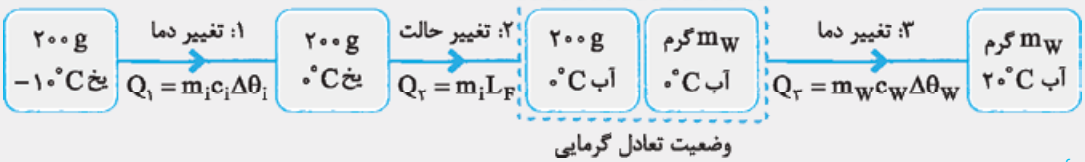
$$\Rightarrow m_i\times 336000+m_i\times 4200\times(10-0)+6\times 4200\times(10-40)=0$$

$$\Rightarrow 80m_i+10m_i+6\times(-30)=0 \Rightarrow 90m_i=180 \Rightarrow m_i=2\,kg=2000\,g$$

مثال درون ظرفی $200\,g$ یخ $-10\,^\circ C$ قرار دارد. حداقل چند گرم آب با دمای $20\,^\circ C$ به آن اضافه کنیم، تا تمام یخ ذوب شود؟ (تبادل گرما فقط بین آب و یخ اضافه می‌شود و $c_{\text{یخ}}=2/1\,\frac{J}{g.K}=\frac{1}{2}c_{\text{آب}}$ و $L_F=336\,J/g$ است.)

۱) ۵۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۸۵۰ ۴) ۱۲۰۰

پاسخ گزینهٔ (۳) **مرحلهٔ اول:** حداقل جرم آب اضافه‌شده مربوط به حالتی است که تمام یخ ذوب شود، اما دمای آن از صفر بالاتر نرود. پس در وضعیت تعادل تمام یخ ذوب شده و دما $0\,^\circ C$ است. اگر جرم آب را برحسب گرم m_W در نظر بگیریم، داریم:



وضعیت تعادل گرمایی

مرحلهٔ دوم: m_W را حساب می‌کنیم:

$$Q_1+Q_2+Q_3=0 \Rightarrow m_ic_i\Delta\theta_i+m_iL_F+m_Wc_W\Delta\theta_W=0$$

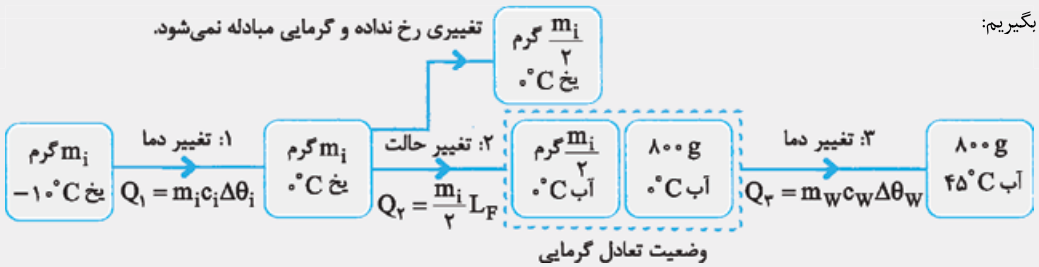
همهٔ جرم‌ها را برحسب گرم قرار می‌دهیم.

$$200\times\frac{1}{2}\times 4200\times(0-(-10))+200\times 336000+m_W\times 4200\times(0-20)=0 \Rightarrow 200\times 5+200\times 80=m_W\times 20 \Rightarrow m_W=850\,g$$

مثال قطعه یخی با دمای $-10\,^\circ C$ را درون $800\,g$ آب $45\,^\circ C$ می‌ریزیم. اگر در نهایت نیمی از یخ ذوب شود، جرم اولیهٔ قطعه یخ چند گرم است؟ (تبادل گرما فقط بین آب و یخ انجام می‌شود و $c_{\text{آب}}=2c_{\text{یخ}}=4200\,\frac{J}{kg^\circ C}$ و $L_F=336\,J/g$ است.)

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۸۰۰

پاسخ گزینهٔ (۴) **مرحلهٔ اوّل:** ابتدا باید تمام یخ $-10\,^\circ C$ به دمای $0\,^\circ C$ برسد، سپس نیمی از آن ذوب شود. از آن‌جایی که هنوز کل یخ ذوب نشده، دمای تعادل نهایی $0\,^\circ C$ است. در نتیجه در سمت دیگر بازی هم دمای آب $45\,^\circ C$ در نهایت به $0\,^\circ C$ می‌رسد. اگر جرم اولیهٔ یخ را برحسب گرم m_i در نظر بگیریم:



وضعیت تعادل گرمایی

مرحلهٔ دوم: حتماً می‌دانید قرار است چه کار کنیم:

$$Q_1+Q_2+Q_3=0 \Rightarrow m_ic_i\Delta\theta_i+\frac{m_i}{2}\times L_F+m_Wc_W\Delta\theta_W=0$$

$$\Rightarrow m_i\times\underbrace{\frac{1}{2}\times 4200}_{2100}\times 10+\frac{m_i}{2}\times\underbrace{80\times 4200}_{336000}+800\times 4200\times(0-45)=0 \Rightarrow 5m_i+40m_i=800\times 45 \Rightarrow m_i=800\,g$$

۱۷۰- یک کیلوگرم یخ $-10\ ^\circ C$ را در فشار یک اتمسفر درون مقداری آب $20\ ^\circ C$ می‌اندازیم. اگر پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای آب به $5\ ^\circ C$ برسد، جرم آب چند کیلوگرم است؟ $(L_F = 336000\ J/kg, c_{آب} = 2c_{یخ} = 4200\ \frac{J}{kg.^\circ C})$ (تجربی ۱۴۰۱)

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۶

۱۷۱- درون ظرفی $400\ g$ مخلوط آب و یخ در دمای صفر درجهٔ سلسیوس در حالت تعادل قرار دارد. اگر فلزی به جرم $200\ g$ و دمای $105\ ^\circ C$ را داخل آب بیندازیم، بعد از برقراری تعادل، دمای آب به $5\ ^\circ C$ می‌رسد. جرم یخ چند گرم بوده است؟ $(L_F = 336\ kJ/kg, c_{فلز} = 840\ \frac{J}{kg.^\circ C}, c_{آب} = 4200\ \frac{J}{kg.^\circ C})$ (تجربی ۹۴)

۱) ۲/۵ ۲) ۵ ۳) ۲۵ ۴) ۵۰

۱۷۲- ظرفی محتوی ۱۰۰۰ گرم آب و ۲۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس، در تعادل گرمایی است. یک قطعه فلز به گرمای ویژهٔ $400\ \frac{J}{kg.K}$ و دمای ۲۵۰ درجهٔ سلسیوس را درون ظرف می‌اندازیم، جرم فلز، حداقل چند گرم باشد، تا یخی در ظرف باقی نماند؟ $(L_F = 336000\ J/kg, c_{آب} = 4200\ \frac{J}{kg.K})$ و اتلاف گرما ناچیز است.) (ریاضی ۹۶، مشابه ریاضی خارج ۹۴)

۱) ۳۷۵ ۲) ۶۷۲ ۳) ۸۶۰ ۴) ۹۵۰

۱۷۳- قطعه‌ای مس به جرم ۲۸۲ گرم و دمای $\theta^\circ C$ را داخل ۱۰۰ گرم آب $100\ ^\circ C$ می‌اندازیم. اگر ۵ گرم آب بخار شود، θ چند درجهٔ سلسیوس است؟ $(L_V = 2256\ kJ/kg, c_{مس} = 400\ \frac{J}{kg.^\circ C})$ (تجربی خارج ۹۷)

۱) ۱۵۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۴۰۰

۱۷۴- در چالهٔ کوچکی $1/1\ kg$ آب $0\ ^\circ C$ قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود و بقیهٔ آن یخ ببندد، جرم آب یخ‌زده تقریباً چند گرم است؟ $(L_F = 334\ kJ/kg, L_V = 2490\ kJ/kg)$ و از مبادلهٔ گرمای آب و محیط صرف نظر کنید.) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۱۲۰ ۲) ۱۳۰ ۳) ۸۷۰ ۴) ۹۷۰

۱۷۵- در ظرفی یک قطعه یخ صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد. اگر ۸۰۰ گرم آب ۲۰ درجهٔ سلسیوس در ظرف وارد کنیم و فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت گیرد، پس از برقراری تعادل گرمایی، $\frac{1}{3}$ جرم قطعه یخ در ظرف باقی می‌ماند، جرم اولیهٔ قطعه یخ چند گرم بوده است؟ $(L_F = 336000\ J/kg$ و $c_{آب} = 4200\ \frac{J}{kg.K})$ (تجربی ۹۸، مشابه ریاضی ۹۵)

۱) ۲۰۰ ۲) $\frac{800}{3}$ ۳) ۳۰۰ ۴) ۶۰۰

۱۸ روش‌های انتقال گرما

در کتاب درسی به سه روش انتقال گرما اشاره شده است: الف رسانش گرمایی، ب همرفت، پ تابش گرمایی

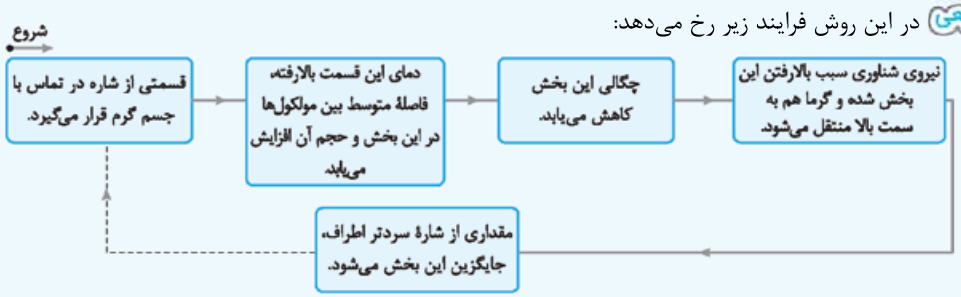
الف: رسانش گرمایی در این روش، ارتعاش اتم‌ها و حرکت الکترون‌های آزاد سبب انتقال گرما از قسمت گرم جسم به قسمت سرد آن می‌شوند. در واقع هر اتم انرژی را به اتم مجاورش منتقل می‌کند. جدول زیر دربارهٔ مقایسهٔ فلزات و نافلزات در رسانش گرمایی است:

	عامل رسانش گرمایی	نتیجه
نافلزها	فقط ارتعاش‌های اتمی	رسانای گرمایی خوبی نیستند.
فلزها	ارتعاش‌های اتمی + حرکت الکترون‌های آزاد	رسانای گرمایی خوبی هستند (در رسانش گرمایی، سهم حرکت الکترون‌های آزاد بیشتر از ارتعاش اتم‌ها است.)

آب و هوا (مثل بیشتر شاره‌ها) رساناهای گرمایی خوبی نیستند. از برخی نافلزات مثل چوب و شیشه که رسانای گرمایی خوبی نیستند برای عایق‌بندی استفاده می‌کنند. موهای خرس قطبی توخالی است، تا هوای داخل آن بدن خرس را در سرمای قطب گرم نگه دارد.

ب: همرفت در این روش بخشی از خود ماده جابه‌جا شده و سبب انتقال گرما می‌شود. انتقال گرما به روش همرفت فقط در شاره‌ها رخ می‌دهد. همرفت دو نوع است:

۱. همرفت طبیعی در این روش فرایند زیر رخ می‌دهد:



نکته هر چه ضریب انبساط حجمی مایعی بیشتر باشد، همرفت در آن شدیدتر رخ می‌دهد.

نمونه‌ها: گرم‌شدن هوای داخل اتاق به وسیلهٔ بخاری و رادیاتور شوفاژ ✓ گرم‌شدن آب درون قابلمه ✓ جریان باد ساحلی (در طی روز، زمین ساحل گرم‌تر از آب دریاست و پدیدهٔ همرفت موجب نسیمی از دریا به سمت ساحل می‌شود. در طی شب، زمین ساحل سردتر از آب دریاست و پدیدهٔ همرفت موجب نسیمی از ساحل به سمت دریا می‌شود.) ✓ انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن

۲. همرفت واداشته در این روش شاره به کمک یک تلمبه (طبیعی یا مصنوعی) به حرکت واداشته می‌شود و با این حرکت، گرما منتقل می‌شود.

نمونه‌ها: سیستم خنک‌کنندهٔ موتور اتومبیل ✓ گرم و سرد شدن بخش‌های مختلف بدن بر اثر گردش خون در بدن جانوران خونگرم

پ. تابش گرمایی در این روش گرما از طریق امواج الکترومغناطیسی منتقل می‌شود. هر جسمی در هر دمایی از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کند که به آن تابش گرمایی می‌گوییم. عوامل مؤثر بر تابش گرمایی گسیلی از یک جسم عبارت‌اند از:

۱) دمای جسم: دمای بیشتر ⇐ تابش گرمایی بیشتر

۲) مساحت جسم: مساحت بیشتر ⇐ تابش گرمایی بیشتر

۳) رنگ سطح جسم: رنگ تیره‌تر ⇐ تابش گرمایی بیشتر

۴) میزان صیقلی‌بودن سطح جسم: سطح ناصاف‌تر و کدرتر ⇐ تابش گرمایی بیشتر

نمونه‌ها: انتقال گرما از خورشید به سطح زمین ✓ گرم‌شدن بدن در نزدیکی لامپ داغ، کتری، رادیاتور شوفاژ و ... ✓ کلم اسکانک: گیاهی است که می‌تواند دمایش را بیشتر از دمای محیط بالا ببرد و از طریق تابش امواج فروسرخ برف اطرافش را در زمستان ذوب کند. ✓ شکار تابش فروسرخ در نوعی از مار زنگی: این مارها اندامی دارند که نسبت به تابش فروسرخ حساس‌اند. این نوع مار به کمک این اندام، طعمه‌های خونگرم خود را به واسطهٔ تابش فروسرخشان در شب، شناسایی می‌کند. ✓ مکعب لسلی: مکعبی است که چهار وجه آن رنگ‌های متفاوتی دارند. با ریختن آب داغ درون این مکعب، مشاهده می‌شود که شدت تابش گرمایی گسیلی از وجه‌های مختلف آن متفاوت است. ✓ پرتوسنج (رادیومتر): هر چه شدت تابش به آن بیشتر باشد، چرخش پره‌های آن سریع‌تر خواهد بود.

تف‌سنج و تف‌سنجی در روش تف‌سنجی از تابش گرمایی هر جسم به عنوان مبنایی برای اندازه‌گیری دمای آن استفاده می‌شود. به دماسنجی که بر این اساس کار می‌کند، تف‌سنج می‌گوییم. دربارهٔ تف‌سنج باید بدانید که:

۱) بدون تماس با جسم، دمای آن را اندازه می‌گیرد.

۲) برای اندازه‌گیری دماهای بالای $1100\ ^\circ C$ اهمیت ویژه‌ای دارد.

۳) برای اندازه‌گیری دماهای بالا از دو نوع تف‌سنج تابشی و نوری استفاده می‌شود.

۴) تف‌سنج نوری جزء دماسنج‌های معیار محسوب می‌شود.

دمانگار و دمانگاشت تابش گرمایی در دماهای زیر $500\ ^\circ C$ عمدتاً به صورت تابش امواج فروسرخ و نامرئی است. برای آشکارسازی تابش‌های فروسرخ از ابزاری به نام دمانگار استفاده می‌شود و به تصویر به دست آمده از آن دمانگاشت می‌گوییم. در دمانگاشت برای تفکیک دماهای مختلف به صورت نمادین از رنگ‌ها استفاده می‌شود.

۱۷۶- در کدام‌یک از موارد زیر، روش انتقال گرما به درستی بیان شده است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

الف) انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن: رسانش

ب) گرم‌شدن بخش‌های مختلف بدن جانوران خونگرم بر اثر گردش جریان خون: همرفت واداشته

پ) گرم‌شدن دستمان هنگامی که آن را زیر لامپ رشته‌ای روشن، نگه داشته‌ایم: تابش

ت) گرم‌شدن قابلمه‌ای که روی شعلهٔ آتش قرار دارد: همرفت طبیعی

۱) الف و ت ۲) ب و ت

۳) ب و پ ۴) الف و پ

۱۷۷- کدام‌یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) در روز، جریان هوا از ساحل به طرف دریا است.

۲) با لمس یک تیر چوبی و یک لولهٔ فلزی سرد که هم‌دما هستند، لوله سردتر به نظر می‌رسد.

۳) اگر دو قوری هم‌جنس و هم‌اندازه که سطح بیرونی یکی سیاه‌رنگ و دیگری سفیدرنگ است را با آب داغ با دمای یکسان پر کنیم، آب قوری سیاه‌رنگ به دلیل تابش گرمایی بیشتر زودتر خنک می‌شود.

۴) در رساناهای فلزی سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرما بیشتر از اتم‌ها است.

آزمون

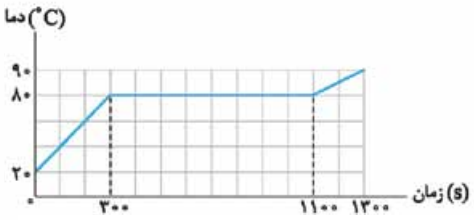
۱- دو میلهٔ فلزی A و B در دمای $20\,^\circ C$ به ترتیب دارای طول‌های $50\,cm$ و $70\,cm$ می‌باشند. دمای دو میله را $30\,^\circ C$ افزایش می‌دهیم، باز هم اختلاف طول آن‌ها $20\,cm$ می‌شود. نسبت ضریب انبساط طولی میلهٔ A به ضریب انبساط طولی میلهٔ B کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۳)

۱) $\frac{3}{7}$ ۲) $\frac{7}{3}$ ۳) $\frac{5}{7}$ ۴) $\frac{7}{5}$

۲- اگر دمای یک کرهٔ فلزی توپر $75\,K$ افزایش یابد، قطر آن ۰/۱۵ درصد تغییر می‌کند. اگر دمای این کره، $81\,^\circ F$ افزایش یابد، چگالی آن چند درصد تغییر می‌کند؟

۱) ۰/۴۸۶ ۲) ۰/۱۶۲ ۳) ۰/۴۵ ۴) ۰/۲۷

۳- به جسم جامدی با ابعاد کوچک و جرم $50\,g$ با توان ثابت $10\,W$ گرما می‌دهیم. اگر نمودار دما ـ زمان این جسم مطابق شکل مقابل باشد، به ترتیب گرمای ویژه و گرمای نهان ذوب این جامد چند واحد SI است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) $1000\,,\,2\times10^5$
۲) $1000\,,\,1/6\times10^5$
۳) $750\,,\,2\times10^5$
۴) $750\,,\,1/6\times10^5$

۴- اگر جرم جسمی $60\,g$ تغییر کند، ظرفیت گرمایی آن ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. جرم اولیهٔ جسم چند گرم است؟

۱) ۴۸۰ ۲) ۶۰۰
۳) ۲۴۰ ۴) ۳۰۰

۵- از یک ورق مسی، دو صفحهٔ دایره‌ای‌شکل به مساحت‌های S_1 و $S_2 = 2S_1$ بریده و جدا کرده‌ایم. حال اگر به اولی گرمای Q_1 و به دومی گرمای $Q_2 = 2Q_1$ را بدهیم و بر اثر این گرما، افزایش شعاع آن‌ها به ترتیب ΔR_1 و ΔR_2 باشد، $\frac{\Delta R_2}{\Delta R_1}$ چه‌قدر است؟ (تجربی ۹۲)

۱) $\sqrt{2}$ ۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ۳) ۲ ۴) $\frac{1}{2}$

۶- تبدیل بخار به مایع، جامد به بخار و مایع به بخار را به ترتیب چه می‌نامند؟

۱) تصعید، چگالش و تبخیر ۲) میعان، چگالش و تصعید
۳) تصعید، تبخیر و میعان ۴) میعان، تصعید و تبخیر

۷- چند کیلوژول گرما لازم است تا در فشار یک اتمسفر، $0/5\,kg$ یخ $-10\,^\circ C$ را به آب $10\,^\circ C$ تبدیل کرد؟ ($c_{\text{یخ}} = \frac{1}{2}c_{\text{آب}} = 2100\,\frac{J}{kg.K}$ و $L_F = 336\,kJ/kg$) (تجربی نوبت اول ۱۴۰۲)

۱) ۴۸/۳ ۲) ۵۴/۶ ۳) ۱۹۹/۵ ۴) ۱۸۹

۸- جسمی فلزی به ظرفیت گرمایی C و دمای $180\,^\circ C$ را درون گرماسنجی به ظرفیت گرمایی $4\,C$ که محتوی $100\,g$ آب با دمای $5\,^\circ C$ است، می‌اندازیم. اگر دمای تعادل مجموعه $30\,^\circ C$ باشد، C برابر با چند واحد SI است؟ ($c_{\text{آب}} = 4200\,\frac{J}{kg.K}$)

۱) ۴۲ ۲) ۴۲۰ ۳) ۲۱۰ ۴) ۲۱۰۰

۹- درون $2\,kg$ آب $40\,^\circ C$ مقداری یخ $-5\,^\circ C$ می‌اندازیم. اگر این آب $294\,kJ$ گرما از دست بدهد تا سیستم به دمای تعادل برسد، جرم یخ چند گرم بوده است؟ ($c_{\text{آب}} = 4200\,\frac{J}{kg.K}$، $c_{\text{یخ}} = 2100\,\frac{J}{kg.K}$ و $L_F = 336\,kJ/kg$)

۱) ۴۰۰ ۲) ۶۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۱۲۰۰

۱۰- چند گرم آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس را روی ۴۵۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس بریزیم تا پس از برقراری تعادل گرمایی، ۵۲۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس در ظرف ایجاد شود؟ (اتلاف گرما ناچیز است و $L_F = 336000\,J/kg$ و $c_{\text{آب}} = 4200\,\frac{J}{kg.K}$) (ریاضی ۹۹)

۱) ۷۰ ۲) ۲۶۰
۳) ۳۰۰ ۴) ۳۲۰

فصل ۷ مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

از آن فصل‌های درصد بیار کنکور است. این فصل از چند رابطه و چند قاعده برای تعیین جهت کمیت‌های برداری تشکیل شده است. انتظار داریم این فصل در کنکور ۳ تست را به خود اختصاص دهد. خودمان با دسته‌بندی تست‌ها در این فصل، خیلی حال کردیم؛ امیدواریم شما هم حال کنید. فصل مغناطیس و القای الکترومغناطیسی، ۳۲ کادر، ۸۹ تست و ۱ آزمون دارد.

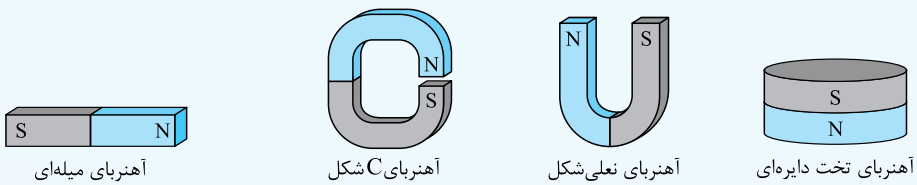
۱ آهنربا و قطب‌های مغناطیسی

آهنربای طبیعی (دائمی) از جنس مادهٔ کانی مگنتیت (Fe_3O_4) است. آهنرباها خاصیت مغناطیسی دارند، یعنی:

۱ اجسام آهنی (و برخی مواد دیگر) را جذب می‌کنند. ۲ یکدیگر را جذب یا دفع می‌کنند.

در هر آهنربا دو ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی در آن‌جا بیشتر از قسمت‌های دیگر است. به این دو ناحیه قطب می‌گوییم؛ یکی قطب N و دیگری قطب S.

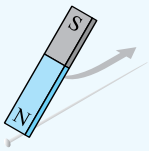
چندنکته ۱ آهنرباها به شکل‌های مختلفی ساخته می‌شوند. در کتاب درسی به شکل‌های زیر اشاره شده است:



۲ حتماً می‌دانید که قطب‌های همنام یکدیگر را دفع و قطب‌های ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند.

۳ اگر یک آهنربای سبک را از سقفی آویزان کنیم تا بتواند آزادانه بچرخد، یک سر آن تقریباً به سمت شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد. به این سر قطب N و به سر دیگر قطب S می‌گوییم.

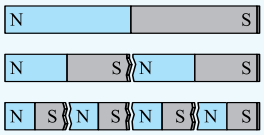
۴ وقتی به شکل مقابل یکی از قطب‌های آهنربا را چندین بار و در یک جهت به یک سوزن بکشیم، سوزن برای مدتی خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند.



۵ قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند و تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد.

۶ اگر یک جسم آهنی در نزدیکی یک آهنربا قرار گیرد یا با آن در تماس باشد، آهنربا در جسم آهنی خاصیت مغناطیسی القا می‌کند (یعنی جسم آهنی را به آهنربا تبدیل می‌کند). القای خاصیت مغناطیسی همیشه طوری است که آهنربا جسم آهنی را جذب کند. شکل مقابل را ببینید:

۷ اگر یک آهنربا را به دو قسمت تبدیل کنیم، هر قسمت به یک آهنربای مستقل تبدیل می‌شود. همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، در محل شکست، دو قطب ناهمنام ایجاد می‌شود.



۳۰۱- دو میلهٔ کاملاً مشابه، یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا در اختیار داریم. با بررسی نیرویی که این دو میله به هم وارد می‌کنند، کدام گزینه دربارهٔ تشخیص آهنربا و نوع قطب‌های آن درست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) آهنربا مشخص می‌شود، ولی نوع قطب‌های آن قابل تشخیص نیست.

۲) آهنربا و نوع قطب‌های آن قابل تشخیص نیست.

۳) آهنربا و نوع قطب‌های آن مشخص می‌شود.

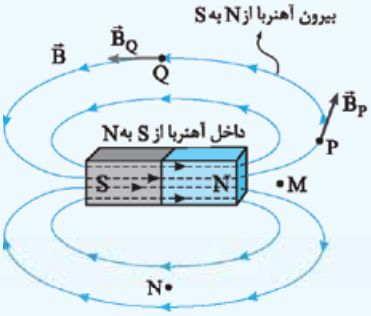
۴) اظهار نظر قطعی نمی‌توان کرد.

۲ میدان مغناطیسی

هر آهنربا در اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به آن میدان مغناطیسی می‌گوییم. میدان مغناطیسی کمیتی است برداری که آن را با نماد $\vec{B}$ نشان می‌دهیم. یکای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی در SI تسلا (T) است.

عقربهٔ مغناطیسی آهنربای سبکی است که به کمک آن می‌توانیم جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه را مشخص کنیم. عقربهٔ مغناطیسی را با نماد ⊙ یا $\overset{N}{S}$ نشان می‌دهیم. جهت عقربهٔ مغناطیسی (یا قطب N آن) جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه را نشان می‌دهد.

خطوط میدان مغناطیسی میدان مغناطیسی اطراف و داخل یک آهنربا را با خطوطی تجسم می‌کنیم. در شکل زیر این خطوط برای یک آهنربای میله‌ای رسم شده است. خطوط میدان مغناطیسی ویژگی‌های زیر را دارند:



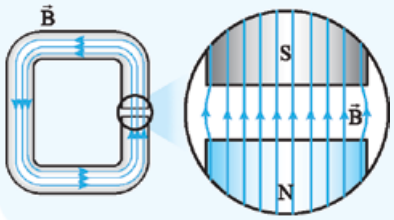
۱) خطوط میدان مغناطیسی در داخل آهنربا از قطب S به قطب N و در بیرون آهنربا از قطب N به قطب S است.

۲) خطوط میدان مغناطیسی خطوط بسته‌ای هستند، یعنی سر و ته آن‌ها به هم وصل است.

۳) هر جا تراکم خطوط بیشتر باشد (خطوط به هم نزدیک‌تر باشد)، میدان مغناطیسی قوی‌تر است. در شکل مقابل: تراکم در N > تراکم در M $\Rightarrow B_M > B_N$

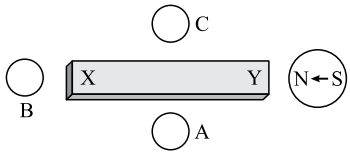
۴) بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خط میدان مغناطیسی عبوری از آن نقطه و در جهت آن است. در شکل مقابل بردار میدان مغناطیسی در نقاط P و Q رسم شده است. به اندازهٔ بردارهای P و Q دقت کنید.

۵) خطوط میدان مغناطیسی هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند.



میدان مغناطیسی یکنواخت میدانی است که اندازه و جهت آن در تمام نقاط یک ناحیه یکسان است. خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت ۱) راست، ۲) موازی، ۳) هم‌فاصله و ۴) هم‌جهت هستند. همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، میدان مغناطیسی در فضای بین قطب‌های یک آهنربای C شکل، تقریباً یکنواخت است.

۳۰۲- شکل مقابل، یک آهنربای میله‌ای معمولی را نشان می‌دهد که در اطراف آن ۴ عقربهٔ مغناطیسی قرار دارند. جهت قرار گرفتن عقربه‌های A، B و C به ترتیب کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۶)



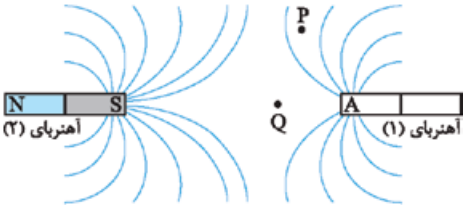
۱) → ، ← و →

۲) ← ، → و ←

۳) → ، → و →

۴) ← ، ← و ←

۳۰۳- در شکل مقابل خط‌های میدان مغناطیسی بین دو آهنربا نشان داده شده است. کدام‌یک از عبارت‌های زیر درست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



الف) ناحیهٔ A، قطب S آهنربای (۱) است.

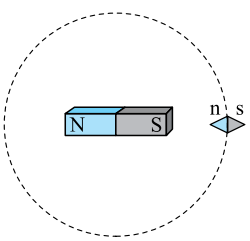
ب) اندازهٔ میدان مغناطیسی در مجاورت آهنربای (۱) بزرگ‌تر از اندازهٔ میدان مغناطیسی در مجاورت آهنربای (۲) است.

پ) عقربهٔ مغناطیسی در نقطهٔ P، تقریباً در جهت ↑ قرار می‌گیرد.

ت) میدان مغناطیسی در نقطهٔ Q می‌تواند برابر صفر باشد.

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

۳۰۴- یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل مقابل، روی یک میز قرار دارد. یک عقربهٔ مغناطیسی که آزادانه می‌تواند حول محور قائم بچرخد، به آرامی روی مسیر دایره‌ای‌شکل به دور آهنربا یک دور می‌چرخد. در این مسیر عقربه چند درجه دوران می‌کند؟ (ریاضی ۹۶، مشابه کنکور مجدد ریاضی ۱۴۰۱)



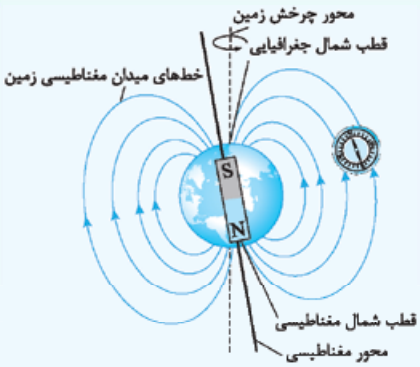
۱) ۱۸۰

۲) ۲۷۰

۳) ۳۶۰

۴) ۷۲۰

۳ میدان مغناطیسی زمین



زمین مانند یک آهنربای بسیار بزرگ رفتار می‌کند و طرح خط‌های میدان مغناطیسی آن مانند طرح خط‌های میدان مغناطیسی آهنربای میله‌ای فرضی بزرگی است که به شکل روبه‌رو در نزدیکی مرکز زمین قرار دارد. دربارهٔ میدان مغناطیسی زمین چیزهای زیر را باید بدانید:

۱) قطب S کرهٔ زمین در نزدیکی قطب شمال جغرافیایی و قطب N آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی زمین است.

۲) خطوط میدان مغناطیسی ناشی از زمین در سطح آن از قطب جنوب جغرافیایی خارج و به قطب شمال جغرافیایی آن وارد می‌شوند. پس در اغلب نقاط سطح زمین، میدان مغناطیسی ناشی از زمین به سمت شمال است.

۳) قطب‌های مغناطیسی زمین بر قطب‌های جغرافیایی آن کاملاً منطبق نیستند و از هم فاصله دارند. بنابراین عقربهٔ مغناطیسی قطب‌نما به طور دقیق جهت شمال جغرافیایی را نشان نمی‌دهد و مقداری انحراف دارد.

۴) شواهد زمین‌شناختی نشان می‌دهد جهت میدان مغناطیسی زمین در بازه‌های زمانی نامنظم و طولانی، به طور کامل وارون می‌شود.

شیب مغناطیسی: جهت میدان مغناطیسی در بیشتر نقاط زمین، کاملاً افقی نیست و با امتداد افق زاویه‌ای می‌سازد. به این زاویه، شیب مغناطیسی می‌گوییم. هر چه از قطب‌های زمین به سمت استوا حرکت کنیم، شیب مغناطیسی کاهش می‌یابد.

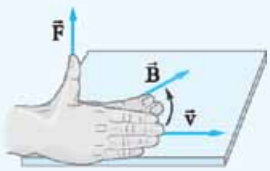
۳۰۵- در شکل مقابل جهت میدان مغناطیسی کرهٔ زمین در دو نقطهٔ A و B به ترتیب از راست به چپ تقریباً کدام است؟

(برگرفته از کتاب درسی)

۱) ↑ ، ↑
۲) ↓ ، ↑
۳) ↑ ، ↓
۴) ↓ ، ↓

۴ جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک

اگر ذرهٔ بارداری در میدان مغناطیسی در حال حرکت باشد، به آن نیروی مغناطیسی وارد می‌شود (البته به شرطی که جهت حرکت ذره موازی خطوط میدان نباشد). برای تعیین جهت این نیرو، از قاعدهٔ دست راست استفاده می‌کنیم. طبق این قاعده اگر چهار انگشت دست راستمان را در جهت حرکت ذره (جهت بردار $\vec{v}$) نگه داریم، به طوری که بردار خطوط میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) از کف دستمان خارج شود، نیروی وارد بر ذره ($\vec{F}$)، در جهت انگشت شست خواهد بود. شکل روبه‌رو را ببینید:



برای تعیین جهت این نیرو، نکات زیر را باید بدانید:

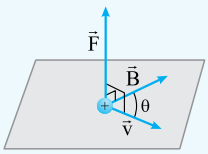
۱) از کدام دست استفاده می‌کنیم. جدول زیر را ببینید:

علامت بار ذره	دستی که استفاده می‌کنیم!
مثبت	دست راست
منفی	دست چپ

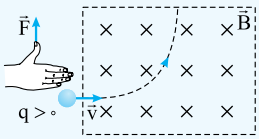
۲) با دو جهت خاص در جدول زیر آشنا شوید.

جهت	مفهوم	نماد
درون‌سو	عمود بر صفحه و به سمت داخل	⊗
برون‌سو	عمود بر صفحه و به سمت بیرون	⊙

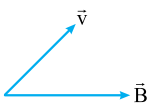
۳) زاویهٔ بین بردار سرعت ($\vec{v}$) و بردار میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) هر مقداری می‌تواند باشد، اما همواره $\vec{F}$ هم بر $\vec{v}$ عمود است و هم بر $\vec{B}$.



۴) اگر ذره وارد میدان مغناطیسی شده و به آن نیروی مغناطیسی وارد شود، مسیر حرکت آن به سمت نیروی مغناطیسی منحرف می‌شود. مثلاً در شکل مقابل نیروی مغناطیسی وارد بر ذره به سمت بالاست و ذره به سمت بالا منحرف می‌شود.



۳۰۶- الکترونی با سرعت $\vec{v}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حرکت است و $\vec{v}$ و $\vec{B}$ در همین صفحه قرار دارند. در لحظهٔ نشان داده شده، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون کدام است؟



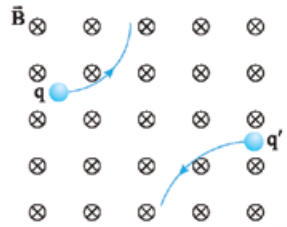
(تجربی نوبت اول ۱۴۰۲، مشابه تجربی خارج ۱۴۰۱)

۱) ⊗
۲) ⊙
۳) ↖
۴) ↓

۳۰۷- پروتونی با سرعت $\vec{v}$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، عمود بر میدان در حرکت است. اگر شکل زیر نشان‌دهندهٔ جهت میدان $(\vec{B})$ و جهت نیروی وارد بر پروتون $(\vec{F})$ باشد، جهت $\vec{v}$ کدام است؟ (ریاضی ۹۸ با تغییر و برگرفته از کتاب درسی)

۱) $\odot$
۲) $\otimes$
۳) $\rightarrow$
۴) $\leftarrow$

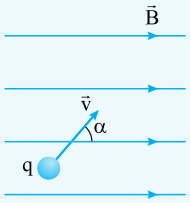
۳۰۸- دو ذرهٔ باردار q و q'، هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون‌سو، مسیرهایی مطابق شکل مقابل را می‌پیمایند. نوع بار q و q' به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) منفی، منفی
۲) مثبت، منفی
۳) منفی، مثبت
۴) مثبت، مثبت

۵ اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی یکنواخت

اندازهٔ این نیرو از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

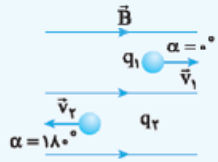


$$F = |q| vB \sin\alpha$$

- F: نیروی مغناطیسی (نیوتون: N)
- $|q|$: بار الکتریکی ذره (کولن: C)
- v: اندازهٔ سرعت ذره (متر بر ثانیه: m / s)
- B: اندازهٔ میدان مغناطیسی (تسلا: T)
- α: زاویهٔ بین جهت حرکت ذره (سرعت ذره) و خطوط میدان مغناطیسی

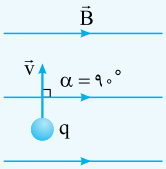
چند نکته

۱) اگر ذرهٔ باردار، موازی خطوط میدان مغناطیسی حرکت کند، به آن نیرویی وارد نمی‌شود. در شکل مقابل:



$$\alpha = 0 \text{ یا } \alpha = 180^\circ \Rightarrow \sin\alpha = 0 \Rightarrow F = 0$$

۲) اگر ذرهٔ باردار، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی حرکت کند، اندازهٔ نیروی وارد بر آن بیشینه می‌شود (چون برای $\sin\alpha$ بیشترین مقدار ممکن، یک است).



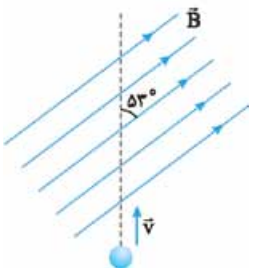
$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin\alpha = 1 \Rightarrow F_{max} = |q| vB$$

۳) اگر این نیرو، تنها نیروی وارد بر ذره باشد، اندازهٔ شتاب ذره از رابطهٔ زیر به دست می‌آید (رابطهٔ زیر همان قانون دوم نیوتون یعنی $F_{net} = ma$ است):

$$a = \frac{F}{m}$$

- F: نیروی مغناطیسی (نیوتون: N)
- m: جرم (کیلوگرم: kg)
- a: شتاب (متر بر مربع ثانیه: m / s^2)

۳۰۹- بار الکتریکی $q = 25\ \mu C$ با سرعت $2\times10^5\ m/s$ مطابق شکل مقابل وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $B = 10^4\ G$ می‌شود. در لحظهٔ ورود به میدان، اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره چند نیوتون و در کدام جهت است؟ $(\sin 53^\circ = 0/8)$ (ریاضی خارج ۹۸)



۱) ۲۵۰ و $\otimes$
۲) ۲۵۰ و $\odot$
۳) ۴ و $\odot$
۴) ۴ و $\otimes$

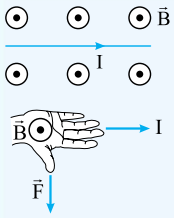
۳۱۰- پروتونی تحت زاویهٔ 90° نسبت به یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $20\ mT$ حرکت می‌کند و نیروی مغناطیسی $1/28\times10^{-16}\ N$ به آن وارد می‌شود. انرژی جنبشی پروتون چند الکترون‌ولت است؟ $(m_P = 1/7\times10^{-27}\ kg,\ e = 1/6\times10^{-19}\ C)$ (ریاضی ۹۵)

۱) ۲/۵
۲) ۵
۳) ۸/۵
۴) ۱۷

۳۱۱- در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، یک ذرهٔ α با سرعت $50\ m/s$ عمود بر میدان مغناطیسی در حرکت است و شتاب حاصل از نیروی مغناطیسی، $4\times10^5\ m/s^2$ است. بزرگی میدان مغناطیسی چند گاوس است؟ (جرم ذرهٔ $\alpha = 6/68\times10^{-27}\ kg$، $e = 1/6\times10^{-19}\ C$) (ریاضی ۱۴۰۰)

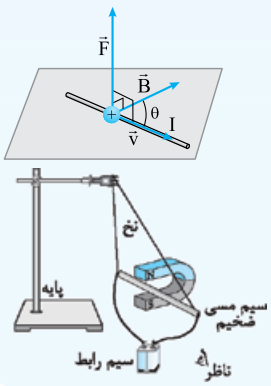
۱) ۱/۶۷
۲) ۲/۲۸
۳) ۳/۳۴
۴) ۴/۵۶

۶ جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان



اگر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی باشد، به آن نیرو وارد می‌شود (البته به شرطی که سیم موازی خطوط میدان نباشد!) جهت این نیرو به کمک قاعدهٔ زیر به دست می‌آید:

اگر چهار انگشت دست راستمان را در جهت جریان سیم (I) نگه داریم، به طوری که بردار یا خطوط میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) از کف دست خارج شود، نیروی وارد بر سیم ($\vec{F}$) در جهت انگشت شست خواهد بود. مثلاً شکل مقابل را ببینید:

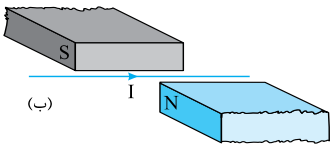


چندنکته

۱) زاویهٔ بین سیم و خطوط میدان هر چه باشد، نیروی وارد بر سیم، هم بر میدان عمود است، هم بر سیم. شکل مقابل را ببینید:

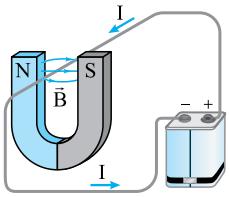
۲) گاهی در تست‌ها شکل سه‌بعدی به ما می‌دهند. برای این‌که در چنین تست‌هایی کارمان راحت‌تر باشد، بهتر است با انتخاب یک زاویهٔ دید مناسب، شکل سه‌بعدی را به شکل دوبعدی تبدیل کنیم. مثلاً در شکل مقابل اگر از زاویهٔ دید مناسب به سیم نگاه کنیم، قطب N آهنربا را بالا، قطب S آهنربا را پایین و سیم را افقی می‌بینیم که جریان عبوری از آن به طرف راست است. پس به کمک قاعدهٔ دست راست می‌فهمیم نیروی وارد بر سیم برون‌سو، یعنی به طرف بیرون آهنربا خواهد بود.

۳۱۲- مطابق شکل‌های روبه‌رو، سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهنربا قرار دارد. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم در شکل‌های (الف) و (ب) به ترتیب کدام است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) $\downarrow ، \otimes$ ۲) $\uparrow ، \odot$ ۳) $\uparrow ، \otimes$ ۴) $\downarrow ، \odot$

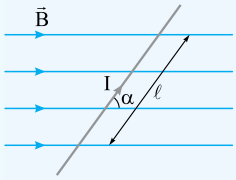
۳۱۳- در شکل روبه‌رو، نیروی الکترومغناطیسی وارد بر آن قسمت از سیم که داخل آهنربا قرار دارد، به کدام جهت است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) بالا
۲) پایین
۳) به سمت قطب N
۴) به سمت قطب S

۷ اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت

اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

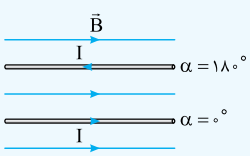


$$F = BI\ell \sin\alpha$$

- F: نیروی مغناطیسی (نیوتون: N)
- I: زاویهٔ بین جریان عبوری از سیم و میدان جریان (آمپر: A)
- B: میدان مغناطیسی (تسلا: T)
- ℓ: طول سیم (متر: m)

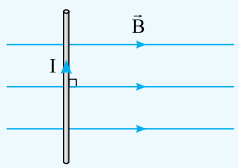
چندنکته

۱) اگر سیم موازی خطوط میدان مغناطیسی باشد، نیروی مغناطیسی به آن وارد نمی‌شود.



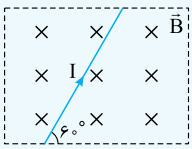
$\alpha = 0^\circ$ یا $180^\circ \Rightarrow \sin\alpha = 0$
$\Rightarrow F = 0$

۲) اگر سیم عمود بر خطوط میدان باشد، اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر آن بیشینه می‌شود.



$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin\alpha = 1$
$\Rightarrow F_{max} = BI\ell$

۳) گاهی برای تعیین زاویهٔ α کمی دقت بیشتری لازم است. مثلاً در شکل مقابل زاویهٔ بین میدان و سیم 90° است؛ چرا؟ (چون خطوط میدان بر صفحهٔ کاغذ و در نتیجه بر سیم عمود است). حواستان باشد زاویهٔ 60° نشان داده‌شده روی شکل گولتان نزند.



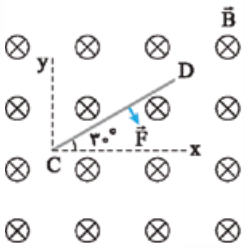
۳۱۴- مطابق شکل زیر، سیم مستقیمی به طول $2/4\ m$ حامل جریان $2/5\ A$ از شرق به غرب است. اندازهٔ میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم $0/5\ G$ و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم کدام است؟ (ریاضی ۱۴۰۱)

۱) $3\times10^{-5}\ N$، پایین
۲) $3\times10^{-4}\ N$، پایین
۳) $3\times10^{-5}\ N$، بالا
۴) $3\times10^{-4}\ N$، بالا

۳۱۵- تسلا (یکای میدان مغناطیسی) معادل با کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۸)

۱) $\frac{\text{متر}\times\text{نیوتون}}{\text{آمپر}}$
۲) $\frac{\text{متر}\times\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$
۳) $\frac{\text{نیوتون}}{\text{متر}\times\text{کولن}}$
۴) $\frac{\text{نیوتون}}{\text{متر}\times\text{آمپر}}$

۳۱۶- سیم رسانای CD به طول $1/5\ m$ مطابق شکل روبه‌رو داخل میدان مغناطیسی یکنواخت درون‌سویی با اندازهٔ $0/5\ T$ قرار گرفته است. اگر نیروی مغناطیسی با اندازهٔ $3\ N$ در جهت نشان داده‌شده به سیم وارد شود، جریان عبوری از سیم، چند آمپر و در چه جهتی است؟



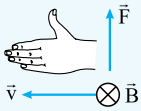
۱) ۸، از C به D
۲) ۸، از D به C
۳) ۴، از D به C
۴) ۴، از C به D

۸ وقتی پا جهت‌های جغرافیایی سروکار داریم

اگر در تستی به جهت‌های جغرافیایی اشاره شد، این جهت‌ها را براساس قرارداد زیر در صفحهٔ کاغذ در نظر می‌گیریم. مثلاً اگر جهت حرکت ذرهٔ باردار به سمت شرق بود، آن را روی صفحهٔ کاغذ به سمت راست (یعنی ⟶) رسم می‌کنیم.

نمونه: ذره‌ای با بار منفی به سمت غرب در حال حرکت است. اگر میدان مغناطیسی در این محل به سمت شمال باشد، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره به کدام سمت است؟

حالا شکل مناسبی رسم می‌کنیم. چهار انگشت دست چپ را به سمت چپ نگه می‌داریم، به طوری که کف دستمان به سمت داخل صفحه باشد، در این صورت انگشت شستمان یعنی نیروی وارد بر ذره به سمت بالا خواهد بود.



۳۱۷- در مکانی، میدان مغناطیسی، یکنواخت و افقی و جهت آن به سمت شمال جغرافیایی است. اگر در این مکان یک ذرهٔ آلفا با سرعت 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

۳۱۸- در مکانی که میدان مغناطیسی یکنواخت $0/04\ T$ تسلا برقرار است، ذره‌ای با بار الکتریکی $-50\ \mu C$ با سرعت $200\ m/s$ به سمت مغرب در حرکت است. اگر خطوط میدان مغناطیسی افقی و جهت میدان به سمت شمال باشد، نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره، چند نیوتون و به کدام جهت است؟

۱) 2×10^{-3}، شمال
۲) 2×10^{-3}، جنوب
۳) 4×10^{-4}، بالا
۴) 4×10^{-4}، پایین

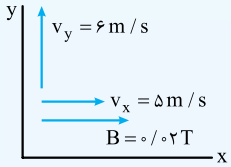
۳۱۹- یک سیم مستقیم و افقی به طول $60\ cm$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $240\ G$ که جهت آن شمال به جنوب است، قرار دارد. اگر نیروی مغناطیسی وارد بر سیم $18\ mN$ و به سوی پایین باشد، جریان عبوری از سیم، چند آمپر و در چه جهتی است؟

۱) ۰/۸، شرق به غرب
۲) ۰/۸، غرب به شرق
۳) ۱/۲۵، شرق به غرب
۴) ۱/۲۵، غرب به شرق

۹ نیروی مغناطیسی در حضور بردارهای یکه

در بعضی از تست‌ها بردارهای نیروی مغناطیسی $(\vec{B})$ یا سرعت $(\vec{v})$ را برحسب بردارهای $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به ما می‌دهند $(\vec{i}\ +\ \vec{j})$. برای حل این تست‌ها نیروی حاصل از هر مؤلفه را جداگانه تعیین می‌کنیم. حواستان باشد که اگر میدان مغناطیسی موازی جهت حرکت ذرهٔ باردار یا موازی سیم حامل جریان باشد، به ذره و سیم نیروی مغناطیسی وارد نمی‌کند.

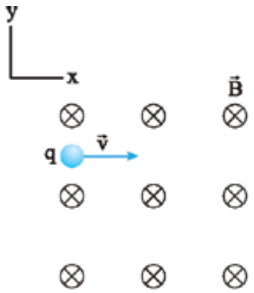
مثلاً اگر ذره‌ای به بار $5\ \mu C$ با سرعت $\vec{v}=(5\ m/s)\vec{i}+(6\ m/s)\vec{j}$ وارد میدان مغناطیسی $\vec{B}=(0/02\ T)\vec{i}$ شود، با توجه به شکل مقابل، مؤلفهٔ v_x از بردار سرعت روی نیروی وارد بر ذره تأثیر نخواهد داشت (چون v_x موازی میدان مغناطیسی است) و فقط باید مؤلفهٔ v_y را در نظر بگیریم. بنابراین اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره برابر است با:



$$F=|q|vB\sin\alpha=|q|v_yB\sin90^\circ=(5\times10^{-6})\times6\times\frac{2}{100}\times1=6\times10^{-7}\ N$$

جهت آن هم با توجه به قاعدهٔ دست راست درون‌سو خواهد بود. *(خودتون حتماً بررسی کنید.)*

۳۲۰- مطابق شکل مقابل، پروتونی با سرعت $\vec{v}=(10^4\ m/s)\vec{i}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۱۷۰ G می‌شود. اگر تنها نیروی مغناطیسی به پروتون وارد شود، شتاب حرکتش در این لحظه در SI، کدام است؟ (بار الکتریکی پروتون $1/6\times10^{-19}\ C$ و جرم آن $1/7\times10^{-27}\ kg$ است.) (تجربی خارج ۱۴۰۰)



۱) $1/6\times10^{10}\vec{j}$

۲) $1/6\times10^{10}\vec{i}$

۳) $1/6\times10^{8}\vec{j}$

۴) $1/6\times10^{8}\vec{i}$

۳۲۱- بردار میدان مغناطیسی یکنواختی در SI به صورت $\vec{B}=0/6\vec{i}+0/8\vec{j}$ است. از سیم راستی، جریان ۵۰ آمپر در جهت $\vec{j}$ می‌گذرد. نیروی مغناطیسی وارد بر ۲۰ cm از این سیم که در این میدان قرار دارد، چند نیوتون است و اگر بردارهای $\vec{i}$ و $\vec{j}$ در این صفحه به صورت **باشد، جهت این نیرو کدام است؟** (ریاضی خارج ۹۷)

۱) ۶، ←

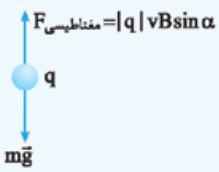
۲) ۶، ⊗

۳) ۱۰، ←

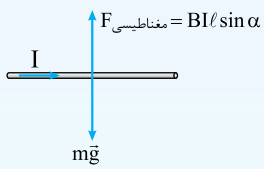
۴) ۱۰، ⊗

۱۰ خنثی کردن وزن توسط نیروی مغناطیسی

در بعضی از تست‌ها نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک $(F=|q|vB\sin\alpha)$ یا نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان $(F=BI\ell\sin\alpha)$ وظیفه دارند نیروی وزن را خنثی کنند. از آن‌جایی که نیروی وزن به سمت پایین است، نیروی مغناطیسی باید به سمت بالا و هم‌اندازه با نیروی وزن باشد. شکل‌های مقابل را ببینید:

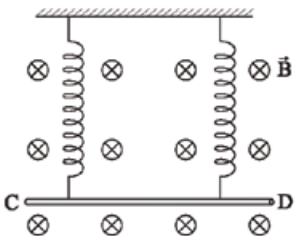


$F_{مغناطیسی}=mg$



$F_{مغناطیسی}=mg$

۳۲۲- مطابق شکل مقابل، میلهٔ CD به جرم ۱۶۰ گرم و طول ۸۰ سانتی‌متر به دو فنر مشابه آویخته شده و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت که اندازهٔ آن ۰/۴ تسلا است، به صورت افقی قرار دارد. از میله جریان چند آمپر و در چه جهتی عبور کند تا از طرف میله بر فنرها نیرویی وارد نشود؟ $(g=10\ m/s^2)$ (تجربی خارج ۹۸)



۱) ۵ و از C به طرف D

۲) ۵ و از D به طرف C

۳) ۲ و از C به طرف D

۴) ۲ و از D به طرف C

۳۲۳- ذره‌ای به جرم ۵ گرم که دارای بار $-50\ \mu C$ است، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، با سرعت $2/5\times10^3\ m/s$ در راستای افقی از جنوب به شمال پرتاب می‌شود. جهت و اندازهٔ میدان، کدام‌یک از موارد زیر می‌تواند باشد تا نیروی مغناطیسی نیروی وزن را خنثی کند و ذره در مسیر مستقیم به حرکت خود ادامه دهد؟ $(g=10\ N/kg)$ (تجربی خارج ۹۸)

۱) ۰/۰۴ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب

۲) ۰/۰۴ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق

۳) ۰/۴۰ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب

۴) ۰/۴۰ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق

۱۱ اعمال هم‌زمان میدان مغناطیسی و الکتریکی بر ذرهٔ باردار

گاهی ذرهٔ باردار در فضایی حرکت می‌کند که در آن‌جا هم میدان الکتریکی وجود دارد، هم میدان مغناطیسی. در این تست‌ها بیشتر به وضعیتی پرداخته می‌شود که این دو نیرو یکدیگر را خنثی می‌کنند و در نتیجه ذره بدون انحراف به مسیر خود ادامه می‌دهد. برای این‌که این اتفاق بیفتد:

اولاً: باید نیروهای الکتریکی و مغناطیسی وارد بر ذره در خلاف جهت هم باشند. از این جمله می‌توانیم نتیجه بگیریم در این حالت اگر چهار انگشت دست راست در جهت حرکت باشد، به طوری که خطوط میدان مغناطیسی از کف دست خارج شوند، میدان الکتریکی باید در خلاف جهت انگشت شست باشد. (فکر می‌کنید چرا؟)

ثانیاً: باید اندازهٔ نیروهای الکتریکی و مغناطیسی برابر باشد. یعنی $|q|E=|q|vB\sin\theta$.

در نتیجه در این حالت داریم:

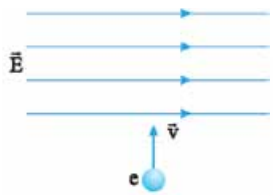
زاویهٔ بین جهت حرکت و میدان مغناطیسی

$E=vB\sin\alpha$ ← اندازهٔ میدان الکتریکی (نیوتون بر کولن: N/C)

اندازهٔ میدان مغناطیسی (تسلا: T) — سرعت ذره (متر بر ثانیه: m/s)

توجه همان‌طور که می‌بینید در وضعیتی که نیروهای ناشی از میدان الکتریکی و مغناطیسی همدیگر را خنثی می‌کنند، اندازه و علامت بار ذره اهمیتی ندارد.

۳۲۴- شکل مقابل الکترونی را هنگام عبور از میدان الکتریکی یکنواخت نشان می‌دهد. برای آن‌که ذره بدون انحراف از این میدان بگذرد، از میدان مغناطیسی یکنواخت استفاده شده است. میدان مغناطیسی باید ..... باشد.



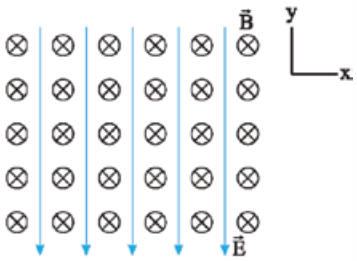
۱) موازی راستای $\vec{v}$ و همسو با آن

۲) موازی راستای $\vec{E}$ و در خلاف جهت آن

۳) عمود بر صفحهٔ شکل و به سمت بیرون صفحه

۴) عمود بر صفحهٔ شکل و به سمت داخل صفحه

۳۲۵- در شکل مقابل، میدان‌های یکنواخت الکتریکی $E = ۱۰۰۰\ N/C$ و مغناطیسی $B = ۱۰۰۰\ G$ نشان داده شده است. در این فضا، یک ذرهٔ آلفا با تندی چند متر بر ثانیه و در چه جهتی در حرکت باشد، تا بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد؟ (اثر وزن ناچیز است.) (ریاضی خارج ۱۴۰۰)



۱) $۱۰^{۴}$، در جهت محور x

۲) ۵×۱۰^{۳}، در جهت محور x

۳) $۱۰^{۴}$، در خلاف جهت محور x

۴) ۵×۱۰^{۳}، در خلاف جهت محور x

۱۲ محاسبهٔ نیروی خالص وارد بر ذرهٔ باردار و شتاب آن

گاهی به ذرهٔ باردار چند نیرو وارد می‌شود و تست از ما نیروی خالص وارد بر آن را می‌خواهد. در این تست‌ها ابتدا به کمک جدول زیر نیروهای وارد بر ذره را مشخص می‌کنیم و سپس برایند آن‌ها را به دست می‌آوریم:

نیرو	جهت	اندازه
نیروی وزن	همواره به سمت پایین	$W = mg$
نیروی مغناطیسی	$q>۰ \Leftarrow$ دست راست $q<۰ \Leftarrow$ دست چپ	$F_{\text{مغناطیسی}} = \lvert q \rvert vB\sin\theta$
نیروی الکتریکی	$q>۰ \Leftarrow$ در جهت میدان الکتریکی $q<۰ \Leftarrow$ در خلاف جهت میدان الکتریکی	$F_{\text{الکتریکی}} = E\lvert q \rvert$

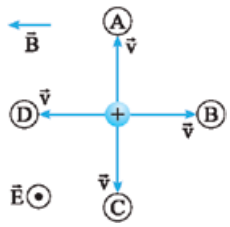
نکته اگر خواستهٔ تست شتاب ذره بود، باید بدانیم:

اولاً، اندازهٔ شتاب ذره از رابطهٔ $a = \frac{F_{net}}{m}$ به دست می‌آید. (F_{net}: نیروی خالص بر حسب نیوتون، m: جرم ذره بر حسب کیلوگرم)

ثانیاً، شتاب ذره با نیروی خالص وارد بر آن هم‌جهت است.

توجه اگر به ذره تنها یک نیرو وارد شود، نیروی خالص همین نیرو است.

۳۲۶- مطابق شکل مقابل، دو میدان یکنواخت الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم در یک محیط قرار دارند. ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت در آن فضا با سرعت $\vec{v}$ به کدام جهت حرکت کند، تا بزرگی نیروی خالص وارد بر آن بیشینه شود؟ (اثر وزن ذره ناچیز است.) (ریاضی ۱۴۰۰)



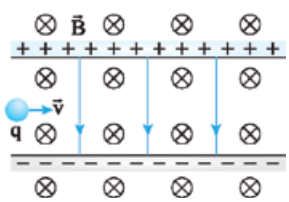
A (۱

B (۲

C (۳

D (۴

۳۲۷- مطابق شکل مقابل، ذره‌ای به بار $q = ۲\ \mu C$ با جرم ناچیز با تندی $v = ۲\times۱۰^{۴}\ m/s$ در جهت نشان داده شده که عمود بر میدان‌های یکنواخت $B = ۰/۰۲\ T$ و $E = ۵۰۰\ N/C$ است، وارد فضای این میدان‌ها می‌شود. اندازهٔ نیروی خالص وارد بر ذره در لحظهٔ ورود به میدان‌ها چند نیوتون است؟ (تجربی ۱۴۰۰)



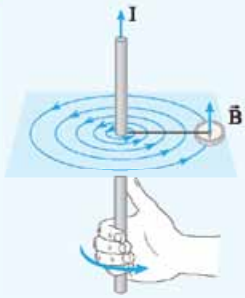
۱) صفر

۲) ۳×۱۰^{-۴}

۳) ۲×۱۰^{-۴}

۴) $۱/۸\times۱۰^{-۳}$

۱۳ میدان مغناطیسی ناشی از سیم مستقیم حامل جریان



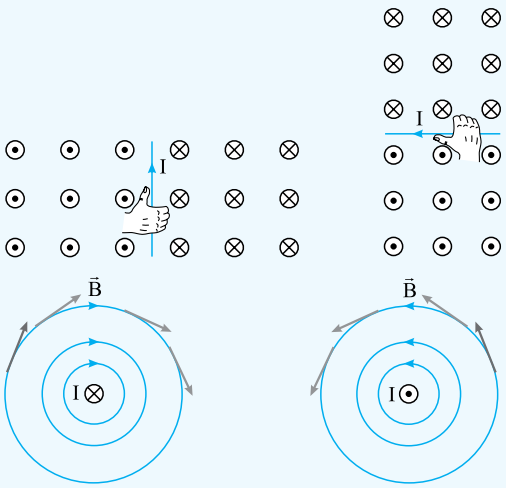
سیم حامل جریان الکتریکی در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، خطوط میدان مغناطیسی اطراف یک سیم بلند و مستقیم حامل جریان، به صورت دایره‌های هم‌مرکز است. جهت این خطوط به کمک قاعدهٔ زیر که به آن قاعدهٔ دست راست می‌گوییم، تعیین می‌شود: اگر سیم را در دست راست خود بگیریم به طوری که انگشت شست در جهت جریان باشد، جهت خم‌شدن چهار انگشت دیگر جهت خطوط میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

در این حالت اندازهٔ میدان مغناطیسی به دو عامل بستگی دارد:

۱) اندازهٔ جریان عبوری از سیم: که هر چه بیشتر باشد، میدان مغناطیسی در اطراف سیم بزرگ‌تر خواهد بود.

۲) فاصله از سیم: با دورشدن از سیم، اندازهٔ میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد.

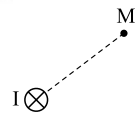
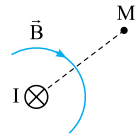
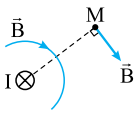
تعیین جهت میدان مغناطیسی در دو حالت زیر بسیار پرکاربرد است:



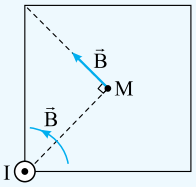
الف) سیم روی صفحه باشد: در این حالت اگر از قاعدهٔ دست راست استفاده کنیم، به این نتیجه می‌رسیم که میدان مغناطیسی در یک سمت سیم درون‌سو (⊗) و در سمت دیگر آن برون‌سو (⊙) خواهد بود. شکل‌های مقابل را ببینید:

ب) سیم عمود بر صفحه باشد: در این حالت که جریان عبوری از سیم یا درون‌سو است یا برون‌سو. خطوط میدان مغناطیسی اطراف سیم به شکل مقابل است:

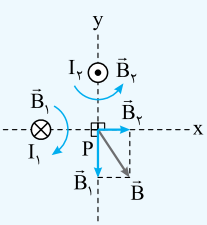
برای رسم بردار میدان در یک نقطه از اطراف سیم (مثل نقطهٔ M در شکل روبه‌رو) مراحل زیر را طی می‌کنیم:

مرحله	کاری که باید انجام دهیم	نمونه
۱	نقطهٔ مورد نظر را با خط‌چین به سیم وصل می‌کنیم.	
۲	به کمک قاعدهٔ دست راست جهت خطوط میدان مغناطیسی اطراف سیم را مشخص می‌کنیم.	
۳	بردار میدان در نقطهٔ M را عمود بر خط‌چین و در جهت میدان مغناطیسی رسم می‌کنیم.	

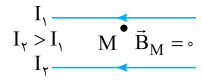
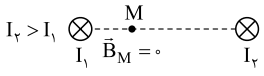
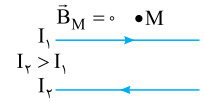
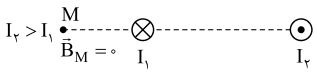
مثلاً در شکل مقابل به کمک مراحل بالا بردار میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان I را در مرکز مربع (نقطهٔ M) رسم کرده‌ایم.



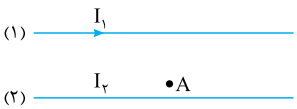
نکته اگر در یک نقطه، چند سیم حامل جریان میدان مغناطیسی ایجاد کنند، برای تعیین میدان مغناطیسی خالص، بردار میدان ناشی از هر سیم را رسم کرده و سپس برایند آن‌ها را مشخص می‌کنیم. شکل مقابل را ببینید. در این شکل $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ به ترتیب میدان مغناطیسی ناشی از جریان‌های I_1 و I_2 در نقطهٔ P و $\vec{B}$ میدان مغناطیسی خالص (برایند) در این نقطه است.



نکته باید بدانیم اگر دو سیم موازی حامل جریان در کنار هم باشند، میدان مغناطیسی خالص در کجا صفر می‌شود. جدول زیر را ببینید:

جهت جریان عبوری از دو سیم	میدان مغناطیسی خالص در کجا صفر می‌شود؟	شکل (اگر دو سیم روی صفحه باشند.)	شکل (اگر دو سیم عمود بر صفحه باشند)
هم‌جهت	در نقطه‌ای بین دو سیم و نزدیک سیم حامل جریان کم‌تر		
در خلاف جهت	در نقطه‌ای خارج از فاصلهٔ بین دو سیم و نزدیک سیم حامل جریان کم‌تر		

۳۲۸- در شکل زیر، از دو سیم موازی و بلند، جریان‌های الکتریکی عبور می‌کند. اگر میدان مغناطیسی در نقطهٔ A برابر صفر باشد، کدام مورد درست است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)



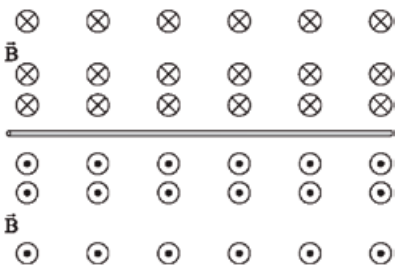
۱) I_2 در خلاف جهت I_1 و کوچک‌تر از آن است.

۲) I_2 در خلاف جهت I_1 و بزرگ‌تر از آن است.

۳) I_2 هم‌جهت با I_1 و بزرگ‌تر از آن است.

۴) I_2 هم‌جهت با I_1 و کوچک‌تر از آن است.

۳۲۹- میدان مغناطیسی اطراف یک سیم حامل جریان الکتریکی در شکل مقابل نشان داده شده است. جهت جریان الکتریکی در سیم کدام است و اگر یک میدان مغناطیسی خارجی درون‌سو (⊗) بر این سیم اثر کند، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم به کدام جهت خواهد شد؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۱)



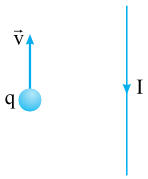
۱) ↑ و →

۲) ↓ و ←

۳) ↑ و ←

۴) ↓ و →

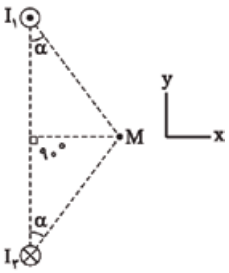
۳۳۰- در شکل مقابل بار نقطه‌ای q منفی است و در جهت نشان داده شده حرکت می‌کند. نیروی مغناطیسی وارد بر آن در کدام جهت است؟ (سیم و بار نقطه‌ای در این صفحه قرار دارند.)



۱) ⊗ ۲) ⊙

۳) → ۴) ←

۳۳۱- شکل مقابل، مقطع دو سیم بلند و موازی را نشان می‌دهد که بر صفحهٔ کاغذ عمودند و از آن‌ها جریان‌های برابر و در جهت‌های نشان داده شده عبور می‌کند، میدان مغناطیسی خالص (برایند) در نقطهٔ M در کدام جهت است؟ (ریاضی ۹۹)



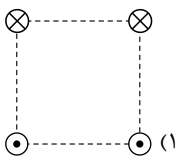
۱) در جهت محور x

۲) در جهت محور y

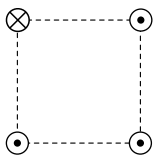
۳) خلاف جهت محور x

۴) خلاف جهت محور y

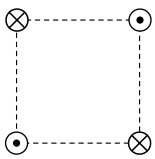
۳۳۲- شکل‌های زیر، چهار آرایش را نشان می‌دهد که در آن سیم‌های موازی حامل جریان I در گوشه‌های مربع‌های مشابه قرار گرفته‌اند و سیم‌ها و همگی عمود بر صفحه‌اند. در کدام شکل بزرگی میدان مغناطیسی برایند در مرکز مربع بیشترین مقدار را دارد؟ (تجربی خارج ۹۴)



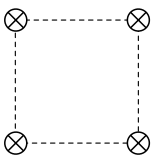
۱)



۲)



۳)



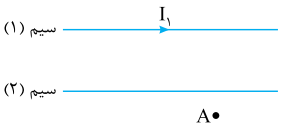
۴)

۱۴ نیروی مغناطیسی بین سیم‌های موازی حامل جریان

وقتی دو سیم موازی حامل جریان هستند، هر کدام روی دیگری میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند و در نتیجه به یکدیگر نیروی مغناطیسی وارد می‌کند. هر آن‌چه که باید بدانید این است: اگر جریان عبوری از دو سیم هم‌جهت باشد، این نیرو ربایش و اگر جریان عبوری از دو سیم در خلاف جهت هم باشد، این نیرو رانش است.

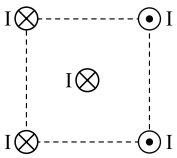
نکته طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که دو سیم به هم وارد می‌کنند، هم‌اندازه و در خلاف جهت هم است.

۳۳۳- در شکل مقابل دو سیم موازی و بلند (۱) و (۲) به ترتیب حامل جریان I_1 و I_2 هستند. اگر میدان مغناطیسی برایند حاصل از این سیم‌ها در نقطهٔ A صفر باشد، کدام مورد دربارهٔ مقایسهٔ I_1 و I_2 و نوع نیروی مغناطیسی که دو سیم به هم وارد می‌کنند درست است؟



۱) $I_1 < I_2$، ربایشی ۲) $I_1 < I_2$، رانشی ۳) $I_1 > I_2$، ربایشی ۴) $I_1 > I_2$، رانشی

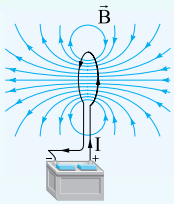
۳۳۴- چهار سیم راست و بلند حامل جریان‌های مساوی و در جهت‌های نشان داده شده، در رأس‌های یک مربع مطابق شکل قرار دارند. نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم حامل جریانی که از مرکز مربع می‌گذرد، در کدام جهت است؟



۱) ← ۲) → ۳) ↓ ۴) ↑

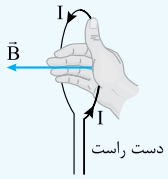
۱۵ میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقهٔ حامل جریان

حلقهٔ حامل جریان در اطراف خود میدان مغناطیسی تولید می‌کند. شکل مقابل خطوط میدان مغناطیسی اطراف یک حلقهٔ حامل جریان را نشان می‌دهد.

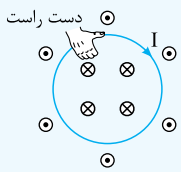


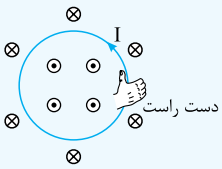
چند نکته

۱ اگر مثل شکل زیر حلقه را در دست راست خود بگیریم، به طوری که انگشت شست در جهت جریان باشد، جهت خم‌شدن چهار انگشت دیگر، جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.



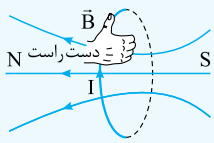
۲ خطوط میدان در داخل و بیرون حلقه در خلاف جهت یکدیگر است. دو شکل زیر را ببینید.



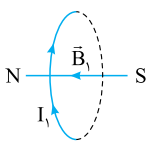
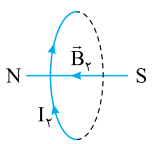
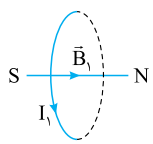
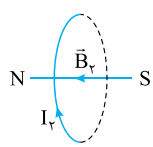


۳ اندازهٔ میدان مغناطیسی در داخل حلقه بزرگ‌تر از بیرون آن است.

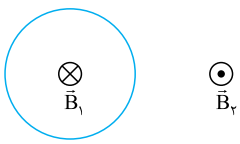
۴ خطوط میدان مغناطیسی اطراف یک حلقهٔ حامل جریان شبیه خطوط میدان مغناطیسی اطراف یک آهنربا است. یعنی هر حلقهٔ حامل جریان را می‌توانیم یک آهنربا در نظر بگیریم. برای تعیین قطب‌های این آهنربا، ابتدا جهت میدان مغناطیسی در داخل حلقه را مشخص می‌کنیم. مثل هر آهنربای دیگری، میدان مغناطیسی در داخل حلقه از قطب S به قطب N است.



۵ با توجه به نکتهٔ بالا دو حلقهٔ موازی مثل دو آهنربا به هم نیروی مغناطیسی وارد می‌کنند:

شکل	 	 
نوع نیروی مغناطیسی	ربایشی (قطب‌های ناهمنام روبه‌روی هم‌اند)	رانشی (قطب‌های همنام روبه‌روی هم‌اند)
جهت جریان عبوری از دو حلقه	هم‌جهت	در خلاف جهت هم

۳۳۵- شکل مقابل، یک حلقهٔ حامل جریان الکتریکی را نشان می‌دهد که $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ بردارهای میدان مغناطیسی در داخل و بیرون حلقه‌اند. کدام مورد دربارهٔ جهت جریان الکتریکی حلقه و اندازهٔ بردارهای میدان درست است؟ (ریاضی خارج ۹۹)

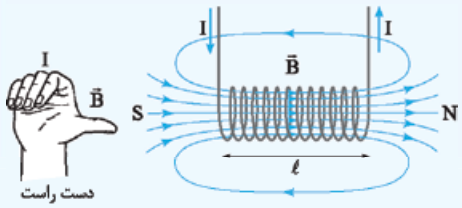


۱) ساعتگرد، $B_1 = B_2$ ۲) ساعتگرد، $B_1 > B_2$

۳) پادساعتگرد، $B_1 = B_2$ ۴) پادساعتگرد، $B_1 > B_2$

۱۶ میدان مغناطیسی حاصل از سیملولهٔ حامل جریان

سیملوله، سیم درازی است که مانند شکل مقابل به صورت مارپیچی بلند پیچیده شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیملوله، در داخل و اطراف آن میدان مغناطیسی به وجود می‌آید. در این شکل خطوط میدان اطراف سیملوله را نشان داده‌ایم.



جهت: اگر سیملوله را در دست راست گرفته و چهار انگشت خود را در جهت جریان عبوری از حلقه‌های سیملوله بگیریم، انگشت شست جهت میدان مغناطیسی در داخل سیملوله را نشان می‌دهد.

اندازه: اندازهٔ میدان مغناطیسی در داخل سیملوله از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell}$$

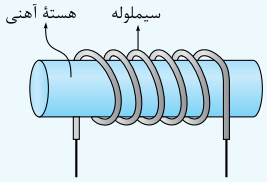
B: اندازهٔ میدان مغناطیسی (تسلا: T)
μ_0: ضریب تراوایی مغناطیسی خلأ (عدد ثابت: $۴\pi \times ۱۰^{-۷}\ \frac{T.m}{A}$)
N: تعداد حلقه‌های سیملوله
I: جریان الکتریکی (آمپر: A)
ℓ: طول سیملوله (متر: m)

چندنکته

۱ میدان مغناطیسی ناشی از سیملوله در داخل آن قوی‌تر از اطراف آن است.

۲ میدان مغناطیسی ناشی از سیملوله، در داخل آن تقریباً یکنواخت است.

۳ خطوط میدان مغناطیسی ناشی از سیملوله در داخل و اطراف آن شبیه خطوط میدان حاصل از یک آهنربا است. یعنی سیملوله مثل یک آهنربای میله‌ای رفتار می‌کند. اگر از قاعدهٔ دست راست استفاده کنیم، انگشت شست قطب N این آهنربا را نشان می‌دهد.

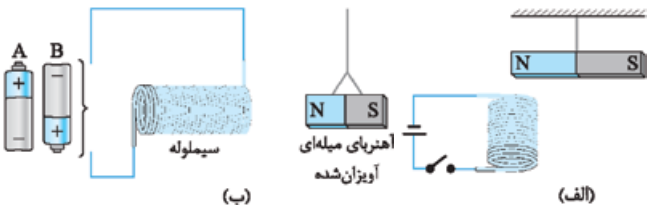


۴ آهنربای الکتریکی، سیملوله‌ای است که در داخل آن یک هستهٔ آهنی وجود دارد. در این وضعیت میدان مغناطیسی سیملوله در هستهٔ آهنی خاصیت مغناطیسی ایجاد می‌کند. وجود هستهٔ آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود. میدان مغناطیسی سیملولهٔ بدون هستهٔ آهنی بسیار ضعیف است.

۵ اگر با استفاده از سیمی به طول x، سیملوله‌ای به شعاع مقطع R بسازیم، تعداد حلقه‌های سیملوله از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط هر حلقهٔ سیملوله}} \Rightarrow N = \frac{x}{۲\pi R}$$

۳۳۶- در شکل (الف) با بستن کلید، قطب N آهنربای میله‌ای توسط سیملوله، ..... و در شکل (ب) با قراردادن باتری ..... در مدار، آهنربای میله‌ای به طرف سیملوله جذب می‌شود. (برگرفته از کتاب درسی)



۱) جذب، A

۲) دفع، B

۳) جذب، B

۴) دفع، A

۳۳۷- یکای μ_0 (تراوایی مغناطیسی در خلأ) در SI، کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۷)

۱) $\frac{\text{تسلا} \times \text{متر}}{\text{آمپر}}$

۲) $\frac{\text{آمپر} \times \text{تسلا}}{\text{متر}}$

۳) $\frac{\text{آمپر}}{\text{تسلا} \times \text{متر}}$

۴) $\frac{\text{تسلا}}{\text{آمپر} \times \text{متر}}$

۳۳۸- سیملوله‌ای آرمانی به طول ۲۰ cm دارای ۵۰۰ حلقهٔ سیم نزدیک به هم است. اگر جریان ۸۰۰ mA از سیملوله بگذرد، بزرگی میدان مغناطیسی در نقطه‌ای درون سیملوله و دور از لبه‌های آن، چند گاوس است؟ $(\mu_0 = ۱۲ \times ۱۰^{-۷}\ \frac{T.m}{A})$ (تجربی نوبت اول ۱۴۰۲، مشابه تجربی ۹۸)

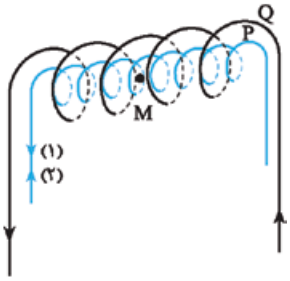
۱) ۰/۲۴

۲) ۲/۴

۳) ۲۴

۴) ۲۴۰

۳۳۹- در شکل زیر دو سیملولهٔ P و Q هم‌محورند و طول برابر دارند. تعداد دور سیملولهٔ P برابر ۳۰۰ و تعداد دور سیملولهٔ Q برابر ۲۰۰ است. اگر جریان ۱ A از سیملولهٔ Q عبور کند، از سیملولهٔ P جریان چند آمپر و در چه جهتی باید عبور کند تا برایند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطهٔ M (روی محور دو سیملوله) صفر شود؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) $\frac{۲}{۳}$، (۲)

۲) $\frac{۳}{۲}$، (۲)

۳) $\frac{۲}{۳}$، (۱)

۴) $\frac{۳}{۲}$، (۱)

۱۷ خاصیت مغناطیسی مواد

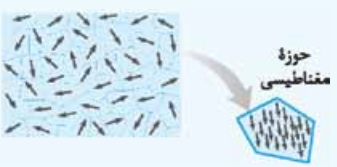
مواد مغناطیسی: موادی که اتم‌ها یا مولکول‌های سازندهٔ آن خاصیت مغناطیسی دارند (مانند دوقطبی مغناطیسی رفتار می‌کنند).

در جدول زیر به بررسی چند دسته از مواد مغناطیسی می‌پردازیم:

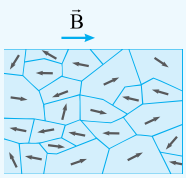
نام	نمونه	دوقطبی مغناطیسی	حوزهٔ مغناطیسی *	ویژگی‌ها	کاربرد
پارامغناطیس	اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن	دارد	ندارد	۱) اتم‌های این مواد دارای خاصیت مغناطیسی هستند، اما در غیاب میدان مغناطیسی خارجی، دوقطبی‌های مغناطیسی آن‌ها جهت‌گیری کاتوره‌ای دارند و میدان مغناطیسی خالص ایجاد نمی‌کنند. ۲) در مجاورت میدان مغناطیسی خارجی قوی دارای خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت می‌شوند. ۳) با حذف میدان مغناطیسی خارجی، خاصیت مغناطیسی خود را به سرعت از دست می‌دهند.	-
فرومغناطیس نرم	آهن خالص، کبالت خالص و نیکل خالص	دارد	دارد	۱) اتم‌های این مواد به طور ذاتی، دارای دوقطبی مغناطیسی هستند. ۲) در غیاب میدان خارجی، دوقطبی‌هایی که درون یک حوزه قرار دارند، همسو هستند. ۳) با قرار گرفتن در میدان مغناطیسی خارجی، حجم حوزه‌هایی که دوقطبی‌های آن‌ها با میدان خارجی همسو است، به سرعت رشد کرده و ماده به آسانی دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود. ۴) با حذف میدان مغناطیسی خارجی، جهت‌گیری حوزه‌های مغناطیسی به سرعت به حالت قبل بازمی‌گردد و ماده خاصیت مغناطیسی خود را به آسانی از دست می‌دهد.	ساخت هستهٔ پیچه‌ها و سیملوله‌ها و آهنرباهای الکتریکی غیردائمی
فرومغناطیس سخت	فولاد و آلیاژهای آهن، آلیاژهای کبالت و آلیاژهای نیکل	دارد	دارد	۱) اتم‌های این مواد به طور ذاتی، دارای دوقطبی مغناطیسی هستند. ۲) در غیاب میدان خارجی، دوقطبی‌هایی که درون یک حوزه قرار دارند، همسو هستند. ۳) با قرار گرفتن در میدان مغناطیسی خارجی، حجم حوزه‌های همسو با میدان به سختی تغییر می‌کند و ماده به سختی دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود. ۴) با حذف میدان مغناطیسی خارجی، جهت‌گیری حوزه‌های مغناطیسی تا مدت زیادی تقریباً تغییر نمی‌کند و ماده خاصیت مغناطیسی خود را برای مدت بسیار طولانی حفظ می‌کند.	ساخت آهنرباهای دائمی
دیامغناطیس	مس، بیسموت، نقره و سرب	ندارد	ندارد	۱) اتم‌های این مواد به طور ذاتی، خاصیت مغناطیسی ندارند، یعنی دارای دوقطبی مغناطیسی خالص نیستند. ۲) قرار گرفتن این مواد در میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند باعث القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف جهت میدان خارجی شود.	-

* ناحیه‌ای از مادهٔ مغناطیسی که در آن‌جا، جهت دوقطبی‌ها، همسو با یکدیگر است.

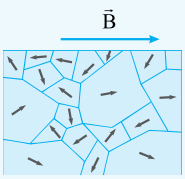
نکته شکل‌های زیر چگونگی تغییر حوزه‌های یک مادهٔ فرومغناطیس در میدان مغناطیسی خارجی را نشان می‌دهد.



(الف) مادهٔ فرومغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی



(ب) مادهٔ فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف.



(پ) مادهٔ فرومغناطیس در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی

۳۴۰- دوقطبی‌های مغناطیسی کدام مواد، به صورت کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و این مواد در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی، چه خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند؟ (ریاضی نوبت اول ۱۴۰۲، مشابه ریاضی ۹۹ و برگرفته از کتاب درسی)

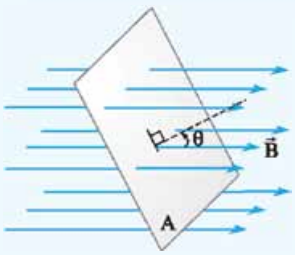
۱) پارامغناطیسی ـ قوی و دائمی
۲) فرومغناطیسی ـ قوی و دائمی
۳) فرومغناطیسی ـ ضعیف و موقت
۴) پارامغناطیسی ـ ضعیف و موقت

۳۴۱- دو فلز A و B وقتی در یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند، حجم حوزه‌های مغناطیسی فلز A به سختی تغییر می‌کند و پس از حذف میدان خارجی به حالت اول برنمی‌گردد، ولی در فلز B حجم حوزه‌ها به سهولت تغییر می‌کند و پس از حذف میدان خارجی به حالت اول برمی‌گردد. A و B به ترتیب کدام‌اند؟ (ریاضی ۹۷)

۱) پارامغناطیس و فرومغناطیس سخت
۲) فرومغناطیس نرم و پارامغناطیس
۳) فرومغناطیس سخت و فرومغناطیس نرم
۴) فرومغناطیس نرم و فرومغناطیس سخت

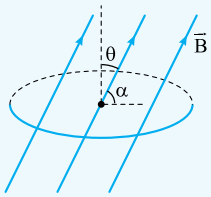
۱۸ شار مغناطیسی

شار مغناطیسی عبوری از پیچه‌ای که در میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:



$\Phi = B\ A\cos\theta$

- B: اندازهٔ میدان مغناطیسی یکنواخت (تسلا: T)
- A: مساحت پیچه (مترمربع: m^2)
- θ: زاویهٔ نیم‌خط عمود بر حلقه با بردار میدان
- Φ: شار مغناطیسی (وبر: Wb)

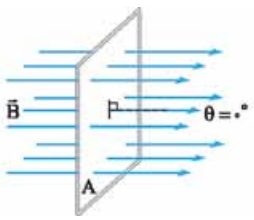
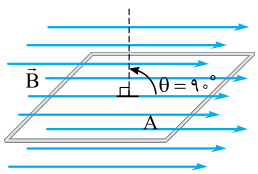


- شار مغناطیسی: کمیت نرده‌ای — $Wb = T.m^2$ (وبر = تسلا × متر مربع)
- در بیشتر تست‌ها، زاویهٔ میدان مغناطیسی با سطح پیچه (α) را می‌دهند. θ متمم α است: $\theta = 90 - \alpha$

نکته شار مغناطیسی عبوری از پیچه نشان‌دهندهٔ تعداد خط‌های میدان مغناطیسی عبوری از پیچه است. هر چه α به 90° (یعنی θ به صفر درجه) نزدیک‌تر باشد، شار مغناطیسی عبوری از پیچه بیشتر می‌شود.

بررسی دو وضعیت مهم

جدول زیر را از چپ به راست بخوانید:

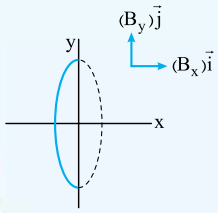
وضعیت عبور خطوط میدان مغناطیسی از پیچه	شار مغناطیسی	زاویهٔ خطوط میدان مغناطیسی با نیم‌خط عمود بر سطح پیچه (θ)	شکل	زاویهٔ خطوط میدان مغناطیسی با سطح پیچه (α)
تعداد خطوط میدان عبوری از پیچه بیشینه است.	بیشینه $\Phi_{max} = BA$	$\theta = 0 \Rightarrow \cos\theta = 1$		خطوط میدان مغناطیسی عمود بر سطح پیچه ($\alpha = 90^\circ$)
هیچ خط میدانی از پیچه عبور نمی‌کند.	صفر	$\theta = 90^\circ \Rightarrow \cos\theta = 0$		خطوط میدان مغناطیسی موازی سطح پیچه ($\alpha = 0$)

وقتی میدان مغناطیسی برحسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ است

در بعضی تست‌ها میدان مغناطیسی را به صورت $\vec{B} = (B_x)\vec{i} + (B_y)\vec{j}$ می‌دهند. در این تست‌ها، مؤلفه‌ای از میدان که موازی سطح پیچه است ($(B_x)\vec{i}$ یا $(B_y)\vec{j}$) باعث عبور شار از پیچه نمی‌شود و شار عبوری از پیچه تنها ناشی از مؤلفهٔ عمود بر سطح پیچه است که از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

$\Phi = B_\perp A$

- $B_\perp$: اندازهٔ مؤلفه‌ای از میدان که بر سطح پیچه عمود است. (تسلا: T)
- A: مساحت پیچه (متر مربع: m^2)
- Φ: شار مغناطیسی (وبر: Wb)



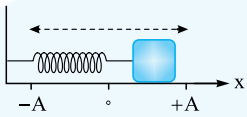
مثلاً در شکل مقابل، سطح حلقه عمود بر محور x و موازی محور y است؛ بنابراین $(B_y)\vec{j}$ باعث عبور شار از پیچه نمی‌شود. $(B_x)\vec{i}$ هم بر سطح حلقه عمود است، پس کل شار عبوری از حلقه برابر است با:

$\Phi = B_\perp A \xrightarrow{\text{این‌جا: } B_\perp = B_x} \Phi = B_x A$

فصل ۱۰ نوسان و امواج

حجیم‌ترین فصل کنکور! در این فصل موضوع‌های متنوعی مطرح شده که بدترین ویژگی همهٔ آن‌ها، فرار بودنشان است. پس حتماً این فصل را چند بار مرور کنید. بدون شک مطالعهٔ کادرها و حل تست‌هایی که برایتان آماده کردیم، کارتان را راه می‌اندازد. این فصل ۵ تست در کنکور دارد که برایش ۳۹ کادر و ۱۳۲ تست و ۱ آزمون در نظر گرفتیم.

۱ ویژگی‌های حرکت هماهنگ ساده



در شکل مقابل جسم متصل به فنر روی سطح افقی بدون اصطکاک و حول مبدأ مکان در حال نوسان‌کردن است. در این حرکت چند کمیت زیر را باید بشناسید:

دامنه (A): حداکثر فاصلهٔ نوسانگر از مبدأ (نقطهٔ تعادل)

دورهٔ تناوب (T): مدت‌زمان طی یک نوسان (سیکل یا چرخه)

بسامد (f): تعداد نوسان‌های انجام‌شده در هر ثانیه

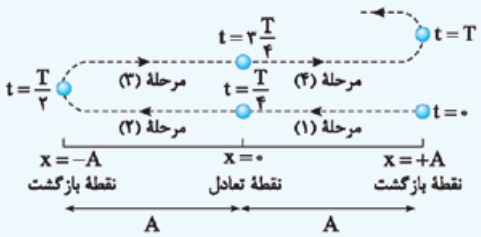
اگر نوسانگر در مدت t، n نوسان انجام دهد، داریم:

بسامد (هرتز: Hz)

$$T=\frac{t}{n}\ ,\ f=\frac{n}{t}\ ,\ f=\frac{1}{T}$$

دوره (ثانیه: s)

نوسانگر هماهنگ ساده در یک نوسان کامل (از $t=0$ تا $t=T$) مسیر شکل مقابل را طی می‌کند. با توجه به این شکل:



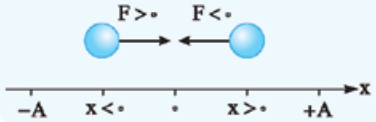
- طول پاره‌خط نوسان، دو برابر دامنه $(2A)$ است.
- مسافت طی‌شده توسط نوسانگر در هر دوره، چهار برابر دامنه $(4A)$ است.
- هر نوسان کامل از ۴ مرحله تشکیل شده که اندازهٔ جابه‌جایی در هر مرحله برابر A و مدت هر مرحله برابر $\frac{T}{4}$ است.

دربارهٔ نحوهٔ تغییر کمیت‌های مختلف مربوط به نوسانگر ساده در طی نوسان آن، جدول زیر را به خاطر می‌سپاریم:

	خانوادهٔ مکان (مکان، شتاب، نیرو، انرژی پتانسیل)	خانوادهٔ سرعت (سرعت، تکانه، انرژی جنبشی)
با دورشدن نوسانگر از نقطهٔ تعادل	افزایش می‌یابند.	کاهش می‌یابند.
با نزدیک‌شدن نوسانگر به نقطهٔ تعادل	کاهش می‌یابند.	افزایش می‌یابند.
در کدام نقطه از مسیر صفر هستند؟	نقطهٔ تعادل $(x=0)$	نقاط بازگشت $(x=\pm A)$
در کدام نقطه از مسیر بیشینه هستند؟	نقاط بازگشت $(x=\pm A)$	نقطهٔ تعادل $(x=0)$

نکته در بازه‌ای که نوسانگر در حال نزدیک‌شدن به نقطهٔ تعادل است، حرکت آن تندشونده و در بازه‌ای که نوسانگر در حال دورشدن از نقطهٔ تعادل است، حرکت آن کندشونده است.

نکته نیروی خالص وارد بر نوسانگر همواره به سمت نقطهٔ تعادل است. علامت نیرو و شتاب نوسانگر همیشه یکسان و در هر لحظه، مخالف علامت مکان آن است.



۵۰۸- در حرکت هماهنگ ساده، در کدام‌یک از موارد زیر، مکان نوسانگر الزاماً منفی است؟ (تجربی ۹۵)

۱) سرعت مثبت باشد. ۲) شتاب مثبت باشد. ۳) سرعت منفی باشد. ۴) شتاب منفی باشد.

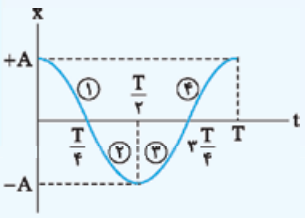
۵۰۹- در حرکت هماهنگ ساده، در بازه‌ای که نوسانگر در حال دورشدن از نقطهٔ تعادل خود است، اندازهٔ کدام‌یک از کمیت‌های زیر کاهش می‌یابد؟

الف) تکانه **ب) انرژی جنبشی** **پ) نیروی خالص** **ت) انرژی پتانسیل**

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

۲ معادله و نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده

معادلهٔ مکان ـ زمان و نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده به این صورت است:



$$x = A\cos(\omega t)$$

(m: متر) دامنه — (s: ثانیه) زمان — (m: متر) مکان — بسامد زاویه‌ای (rad/s: رادیان بر ثانیه)

در رابطهٔ بالا دربارهٔ ω بدانید که:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad , \quad \omega = 2\pi f$$

نکته ۴ مرحلهٔ نوسان کامل را در نمودار بالا هم می‌بینید.

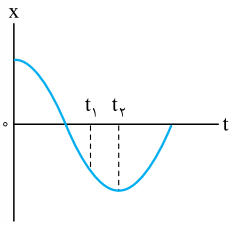
۵۱۰- نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در هر دقیقه ۲۴۰ بار طول پاره‌خط نوسان را طی می‌کند. اگر مسافت طی‌شده توسط نوسانگر در دورهٔ تناوب آن ۲۰ cm باشد، معادلهٔ مکان ـ زمان نوسانگر در SI کدام است؟

۱) $x = 0/1\cos(8\pi t)$ ۲) $x = 0/1\cos(4\pi t)$ ۳) $x = 0/05\cos(8\pi t)$ ۴) $x = 0/05\cos(4\pi t)$

۵۱۱- معادلهٔ مکان ـ زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $x = 0/1\cos(20\pi t)$ است. پس از مبدأ زمان در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه، تندی نوسانگر برای دومین مرتبه بیشینه می‌شود؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $\frac{1}{40}$ ۲) $\frac{1}{80}$ ۳) $\frac{3}{40}$ ۴) $\frac{3}{80}$

۵۱۲- نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای به شکل مقابل است. در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 نیروی خالص وارد بر نوسانگر در چه جهتی است و اندازهٔ آن چگونه تغییر می‌کند؟ (برگرفته از کتاب درسی)



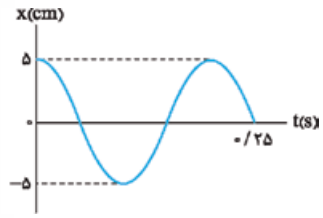
۱) در جهت محور x، افزایش می‌یابد.

۲) در جهت محور x، کاهش می‌یابد.

۳) در خلاف جهت محور x، افزایش می‌یابد.

۴) در خلاف جهت محور x، کاهش می‌یابد.

۵۱۳- نمودار مکان ـ زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای به شکل مقابل است. تندی متوسط نوسانگر در هر نوسان کامل آن چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۰/۵

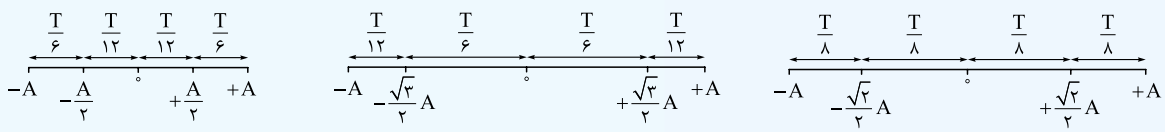
۲) ۱

۳) ۲

۴) ۴

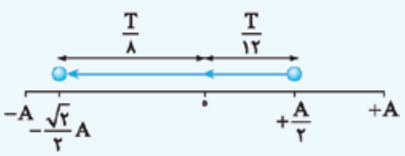
۳ تکنیک الگوهای زمانی

در بیشتر تست‌های حرکت هماهنگ ساده با مکان‌های خاصی برحسب دامنهٔ نوسانگر سروکار داریم. بهتر است زمان لازم برای جابه‌جایی نوسانگر بین این مکان‌ها را برحسب دورهٔ تناوب به خاطر بسپاریم. شکل‌های زیر را ببینید:



برای استفاده از این تکنیک، ابتدا مشخص می‌کنیم که مکان هر نوسانگر در هر نقطه چه کسری از دامنه است و سپس زمان لازم برای جابه‌جایی بین این مکان‌ها را برحسب دورهٔ تناوب مشخص می‌کنیم.

مثال اگر در یک حرکت هماهنگ ساده داشته باشیم $T = 0/4\ s$ و $A = 10\ cm$، برای محاسبهٔ حداقل زمان لازم برای این‌که نوسانگر از مکان $x_1 = 5\ cm$ به مکان $x_2 = -5\sqrt{2}\ cm$ برسد، ابتدا x_1 و x_2 را برحسب دامنه (A) تعیین می‌کنیم. واضح است که $x_1 = +\frac{A}{2}$ و $x_2 = -\frac{\sqrt{2}}{2}A$. سپس مسیر مناسب برای این حرکت را رسم می‌کنیم (شکل زیر). حالا با توجه به الگوهای زمانی داریم:



$$\Delta t = \frac{T}{12} + \frac{T}{8} = \frac{5T}{24} = \frac{5}{24} \times 0/4 = \frac{1}{12}\ s$$

۵۱۴- متحرکی روی پاره‌خط AB حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر $AC = CO = OD = DB$ باشد و متحرک فاصلهٔ CD را در t_1 ثانیه و فاصلهٔ DB را در t_2 ثانیه طی کند، نسبت $\frac{t_1}{t_2}$ کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۶)

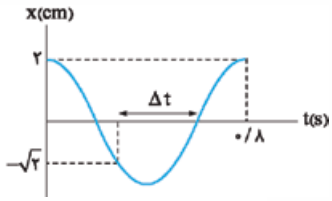
B D O C A

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

۵۱۵- x و A به ترتیب مکان و دامنهٔ یک نوسانگر ساده است. در لحظهٔ t_1، $x = \frac{\sqrt{۳}}{۲}A$ می‌باشد و جهت حرکت نوسانگر در آن لحظه به سمت مرکز نوسان است. اگر یک ثانیهٔ بعد نوسانگر دوباره به همان مکان برسد، دورهٔ این نوسانگر چند ثانیه است؟ (ریاضی خارج ۹۲)

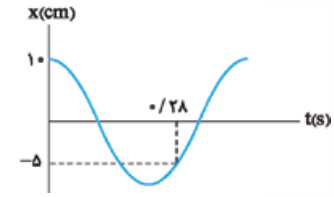
۱) ۱/۲ ۲) ۱/۶ ۳) ۲/۴ ۴) ۳/۶

۵۱۶- نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ سادهٔ نوسانگری به شکل مقابل است. Δt چند ثانیه است؟



۱) $\frac{۱}{۵}$ ۲) $\frac{۳}{۱۰}$ ۳) $\frac{۷}{۳۰}$ ۴) $\frac{۸}{۳۰}$

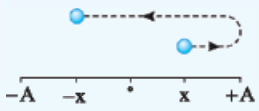
۵۱۷- نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای به شکل مقابل است. بسامد این نوسانگر چند هرتز است؟



۱) $\frac{۱۲}{۲۵}$ ۲) $\frac{۲۵}{۱۲}$ ۳) $\frac{۲۱}{۵۰}$ ۴) $\frac{۵۰}{۲۱}$

۴ نیم‌نوسان، یک مسیر پرتکرار

اگر دورهٔ تناوب نوسانگر هماهنگ ساده‌ای T باشد، در مدت $\frac{T}{۲}$ نوسانگر مسیری به شکل زیر طی می‌کند.



با توجه به این مسیر، در مدت $\frac{T}{۲}$:

- نوسانگر از مکان x به مکان $-x$ می‌رسد.
- مسافت طی‌شده توسط نوسانگر برابر ۲A است.

بنابراین هرگاه در تستی دیدید که مدت بازهٔ زمانی برابر $\frac{T}{۲}$ است یا در طی مسیر، مکان متحرک قرینه شده است، لطفاً یاد این کادر بیفتید.

نکته در بازه‌هایی به مدت $\frac{T}{۲}$، ۳$\frac{T}{۲}$، ۵$\frac{T}{۲}$، ۷$\frac{T}{۲}$ و ... نیز نوسانگر ابتدا یک یا چند نوسان کامل انجام می‌دهد و سپس در مدت $\frac{T}{۲}$ باقی‌مانده، مسیری شبیه مسیر شکل بالا را طی می‌کند.

۵۱۸- جرمی متصل به فنر با بسامد ۵Hz روی پاره‌خطی به طول ۸ cm در سطح افقی بدون اصطکاک حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. نوسانگر در لحظهٔ t_1 از یک سانتی‌متری نقطهٔ تعادل (مرکز نوسان) عبور می‌کند و حرکتش در این لحظه کندشونده است. از لحظهٔ t_1 حداقل چند ثانیه طول می‌کشد تا نوسانگر از یک سانتی‌متری طرف دیگر نقطهٔ تعادل عبور کند؟ (تجربی خارج ۹۹)

۱) $\frac{۱}{۴۰}$ ۲) $\frac{۱}{۲۰}$ ۳) $\frac{۱}{۱۰}$ ۴) $\frac{۱}{۵}$

۵۱۹- نوسانگری روی محور x حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و مبدأ مختصات نقطهٔ تعادل (مرکز نوسان) است. اگر دامنهٔ حرکت نوسانگر ۲ cm و بسامد حرکتش $\frac{۱}{۴}$ Hz باشد، بزرگی سرعت متوسط نوسانگر در کم‌ترین بازهٔ زمانی که از مکان $+\sqrt{۲}$ cm در جهت محور x عبور می‌کند و سپس به مکان $-\sqrt{۲}$ cm می‌رسد، چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (تجربی ۹۹)

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

۵۲۰- معادلهٔ حرکت نوسانگری در SI به صورت $x = ۰/۰۴\cos ۴\pi t$ است. مسافتی که نوسانگر در بازه $t_1 = ۰/۱\,s$ تا $t_2 = ۱/۳۵\,s$ طی می‌کند، چند متر است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۱)

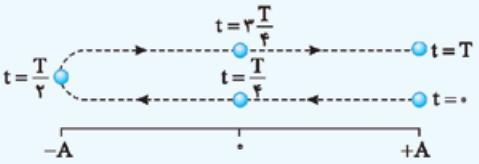
۱) $\frac{۱}{۵}$ ۲) $\frac{۲}{۵}$ ۳) $\frac{۳}{۵}$ ۴) $\frac{۴}{۵}$

۵۲۱- معادلهٔ حرکت نوسانگری در SI به صورت $x = ۰/۰۲\cos\frac{\pi}{۲}t$ است. تندی متوسط نوسانگر در بازهٔ زمانی $t_1 = \frac{۱}{۱۲}\,s$ تا $t_2 = \frac{۲۵}{۱۲}\,s$، چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

۵ پیشروی مرحله به مرحله

در حرکت هماهنگ ساده، هر نوسان کامل که از نقطهٔ بازگشت شروع می‌شود، از ۴ مرحله تشکیل شده است و زمان طی هر مرحله $\frac{T}{4}$ است (T: دورهٔ تناوب). در بعضی از تست‌ها که با یک بازهٔ زمانی سروکار داریم، بهتر است مرحله‌به‌مرحله مسیر حرکت نوسانگر را دنبال کرده و به خواستهٔ مسئله برسیم. به طور کلی اگر در مسئله‌ای دیدید که تکنیک‌های قبلی کارتان را راه نمی‌اندازد، به مرحله‌به‌مرحله پیشروی‌کردن فکر کنید.



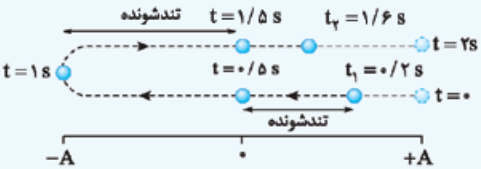
نمونهٔ زیر را ببینید:

معادلهٔ مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $x = ۰/۲\cos(\pi t)$ است. در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۰/۲\ s$ تا $t_۲ = ۱/۶\ s$ حرکت نوسانگر چند ثانیه تندشونده است؟

ابتدا دورهٔ حرکت را به دست می‌آوریم:

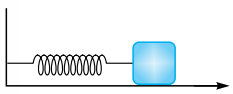
$$\frac{۲\pi}{T} = \pi \Rightarrow T = ۲\ s$$

حالا از لحظهٔ $t = ۰$، مرحله‌به‌مرحله، یعنی $\frac{T}{4}$ به $\frac{T}{4}$ $(\frac{T}{4} = \frac{۲}{4} = ۰/۵\ s)$ پیشروی کرده، مسیر حرکت نوسانگر را رسم کرده و لحظه‌های $t_۱ = ۰/۲\ s$ و $t_۲ = ۱/۶\ s$ را در طی آن مشخص می‌کنیم.



در شکل بالا، در لحظه‌هایی که متحرک به نقطهٔ تعادل نزدیک می‌شود، حرکت آن تندشونده است؛ یعنی در بازه‌های زمانی $(۰/۲\ s, ۰/۵\ s)$ و $(۱\ s, ۱/۵\ s)$ که در مجموع می‌شود: $\Delta t = ۰/۳ + ۰/۵ = ۰/۸\ s$

۵۲۲- در شکل مقابل جسم متصل به فنر روی سطح افقی بدون اصطکاکی قرار دارد. جسم را مقداری به سمت راست جابه‌جا کرده و در مبدأ زمان رها می‌کنیم تا با بسامد ۲/۵ Hz شروع به نوسان کند. در نیم ثانیهٔ اول، چند ثانیه جسم در حال نزدیک‌شدن به نقطهٔ تعادل خود است؟



۱) ۰/۲ ۲) ۰/۲۵ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۱۵

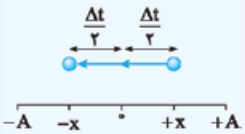
۵۲۳- در حرکت هماهنگ سامانهٔ جرم ـ فنر، معادلهٔ حرکت در SI به صورت $x = ۰/۰۴\cos\frac{\pi}{۲}t$ است. در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۰/۵\ s$ تا $t_۲ = ۵\ s$، چند ثانیه بردار شتاب و سرعت هم‌زمان در جهت محور x هستند؟ (تجربی خارج ۱۴۰۱، مشابه ریاضی نوبت اول ۱۴۰۲)

۱) ۱ ۲) ۱/۵ ۳) ۲ ۴) ۲/۵

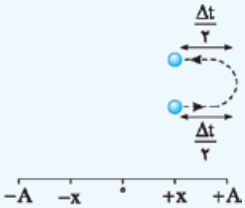
۶ بیشترین و کم‌ترین مسافت طی‌شده

در بعضی از تست‌ها، یک بازهٔ زمانی به ما می‌دهند و بیشترین و کم‌ترین مسافت طی‌شدهٔ ممکن در این بازه را از ما می‌خواهند. این تست‌ها را به دو دسته تقسیم می‌کنیم.

الف اگر بیشترین مسافت طی‌شده را خواسته بود، بازهٔ داده‌شده را به دو قسمت مساوی تقسیم کرده و به شکل مقابل نیمی از آن را قبل از نقطهٔ تعادل و نیمی از آن را بعد از نقطهٔ تعادل در نظر می‌گیریم.



ب اگر کم‌ترین مسافت طی‌شده را خواسته بود، بازهٔ داده‌شده را به دو قسمت مساوی تقسیم کرده و به شکل روبه‌رو نیمی از آن را قبل از نقطهٔ بازگشت و نیمی از آن را بعد از نقطهٔ بازگشت در نظر می‌گیریم.



۵۲۴- ذره‌ای روی پاره‌خطی به طول ۸ سانتی‌متر حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. این ذره در یک بازهٔ زمانی دلخواه $\frac{۱}{۴}$ دوره، بیشترین جابه‌جایی که ممکن است داشته باشد، چند سانتی‌متر است؟ (تجربی خارج ۹۷)

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

۵۲۵- در یک حرکت هماهنگ ساده، در مدت دلخواه $\frac{۱}{۴}$ دوره، کم‌ترین مسافتی که نوسانگر طی می‌کند چند برابر دامنه است؟ $(\sqrt{۲} = ۱/۴)$

۱) ۰/۳ ۲) ۰/۶ ۳) ۰/۷ ۴) ۱/۴

۵۲۶- در یک حرکت هماهنگ ساده، حداقل زمان لازم برای آن‌که نوسانگر به اندازهٔ دامنهٔ نوسان جابه‌جا شود، چند برابر دورهٔ تناوب نوسان است؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۶}$ ۳) $\frac{۱}{۸}$ ۴) $\frac{۱}{۱۲}$

۷ بسامد زاویه‌ای سامانهٔ جرم ـ فنر

اگر جسمی به جرم m به فنری به ثابت k متصل و در حال نوسان باشد، بسامد زاویه‌ای و دورهٔ تناوب نوسانگر از رابطه‌های مقابل به دست می‌آید:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

دورهٔ تناوب (ثانیه: s)

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

بسامد زاویه‌ای (رادیان بر ثانیه: rad / s)
ثابت فنر (نیوتون بر متر: N / m)
جرم جسم (کیلوگرم: kg)

نکته رابطهٔ بالا نشان می‌دهد که بسامد زاویه‌ای، بسامد و دورهٔ تناوب یک سامانهٔ جرم ـ فنر فقط به مشخصات ساختمانی سامانه، یعنی جرم جسم و ویژگی‌های فنر بستگی دارد و وابسته به دامنه نیست.

۵۲۷- جسمی به جرم $400\,g$ به فنری با ثابت $k = 360\,N/m$ بسته شده است و روی سطح افقی بدون اصطکاکی حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. این جسم در مدت یک ثانیه چند نوسان انجام می‌دهد؟ $(\pi = 3)$ (ریاضی خارج ۹۸)

۱) ۵ ۲) ۱۵ ۳) ۳۰ ۴) ۶۰

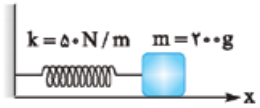
۵۲۸- وزنه‌ای به جرم $200\,g$ به انتهای فنری که ثابت آن $k = 200\,N/m$ است، بسته شده و روی سطح افقی با دامنهٔ $4\,cm$ حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. مسافتی که نوسانگر در مدت $1/0\,s$ طی می‌کند، چند سانتی‌متر است؟ $(\pi^2 = 10)$ (ریاضی خارج ۱۴۰۰)

۱) ۱۶ ۲) ۱۲ ۳) ۸ ۴) ۴

۵۲۹- جسمی به جرم m به فنری به ثابت k متصل است و با دورهٔ $0/1\pi$ ثانیه نوسان می‌کند. اگر جرم جسم $190\,g$ کاهش یابد، با دورهٔ $0/09\pi$ ثانیه نوسان می‌کند. k چند نیوتون بر سانتی‌متر است؟ (ریاضی ۹۹)

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۲۰ ۴) ۴۰

۵۳۰- در شکل مقابل، اصطکاک سطح افقی ناچیز است. وزنه را $3\,cm$ از حالت تعادل در جهت محور x کشیده و رها می‌کنیم تا حرکت هماهنگ ساده انجام دهد. در نیم ثانیهٔ اول، مسافتی که نوسانگر می‌پیماید، چند برابر بزرگی جابه‌جایی آن است؟ $(\pi = \sqrt{10})$ (ریاضی ۱۴۰۱)



۱) ۵ ۲) ۳ ۳) ۲/۵ ۴) ۱/۵

۸ شتاب و نیروی خالص در حرکت هماهنگ ساده

در حرکت هماهنگ ساده، رابطهٔ شتاب نوسانگر و نیروی خالص وارد بر آن با مکان نوسانگر به این صورت است:

$$F = -m\omega^2 x$$

نیروی خالص (نیوتون: N)
جرم نوسانگر (کیلوگرم: kg)

$$a = -\omega^2 x$$

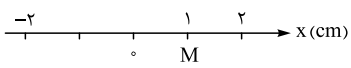
شتاب (متر بر مربع ثانیه: m/s^2)
مکان (متر: m)
بسامد زاویه‌ای (رادیان بر ثانیه: rad/s)

نکته از رابطه‌های بالا می‌توانیم نتیجه بگیریم که اگر دامنهٔ نوسانِ نوسانگر A باشد، اندازهٔ شتاب بیشینه و نیروی بیشینهٔ وارد بر نوسانگر از رابطه‌های مقابل به دست می‌آیند:

$$a_{max} = \omega^2 A \quad , \quad F_{max} = m\omega^2 A$$

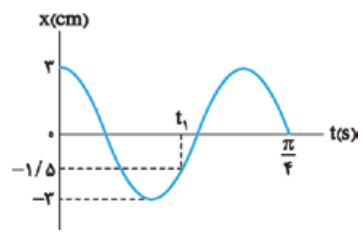
قبلاً دیدیم که اندازهٔ شتاب و اندازهٔ نیروی خالص وارد بر نوسانگر در نقطه‌های بازگشت (دو سر پاره‌خط نوسان، مکان‌های $x = \pm A$) بیشینه است.

۵۳۱- نوسانگری به جرم $2\,kg$ به انتهای فنری به ثابت k متصل است و مطابق شکل زیر روی سطح افقی بدون اصطکاک با دامنهٔ $2\,cm$ نوسان می‌کند. اگر بزرگی شتاب نوسانگر در نقطهٔ M، $4\,m/s^2$ باشد، k چند نیوتون بر متر است؟ (ریاضی خارج ۹۹)



۱) ۸۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۸۰ ۴) ۴۰

۵۳۲- نمودار مکان ـ زمان نوسانگری به جرم ۲۰۰ گرم مطابق شکل مقابل است. اندازهٔ نیروی خالص وارد بر نوسانگر در لحظهٔ t_1 چند نیوتون است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۰)



۱) ۰/۲
۲) ۰/۳
۳) $0/2\sqrt{3}$
۴) $0/3\sqrt{2}$

۵۳۳- گلوله‌ای که به فنری متصل است، در یک سطح افقی بدون اصطکاک، بین دو نقطهٔ M و N نوسان می‌کند و در هر $4\,s$ و $0/2$ نوسان کامل انجام می‌دهد. اگر بیشینهٔ بزرگی شتاب نوسان $20\,m/s^2$ باشد، فاصلهٔ MN چند سانتی‌متر است؟ $(\pi^2 = 10)$ (تجربی خارج ۹۵)

۱) ۲ ۲) $2\sqrt{10}$ ۳) ۴ ۴) $4\sqrt{10}$

۵۳۴- نوسانگر هماهنگ ساده‌ای به جرم $20\,g$، در هر دقیقه ۱۲۰ نوسان کامل انجام می‌دهد. اگر نوسانگر در هر دوره مسافت $16\,cm$ را طی کند، بیشینهٔ بزرگی نیروی وارد بر نوسانگر چند نیوتون است؟ $(\pi^2 = 10)$

۱) ۰/۶۴ ۲) ۰/۱۲۸ ۳) ۰/۲۵۶ ۴) ۰/۵۱۲

۹ انرژی مکانیکی نوسانگر هماهنگ ساده

برای انرژی مکانیکی نوسانگر هماهنگ ساده (مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل کشسانی)، چهار فرمول زیر را باید بلد باشید:

$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$ (انرژی مکانیکی: ژول J ، بسامد زاویه‌ای: رادیان بر ثانیه rad/s ، جرم: کیلوگرم kg ، دامنه: متر m)

$E = 2\pi^2 m A^2 f^2$ (بسامد: هرتز Hz)

$E = \frac{1}{2} k A^2$ (ثابت فنر: نیوتون بر متر N/m)

$E = \frac{1}{2} m v_{max}^2$ (تندی بیشینه: متر بر ثانیه m/s)

چندنکته

۱) بیشینهٔ انرژی جنبشی نوسانگر، یعنی انرژی جنبشی آن در نقطهٔ تعادل (مرکز نوسان) برابر با انرژی مکانیکی نوسانگر است و بیشینهٔ انرژی پتانسیل نوسانگر، یعنی انرژی پتانسیل آن در نقاط بازگشت نیز برابر با انرژی مکانیکی نوسانگر است. یعنی: $K_{max} = E \ , \ U_{max} = E$

۲) تندی نوسانگر در مرکز نوسان بیشینه است.

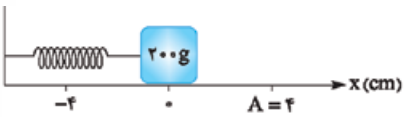
۵۳۵- نوسانگری به جرم ۱۰۰ g، روی پاره‌خطی به طول ۲۰ cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و در مدت $\frac{1}{4}$ s از مرکز نوسان به انتهای مسیر می‌رسد. انرژی جنبشی نوسانگر در مرکز نوسان چند میلی‌ژول است؟ $(\pi^2 = 10)$ (تجربی ۹۵)

۱) ۲ ۲) ۸ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۵۳۶- جسمی به جرم ۱۰۰ g روی پاره‌خطی به طول ۴ cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر بیشینهٔ تکانهٔ نوسانگر در SI، $2 \times 10^{-3} \pi$ باشد، انرژی مکانیکی نوسانگر چند میکروژول است؟ (تجربی نوبت اول ۱۴۰۲)

۱) $20\pi^2$ ۲) $10\pi^2$ ۳) $2\pi^2$ ۴) π^2

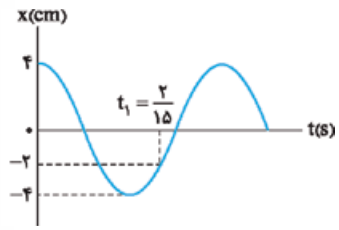
۵۳۷- مطابق شکل مقابل، نوسانگری روی محور x حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر حداقل زمانی که طول می‌کشد تا نوسانگر از مکان $x_1 = 1$ cm در جهت مثبت محور x عبور کند و به مکان $x_2 = -1$ cm برسد، برابر ۲ ثانیه باشد، انرژی مکانیکی نوسانگر چند میلی‌ژول است؟ $(\pi^2 = 10)$



(تجربی ۱۴۰۰)

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۴ ۴) ۰/۸

۵۳۸- نمودار مکان ـ زمان نوسانگری به جرم ۵۰ گرم مطابق شکل زیر است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟ $(\pi^2 = 10)$ (ریاضی ۱۴۰۰)



۱) $\frac{1}{250}$
۲) $\frac{1}{25}$
۳) $\frac{2}{5}$
۴) $\frac{1}{50}$

۱۰ انرژی مکانیکی: مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل

نوسانگر هماهنگ ساده، انرژی جنبشی (K) و انرژی پتانسیل (U) دارد که انرژی مکانیکی آن (E) برابر با مجموع این دو انرژی است. یعنی:

$E = U + K$

در بعضی از تست‌ها با انرژی جنبشی یا پتانسیل نوسانگر در یک لحظهٔ معین سروکار داریم. برای حل این تست‌ها رابطهٔ بالا به کارتان می‌آید.

نکته در لحظه‌ای که انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر هماهنگ ساده با هم برابرند، تندی آن $\frac{\sqrt{2}}{2}$ برابر تندی بیشینه‌اش است.

$U = K \Leftrightarrow v = \frac{\sqrt{2}}{2} v_{max}$

۵۳۹- نوسانگری به جرم ۱۰۰ g روی سطح افقی بدون اصطکاک، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر دامنهٔ حرکت ۲ cm، انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگر در یک لحظه به ترتیب ۵ mJ و ۱۵ mJ باشد، بسامد نوسان چند هرتز است؟ $(\pi^2 = 10)$ (تجربی خارج ۱۴۰۱، مشابه کنکور مجدد ریاضی ۱۴۰۱)

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۵۴۰- دامنهٔ نوسان وزنه‌ای به جرم ۱ kg که به یک فنر با ثابت ۵ N/cm متصل است، ۴ cm است و روی سطح افقی نوسان می‌کند. اگر انرژی پتانسیل کشسانی این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر ۰/۲ J باشد، بزرگی سرعت نوسانگر در این لحظه چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (از نیروهای اتلافی صرف نظر شود.) (ریاضی ۹۹، مشابه تجربی ۹۹)

۱) $20\sqrt{10}$ ۲) $40\sqrt{10}$ ۳) $20\sqrt{5}$ ۴) $40\sqrt{5}$

۵۴۱- نوسانگری به جرم ۲۰۰ g روی پاره‌خطی به طول ۴ cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و در هر دقیقه ۱۵۰ نوسان کامل انجام می‌دهد. در لحظه‌ای که بزرگی سرعت نوسانگر $5\sqrt{2}\pi$ cm/s است، انرژی پتانسیل آن چند میلی‌ژول است؟ $(\pi^2 = 10)$ (ریاضی خارج ۹۹)

۱) ۲/۵ ۲) ۵ ۳) ۷ ۴) ۱۰

۵۴۲- نوسانگری به جرم ۱۰۰ g به انتهای فنری که ثابت آن ۴۰ N / m است، بسته شده است و روی سطح افقی بدون اصطکاک، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر انرژی مکانیکی نوسانگر ۸ mJ باشد، لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر برابر انرژی پتانسیل کشسانی آن است، بزرگی سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۹۸)

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

۵۴۳- جسمی به جرم m به فنری با ثابت ۵ N / cm متصل است. فنر را به اندازهٔ ۴ cm می‌کشیم و سپس رها می‌کنیم و جسم روی سطح افقی بدون اصطکاکی شروع به نوسان می‌کند. لحظه‌ای که تندی نوسانگر به $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ تندی بیشینه می‌رسد، انرژی مکانیکی آن چند ژول از انرژی جنبشی آن بیشتر است؟ (ریاضی ۱۴۰۱)

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴

۱۱ تندی بیشینهٔ نوسانگر هماهنگ ساده

می‌دانیم که تندی نوسانگر هماهنگ ساده هنگام عبور از نقطهٔ تعادل (مرکز نوسان) بیشینه است. تندی نوسانگر در این لحظه از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

این را هم بدانید که در تست‌های این کادر با نکات مطرح‌شده در کادرهای قبلی هم سروکار داریم.

تندی بیشینه (متر بر ثانیه: m/s) ↑

$v_{max} = A\omega$

بسامد زاویه‌ای (رادیان بر ثانیه: rad/s) ←

دامنه (متر: m) ↓

۵۴۴- نوسانگر ساده‌ای روی پاره‌خطی به طول ۴ سانتی‌متر نوسان می‌کند و در هر ثانیه یک بار طول این پاره‌خط را طی می‌کند. بیشینهٔ سرعت این نوسانگر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (تجربی ۹۸)

۱) $۰/۰۲\pi$ ۲) $۰/۰۴\pi$ ۳) ۲π ۴) ۴π

۵۴۵- دامنهٔ حرکت نوسانگری ۵ cm و دورهٔ تناوب حرکتش $\frac{۱}{۱۰}$ s است. لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر برابر انرژی پتانسیل آن است، سرعت نوسانگر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (تجربی خارج ۹۸)

۱) ۱۰۰π ۲) ۵۰π ۳) $۲۵\pi\sqrt{۳}$ ۴) $۵۰\pi\sqrt{۲}$

۵۴۶- نوسانگری روی پاره‌خطی به طول ۸ cm روی سطح افقی بدون اصطکاک، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر در لحظه‌ای که فاصلهٔ نوسانگر از نقطهٔ تعادل برابر ۲ cm است، بزرگی شتاب برابر $\frac{\pi^۲}{۲}$ m / s^۲ باشد، تندی نوسانگر در لحظهٔ عبور از نقطهٔ تعادل چند متر بر ثانیه است؟ (تجربی نوبت اول ۱۴۰۲)

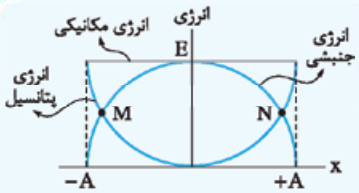
۱) $\frac{\pi}{۱۰}$ ۲) $\frac{\pi}{۵}$ ۳) ۱۰π ۴) ۲۰π

۵۴۷- نوسانگری روی سطح افقی بدون اصطکاک نوسان می‌کند. لحظه‌ای که جهت حرکت نوسانگر تغییر می‌کند، بزرگی شتاب آن $۰/۸\pi^۲$ m / s^۲ و لحظه‌ای که نیروی وارد بر نوسانگر صفر می‌شود، بزرگی سرعت آن به $۰/۲\pi$ m / s می‌رسد. بزرگی شتاب نوسانگر در مکان $x = ۱$ cm، چند متر بر مربع ثانیه است؟ (ریاضی خارج ۹۹، مشابه تجربی ۹۷)

۱) $۰/۱۶\pi^۲$ ۲) $۰/۳۶\pi^۲$ ۳) ۵π ۴) ۵۰π

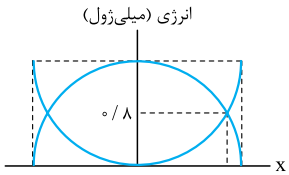
۱۲ نمودار انرژی نوسانگر برحسب مکان

نمودار انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل و انرژی مکانیکی نوسانگر هماهنگ ساده به شکل مقابل است. معمولاً برای حل تست‌های نموداری مربوط به انرژی نوسانگر باید از اعداد داده‌شده در نمودار به خوبی استفاده کرد.



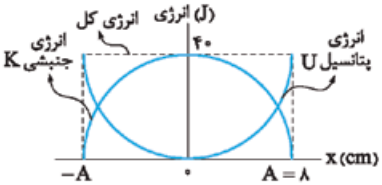
نکته در نمودار شکل بالا، در نقاط M و N، انرژی‌های جنبشی و پتانسیل نوسانگر یکسان (و برابر با نصف انرژی مکانیکی) و در نتیجه $v = \frac{\sqrt{۲}}{۲} v_{max}$ است.

۵۴۸- نمودار انرژی ـ مکان جسم متصل به یک فنر که روی محور x و حول مبدأ نوسان می‌کند، به شکل زیر است. اگر ثابت فنر ۵ N / cm باشد، مسافت طی‌شده توسط این جسم در هر دورهٔ تناوب چند سانتی‌متر است؟



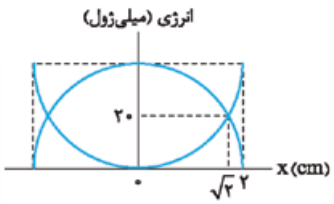
۱) ۸
۲) ۱۶
۳) ۳۲
۴) ۶۴

۵۴۹- نمودار تغییرات انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی یک نوسان‌کننده به جرم ۵۰۰ گرم که در راستای محور x حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، به صورت شکل مقابل است. بسامد نوسان چند هرتز است؟ ($\pi = \sqrt{۱۰}$) (ریاضی خارج ۹۸)



۱) ۵۰
۲) ۴۰
۳) ۲۵
۴) ۱۰

۵۵۰- شکل مقابل، نمودار تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل سامانهٔ جرم ـ فنری را برحسب مکان نشان می‌دهد. اگر حداقل زمانی‌که طول می‌کشد که انرژی جنبشی نوسانگر از صفر به ۴۰ mJ برسد، برابر ۰/۰۵ s باشد، بزرگی سرعت نوسانگر در لحظهٔ عبور از مکان x = ۰ چند متر بر ثانیه است؟ (تجربی خارج ۹۹)



۱) $\frac{\pi}{۵}$
۲) $\frac{\pi}{۱۰}$
۳) ۲π
۴) ۱۰π

۱۳ آونگ ساده

بسامد زاویه‌ای و دورهٔ تناوب آونگ ساده از رابطه‌های روبه‌رو به دست می‌آید:

دورهٔ تناوب (ثانیه: s) $T = ۲\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

بسامد زاویه‌ای (رادیان بر ثانیه: rad / s) $\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$

شتاب گرانشی (متر بر مربع ثانیه: $m/s^۲$)

طول آونگ (متر: m)

همان‌طور که در رابطهٔ بالا می‌بینید، دورهٔ تناوب آونگ با جذرطول آونگ متناسب است و به سایر عوامل مثل دامنهٔ نوسان و جرم آونگ بستگی ندارد.

نکته اگر به هر دلیلی، دورهٔ تناوب آونگ یک ساعت آونگ‌دار افزایش یابد، ساعت کندتر کار کرده و عقب می‌افتد و اگر دورهٔ تناوب آن کاهش یابد، ساعت تندتر کار کرده و جلو می‌افتد.

۵۵۱- در مکانی که شتاب گرانش برابر $g = \pi^۲\ m/s^۲$ است، طول آونگ ساده‌ای را چند سانتی‌متر انتخاب کنیم تا در هر ثانیه یک نوسان کامل انجام دهد؟ (ریاضی ۱۴۰۱)

۱) ۱۰۰
۲) ۷۵
۳) ۵۰
۴) ۲۵

۵۵۲- آونگ ساده‌ای در مدت ۷۲ ثانیه، ۴۰ نوسان کامل انجام می‌دهد. طول آونگ را چگونه تغییر دهیم تا در همان مکان و در همان مدت ۴۵ نوسان کامل انجام دهد؟ $(g = \pi^۲\ m/s^۲)$ (ریاضی ۹۹)

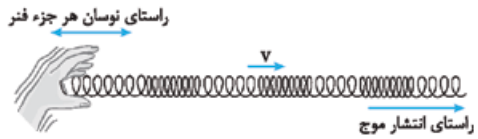
۱) ۹ cm کاهش دهیم.
۲) ۹ cm افزایش دهیم.
۳) ۱۷ cm کاهش دهیم.
۴) ۱۷ cm افزایش دهیم.

۵۵۳- دو آونگ A و B در یک مکان، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهند و در یک لحظه هر دو در انتهای مسیر خود قرار دارند. از آن لحظه، در مدتی که تندی آونگ A، برای اولین بار بیشینه می‌شود، آونگ B، به انتهای دیگر مسیر خود می‌رسد. طول آونگ A، چند برابر طول آونگ B است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۱، مشابه کنکور مجدد ریاضی ۱۴۰۱)

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

۱۴ انواع موج و تندی انتشار موج

به پیشروی آشفتگی در یک محیط، موج می‌گوییم؛ مثل موج مکزیکی استادیوم! موج‌ها براساس ماهیت و شکل ظاهری آن‌ها دسته‌بندی می‌شوند:

انواع موج براساس ماهیت	مکانیکی	برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند.	مثل: موج‌های روی سطح آب، صوت
	الکترومغناطیسی	برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند.	مثل: نور، امواج رادیویی، پرتو فروسرخ و پرتو x
انواع موج براساس شکل ظاهری	عرضی	راستای نوسان هر جزء فنر عمود بر راستای انتشار موج است.	
	طولی	راستای نوسان هر جزء فنر موازی با راستای انتشار موج است.	

نکته امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی با وجود تفاوت‌هایشان، مشخصه‌های یکسانی دارند و رفتار آن‌ها از قواعد یکسانی پیروی می‌کنند.

تندی انتشار موج در یک محیط همگن، موج با تندی ثابتی حرکت می‌کند. اگر تندی انتشار موج در محیطی v باشد، مسافت طی‌شده توسط آن در مدت Δt برابر است با: $\Delta x = v\Delta t$

تندی انتشار موج در یک محیط، فقط به جنس و ویژگی‌های محیط بستگی دارد. دربارهٔ تندی انتشار امواج نکات زیر را باید بدانید:

- تندی انتشار موج سطحی روی آب‌های کم‌عمق، به عمق آب بستگی دارد. هر چه عمق آب بیشتر باشد، تندی انتشار این موج هم بیشتر است.
- تندی انتشار موج عرضی در یک طناب، به مشخصات طناب (جنس، ضخامت و میزان کشش) آن بستگی دارد.
- تندی انتشار امواج مکانیکی طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج مکانیکی عرضی در همان محیط است.
- امواج لرزه‌ای منتشرشده در پوستهٔ کرهٔ زمین دو نوع هستند: الف) امواج P (اولیه) که طولی هستند. ب) امواج S (ثانویه) که عرضی‌اند. تندی انتشار امواج P بیشتر از تندی انتشار امواج S است.

۵۵۴- کدام موج‌ها، برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند؟ (تجربی ۱۴۰۱)

الف) امواج صوتی　　ب) پرتوهای x　　پ) امواج رادیویی　　ت) پرتوهای فروسرخ

۱) الف　　۲) پ　　۳) الف و ب　　۴) ب و پ

۵۵۵- یک دستگاه لرزه‌نگاری از یک زمین‌لرزه، دو موج، یکی طولی و دیگری عرضی به فاصلهٔ زمانی ۵۰ ثانیه ثبت می‌کند. اگر سرعت انتشار این دو موج به ترتیب $8\ km/s$ و $4/8\ km/s$ باشد، زلزله در چند کیلومتری از محل لرزه‌نگار رخ داده است؟ (کنکور مجدد تجربی ۱۴۰۱، برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۱۶۰۰　　۲) ۱۲۰۰　　۳) ۸۰۰　　۴) ۶۰۰

۱۵ تندی انتشار موج عرضی در طناب

تندی انتشار موج عرضی در یک طناب به مشخصات ساختمانی طناب و نیروی کشش آن بستگی دارد و از رابطه‌های مقابل به دست می‌آید:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F\ell}{m}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{F}{\rho\pi}}$$

v: تندی انتشار موج (متر بر ثانیه: m/s)
F: نیروی کشش طناب (نیوتون: N)
μ: جرم طناب (کیلوگرم: kg)
ℓ: طول طناب (متر: m)
m: جرم طناب (کیلوگرم: kg)
ρ: چگالی طناب (کیلوگرم بر مترمکعب: kg/m^3)
A: مساحت مقطع طناب (مترمربع: m^2)
d: قطر مقطع طناب (متر: m)

در رابطهٔ بالا μ جرم واحد طول (چگالی خطی جرم) طناب است و از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$\mu = \frac{\text{جرم طناب}}{\text{طول طناب}} \Rightarrow \mu = \frac{m}{\ell}$$

توجه رابطه‌های بالا به صورت نسبتی هم پرکاربرد هستند.

نکته از آن‌جایی که موج در یک محیط همگن با تندی ثابت حرکت می‌کند، مسافت طی‌شده توسط موج در یک بازهٔ زمانی از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

$$\Delta x = v\,\Delta t$$

Δx: اندازهٔ جابه‌جایی موج
v: تندی انتشار موج
Δt: زمان سپری‌شده

۵۵۶- چگالی خطی جرم (جرم واحد طول) در یک سیم که در ساز موسیقی به کار رفته $4\times10^{-3}\ kg/m$ است و این سیم بین دو نقطه با نیروی $250\ N$ کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی در این سیم چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۹۸)

۱) ۲۵۰　　۲) ۳۱۲/۵　　۳) ۵۰۰　　۴) ۶۲۵

۵۵۷- تاری به طول یک متر و به جرم ۸ گرم با نیروی کشش $320\ N$ بین دو نقطه بسته شده است. موج عرضی در تار ایجاد می‌کنیم. این موج طول تار را در چند ثانیه طی می‌کند؟ (ریاضی خارج ۹۸)

۱) ۰/۰۲۰　　۲) ۰/۰۵۰　　۳) ۰/۰۰۲　　۴) ۰/۰۰۵

۵۵۸- سطح مقطع یک تار مرتعش $2\ mm^2$ و چگالی آن $8\ g/cm^3$ است. اگر تندی انتشار موج در تار $25\ m/s$ باشد، نیروی کشش تار چند نیوتون است؟ (ریاضی ۱۴۰۱، مشابه کنکور مجدد ریاضی ۱۴۰۱)

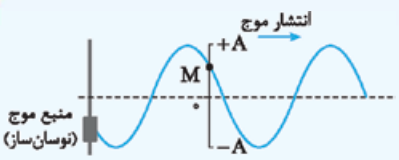
۱) ۱۰　　۲) ۲۰　　۳) ۱۰۰　　۴) ۲۰۰

۵۵۹- قطر مقطع سیم مسی A، ۳ برابر قطر مقطع سیم مسی B و نیروی کشش سیم A، ۴ برابر نیروی کشش سیم B است. تندی انتشار موج عرضی در سیم A، چند برابر تندی انتشار موج عرضی در سیم B است؟

۱) $\frac{2}{3}$　　۲) $\frac{3}{2}$　　۳) $\frac{3}{4}$　　۴) $\frac{4}{3}$

۱۶ مشخصه‌های موج

شکل روبه‌رو موجی را نشان می‌دهد که منبع آن یک نوسانگر هماهنگ ساده است. در این موج هر یک از ذرات محیط (مثل نقطهٔ M) در حال حرکت هماهنگ ساده‌اند و درست مثل حرکت منبع موج (با همان دورهٔ تناوب و بسامد).



طول موج (λ): طول موج، برابر مسافتی است که موج در مدت یک دورهٔ تناوب (T) طی می‌کند. بنابراین داریم:

$$\lambda = vT$$

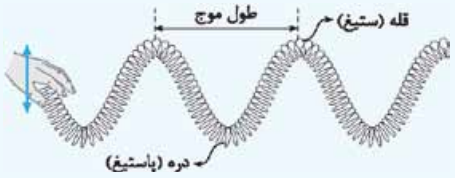
λ: طول موج (متر: m)
T: دورهٔ تناوب (ثانیه: s)
v: تندی انتشار موج (متر بر ثانیه: m/s)

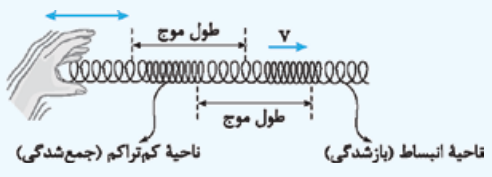
نکته تندی انتشار موج تنها وابسته به محیط انتشار موج، بسامد (و دورهٔ تناوب) موج تنها وابسته به منبع موج و در نتیجه طول موج یک موج، هم وابسته به محیط است، هم وابسته به منبع موج!

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

f: بسامد (هرتز: Hz)

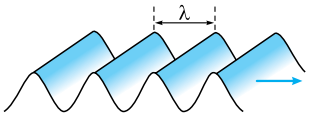
نکته با نوسان منبع، امواج عرضی در محیط، قله (ستیغ) و دره (پاستیغ) و امواج طولی، ناحیه‌های تراکم (جمع‌شدگی) و انبساط (بازشدگی) ایجاد می‌کنند. در شکل‌های زیر رابطهٔ طول موج با فاصلهٔ این نقاط را می‌بینید:



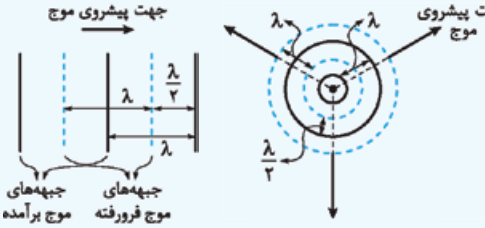


نکته در امواج عرضی، فاصلهٔ بین دو قلهٔ متوالی یا دو درهٔ متوالی برابر طول موج است.

امواج سطحی آب اگر نوسانگری بر روی سطح آب و در راستای عمود بر سطح آن نوسان کند، بر روی سطح آب برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های موج تشکیل می‌شود. این موج‌ها دو دسته‌اند:

نوع موج سطح آب	ویژگی منبع	جبهه‌های موج*	شکل
تخت	تیغه	خطی	
دایره‌ای	گوی	دایره‌ای	

* به برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌هایی که با هم ایجاد می‌شوند و با هم پیشروی می‌کنند، جبههٔ موج می‌گوییم.



نکته فاصلهٔ جبهه‌های موج مشابه و متوالی برابر طول موج است. شکل‌های مقابل را ببینید:

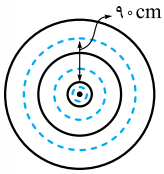
۵۶۰- یک موج عرضی در طنابی در حال انتشار است. کدام کمیت در یک بازهٔ زمانی معین برای تمام ذرات طناب یکسان است؟ (تجربی ۹۸)

۱) مسافت ۲) جابه‌جایی ۳) شتاب متوسط ۴) بسامد زاویه‌ای

۵۶۱- در یک فنر کشیده‌شده، موج طولی با بسامد ۱۲ Hz ایجاد شده است. اگر تندی انتشار موج در فنر ۴/۸ m/s باشد، فاصلهٔ مرکز یک جمع‌شدگی تا مرکز یک بازشدگی حداقل چند سانتی‌متر است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۱۰ ۲) ۸۰ ۳) ۴۰ ۴) ۲۰

۵۶۲- یک گوی کوچک با دورهٔ تناوب ۰/۲ s در نقطهٔ O بر روی سطح آب درون یک تشت بزرگ، امواجی مطابق شکل زیر ایجاد می‌کند. اگر دایره‌های ممتد قله‌های موج و دایره‌های خط‌چین دره‌های موج را در یک لحظهٔ معین نشان دهند، تندی انتشار موج عرضی بر سطح آب چند متر بر ثانیه است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

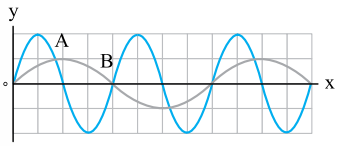


۱) ۱/۵
۲) ۳
۳) ۴/۵
۴) ۹

۵۶۳- نیروی کشش یک تار ۶۰ N است و هنگامی که با بسامد ۲۰۰ هرتز به ارتعاش درمی‌آید، طول موج در آن ۲۵ سانتی‌متر می‌شود. اگر چگالی تار ۸ g/cm³ باشد، قطر مقطع آن چند میلی‌متر است؟ ($\pi = 3$) (ریاضی نوبت اول ۱۴۰۲، مشابه تجربی خارج ۹۹)

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۵۶۴- در شکل زیر، دو موج مکانیکی A و B در یک محیط منتشر می‌شوند. اگر T دورهٔ موج و v سرعت انتشار موج باشد، $\frac{T_A}{T_B}$ و $\frac{v_A}{v_B}$ به ترتیب کدام‌اند؟ (ریاضی خارج ۹۸، تجربی خارج ۹۷)

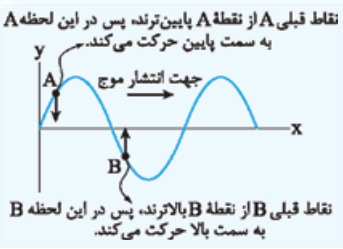


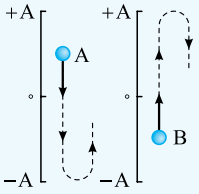
۱) ۲ و ۱
۲) ۲ و $\frac{۱}{۲}$
۳) $\frac{۱}{۲}$ و $\frac{۱}{۲}$
۴) $\frac{۱}{۲}$ و ۱

۱۷ تصویر لحظه‌ای موج

در بعضی از تست‌ها، تصویری از موج در یک لحظه را به ما می‌دهند و دربارهٔ نوسان یکی از ذرات محیط، سؤالی از ما می‌پرسند. برای حل این تست‌ها باید بدانید که:

اولاً: در هر لحظه، با توجه به جهت انتشار موج، هر ذره در جهتی حرکت می‌کند که شبیه نقاط قبلی خود شود. شکل مقابل را ببینید:





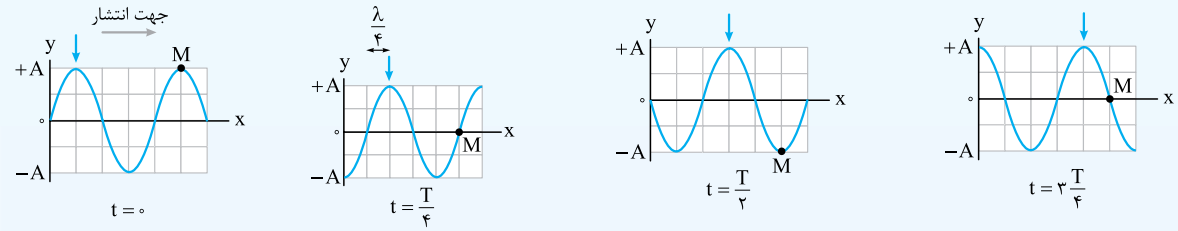
ثانیاً: حرکت هر ذره از محیط، تمام ویژگی‌های حرکت هماهنگ ساده را دارد. یعنی هر ذره روی پاره‌خطی به شکل مقابل در حال نوسان است (مسیر نوسان ذره‌های A و B نشان داده شده است.):

برای هر یک از ذرات محیط باید بدانید که:

- در مدت هر دورهٔ تناوب (T)، یک نوسان انجام داده و مسافت ۴A را طی می‌کند.
- تندی آن در نقطهٔ تعادل بیشینه و برابر $v_{max} = A\omega$ است.
- با نزدیک‌شدن به نقطهٔ تعادل، تندی هر ذره افزایش و با دورشدن از نقطهٔ تعادل، تندی آن کاهش می‌یابد.
- در فاصله‌های برابر با دامنه از نقطهٔ تعادل (مکان‌های $y = \pm A$) جهت حرکت هر ذره تغییر می‌کند.

نکته برای حل تست‌های این کادر اغلب لازم است با توجه به مشخصه‌های موج، بسامد یا دوره را حساب کنیم و سپس به بررسی حرکت نوسانی نقطهٔ داده‌شده بپردازیم.

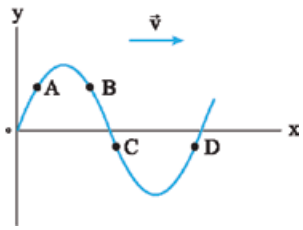
نکته اگر دورهٔ تناوب موجی T و طول موج آن λ باشد، موج در مدت $\frac{T}{4}$ به اندازهٔ $\frac{\lambda}{4}$ در جهت انتشار پیشروی می‌کند. شکل زیر تصویر موج را در چند لحظه نشان می‌دهد.



در شکل بالا:

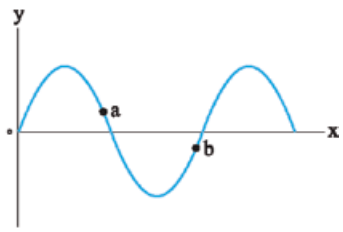
- علامت پیکان (↓) پیشروی یک قلهٔ خاص را در طی زمان نشان می‌دهد.
- به حرکت ذرهٔ M از محیط دقت کنید. ابتدا در مکان $y = +A$ قرار دارد و در ادامه در هر $\frac{T}{4}$ به اندازهٔ دامنهٔ (A) جابه‌جا می‌شود.

۵۶۵- شکل مقابل، موج مکانیکی عرضی سینوسی را در یک لحظه نشان می‌دهد. پس از این لحظه، تندی کدام ذره، زودتر صفر می‌شود؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۰)



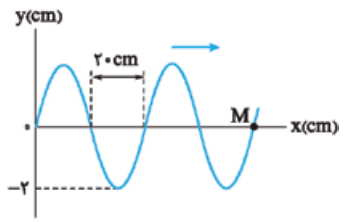
۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

۵۶۶- نقش یک موج عرضی در یک لحظه مطابق شکل است. اگر در این لحظه انرژی جنبشی ذرهٔ a در حال افزایش باشد، جهت انتشار موج کدام است و جهت شتاب ذرهٔ b، به ترتیب، در این لحظه کدام است؟ (تجربی نوبت اول ۱۴۰۲)



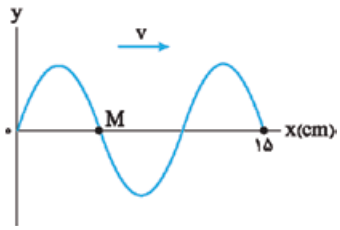
۱) خلاف جهت محور x و در جهت محور y
۲) در جهت محور x و خلاف جهت محور y
۳) در جهت محور x و در جهت محور y
۴) خلاف جهت محور x و خلاف جهت محور y

۵۶۷- شکل مقابل، موجی را در لحظهٔ t نشان می‌دهد که با تندی ۲۰ m / s در جهت محور x منتشر می‌شود. تندی نقطهٔ M در آن لحظه، چند متر بر ثانیه و جهت حرکت آن کدام است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۱)



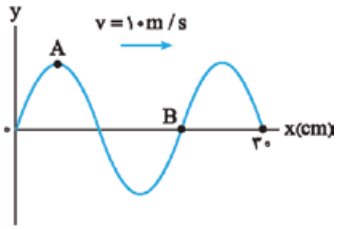
۱) ۱۴ / ۳، بالا
۲) ۱۴ / ۳، پایین
۳) ۲۸ / ۶، بالا
۴) ۲۸ / ۶، پایین

۵۶۸- شکل مقابل، تصویری از یک موج عرضی را در لحظهٔ t_1 در یک ریسمان کشیده‌شده نشان می‌دهد. اگر سرعت انتشار موج ۲۰ cm / s باشد، در بازهٔ زمانی t_1 تا $t_2 = t_1 + \frac{9}{4}$ s چند بار جهت حرکت ذرهٔ M تغییر کرده است؟ (تجربی خارج ۹۹)



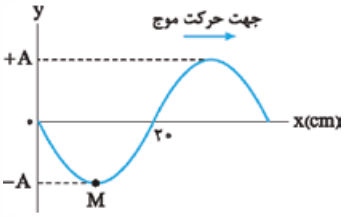
۱) ۷
۲) ۸
۳) ۹
۴) ۱۰

۵۶۹- شکل مقابل، تصویری از یک موج عرضی در یک ریسمان کشیده‌شده را در لحظهٔ t_1 نشان می‌دهد. در لحظهٔ $t_2 = t_1 + \frac{۹}{۴۰۰}\,s$ کدام مورد، درست است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)



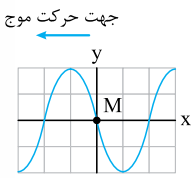
۱) تندی ذرهٔ B، صفر است.
۲) تندی ذرهٔ A، بیشینه است.
۳) حرکت ذرهٔ A، تندشونده است.
۴) حرکت ذرهٔ B، تندشونده است.

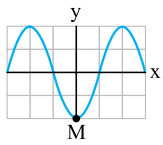
۵۷۰- شکل مقابل، تصویری از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده را در لحظهٔ $t = ۰$ نشان می‌دهد. اگر سرعت انتشار موج $۲\ m/s$ باشد، در بازهٔ زمانی $t_1 = ۰/۲۵\ s$ تا $t_2 = ۰/۳۵\ s$ حرکت ذرهٔ M چگونه است؟ (تجربی ۹۹)

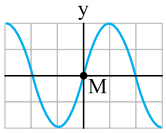


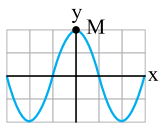
۱) ابتدا کندشونده و سپس تندشونده
۲) ابتدا تندشونده و سپس کندشونده
۳) پیوسته کندشونده
۴) پیوسته تندشونده

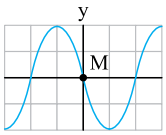
۵۷۱- تصویر لحظه‌ای موجی با دورهٔ تناوب T در مبدأ زمان به شکل روبه‌رو است. تصویر این موج در لحظهٔ $t = \frac{۳T}{۴}$ به کدام شکل خواهد بود؟ (برگرفته از کتاب درسی)



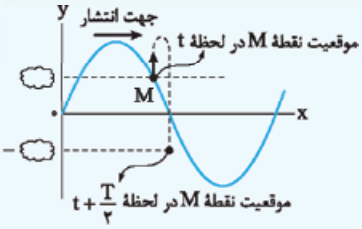
۱)


۲)


۳)


۴)


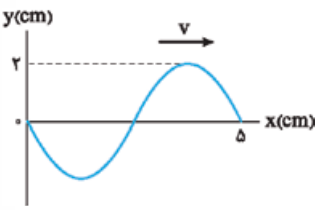
۱۸ یک حالت پرتکرار در تصویر لحظه‌ای موج



تست‌های این کادر شبیه به تست‌های کادر قبلی است. فقط در این تست‌ها به یک موضوع به طور ویژه توجه شده است. با توجه به تکرار زیاد این سبک تست در کنکورهای اخیر، یک کادر، مخصوص آن در نظر گرفتیم. هر یک از ذرات محیط در مدت نصف دوره $(\frac{T}{۲})$، مثل یک نوسانگر هماهنگ ساده، با طی مسیر روبه‌رو:

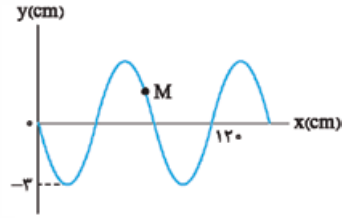
از مکان ⬭ به مکان ⬭ − می‌رسد. مسافت $۲A$ را طی می‌کند (A: دامنه).

۵۷۲- نقش یک موج عرضی که در یک طناب با سرعت $۲۰\ cm/s$ در حال انتشار است، مطابق شکل مقابل است. مسافتی که یک ذره از طناب در مدت $\frac{۱}{۸}\ s$ طی می‌کند، چند سانتی‌متر است؟ (تجربی خارج ۹۸)



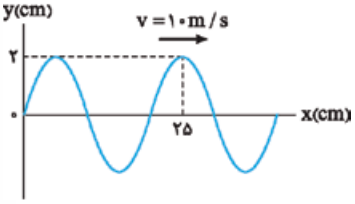
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۸

۵۷۳- شکل مقابل، نقش یک موج عرضی را در یک طناب در لحظهٔ $t = ۰$ نشان می‌دهد که با سرعت $۱۰\ m/s$ در حال انتشار است. مسافتی که ذرهٔ M در بازهٔ زمانی $t_1 = ۰/۰۱\ s$ تا $t_2 = ۰/۰۵\ s$ طی می‌کند، چند سانتی‌متر است؟ (ریاضی ۹۹)



۱) ۳
۲) ۶
۳) ۹
۴) ۱۲

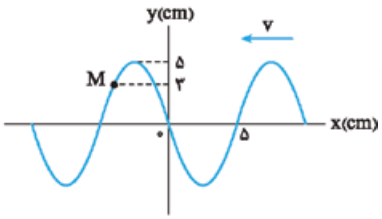
۵۷۴- کدام موارد با توجه به شکل مقابل که تصویر لحظه‌ای از یک موج عرضی را نشان می‌دهد، درست است؟ (تجربی ۱۴۰۱)



الف) مسافتی که موج در هر ثانیه طی می‌کند، برابر $۲۰\ cm$ است.
ب) مسافتی که هر ذره از محیط در مدت $۰/۰۱\ s$ طی می‌کند، $۴\ cm$ است.
پ) جابه‌جایی هر یک از ذرات محیط در مدت $۰/۰۱\ s$ برابر $۴\ cm$ است.
ت) جابه‌جایی هر یک از ذرات محیط در مدت $۰/۰۲\ s$ برابر صفر است.

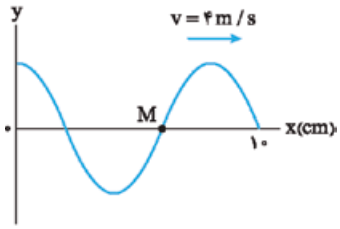
۱) الف و ت
۲) الف و پ
۳) ب و ت
۴) ب و پ

۵۷۵- شکل مقابل، تصویری از یک موج عرضی در یک ریسمان کشیده‌شده را در لحظهٔ t_1 نشان می‌دهد و موج به سمت چپ حرکت می‌کند. اگر تندی موج $20\ cm/s$ باشد، بزرگی سرعت متوسط ذرهٔ M در مدت t_1 تا $t_1+\frac{1}{4}s$ چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (تجربی خارج ۱۴۰۰)



۱) ۱۲
۲) ۲۰
۳) ۲۴
۴) ۴۰

۵۷۶- شکل مقابل، تصویری از موجی عرضی را در یک ریسمان کشیده‌شده در لحظهٔ $t=0$ نشان می‌دهد. اگر تندی متوسط حرکت ذرهٔ M در مدت $0/25\ s$ برابر $6\ m/s$ باشد، دامنهٔ موج چند سانتی‌متر است؟ (تجربی ۱۴۰۰)



۱) ۲
۲) ۳
۳) ۴
۴) ۶

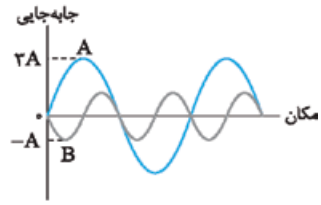
۱۹ توان متوسط موج عرضی

موج حامل انرژی است. مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژیِ یک موج سینوسی (توان متوسط) در یک محیط معین برای همهٔ انواع امواج مکانیکی با مربع دامنه و مربع بسامد موج متناسب است. به زبان ریاضی:

توان متوسط موج ← P_{av}، دامنهٔ موج ← A، بسامد موج ← f

$$P_{av} \propto A^2 f^2 \Rightarrow \frac{P_{av(2)}}{P_{av(1)}} = \left(\frac{A_2}{A_1} \times \frac{f_2}{f_1}\right)^2$$

۵۷۷- در شکل مقابل نمودار جابه‌جایی ـ مکان دو موج سینوسی A و B که در یک محیط منتشر می‌شوند، رسم شده است. آهنگ متوسط انتقال انرژی توسط موج A چند برابر آهنگ متوسط انتقال انرژی توسط موج B است؟



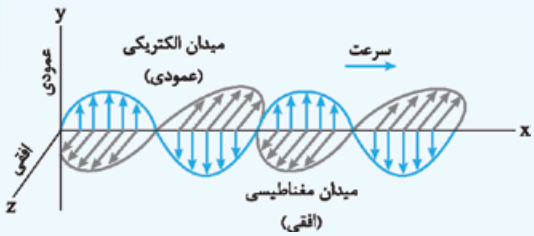
۱) $\frac{3}{2}$
۲) $\frac{2}{3}$
۳) $\frac{9}{4}$
۴) $\frac{4}{9}$

۲۰ امواج الکترومغناطیسی

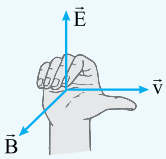
هر چیزی که دربارهٔ امواج الکترومغناطیسی باید بدانید را در این کادر آورده‌ایم:

ویژگی‌ها:

۱) ناشی از تغییرات هم‌زمانِ میدان الکتریکی و مغناطیسی هستند.
۲) برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند و در خلأ هم منتشر می‌شوند.
۳) عرضی هستند.
۴) از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم تشکیل شده‌اند.
۵) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی هم‌بسامد و هم‌گام هستند.



جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی به کمک قاعدهٔ دست راست به دست می‌آید. اگر چهار انگشت دست راست در جهت میدان الکتریکی $(\vec{E})$ قرار گیرد، به طوری که میدان مغناطیسی $(\vec{B})$ از کف دست خارج شود، انگشت شست، جهت انتشار موج $(\vec{v})$ را نشان می‌دهد.



تندی تمام امواج الکترومغناطیسی در خلأ (c) از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید که همان تندی انتشار نور در خلأ است:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = 3 \times 10^8\ m/s$$

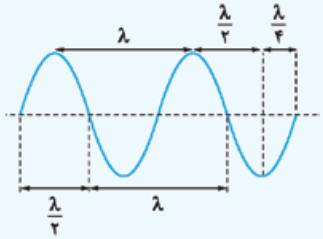
تراوایی مغناطیسی خلأ $\left(4\pi \times 10^{-7}\ \frac{T.m}{A}\right)$ — گذردهی الکتریکی خلأ $\left(8/85 \times 10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2}\right)$

دقت کنید که این رابطه از سه مقدار ثابت تشکیل شده است.

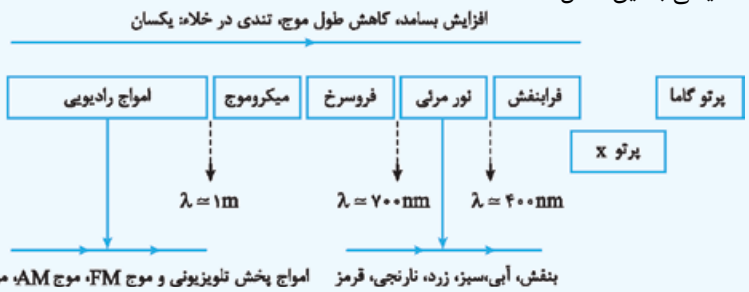
نکات و روابط زیر که قبلاً آن‌ها را دیده‌اید، دربارهٔ امواج الکترومغناطیسی هم برقرار هستند:

λ: مسافتی که موج الکترومغناطیسی در هر دوره طی می‌کند. (متر: m)
f: تعداد نوسان‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در هر ثانیه (هرتز: Hz)
T: مدت‌زمان یک نوسان کامل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی (ثانیه: s)

$$\lambda = cT \quad \text{یا} \quad \lambda = \frac{c}{f}$$



طیف امواج الکترومغناطیسی به این شکل است:



بدانید که: ۱ در طیف بالا هیچ گسستگی‌ای وجود ندارد. ۲ انواع مختلف امواج الکترومغناطیسی اشاره‌شده در طیف بالا در روش‌های تولید و کاربردشان متفاوت هستند.

۵۷۸- کدام‌یک از عبارت‌های زیر دربارهٔ امواج الکترومغناطیسی درست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

الف) در خلأ، تندی انتشار پرتوهای گاما بیشتر از تندی انتشار پرتوهای x است.

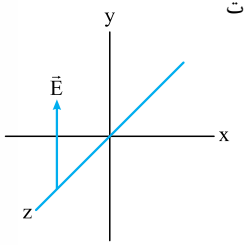
ب) بسامد نور سبزرنگ، بیشتر از بسامد نور زردرنگ است.

پ) طول موجِ امواج فرابنفش بیشتر از طول موجِ امواج فروسرخ است.

ت) دورهٔ تناوب امواج رادیویی FM کم‌تر از دورهٔ تناوب امواج رادیویی AM است.

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

۵۷۹- در شکل مقابل، موج الکترومغناطیسی سینوسی در جهت محور z منتشر می‌شود و میدان الکتریکی آن، در یک لحظه و در یک نقطه نشان داده شده است. در این نقطه و در این لحظه، میدان مغناطیسی موج به کدام جهت است؟



(ریاضی نوبت اول ۱۴۰۲، مشابه کنکور مجدد ریاضی ۱۴۰۱ و برگرفته از کتاب درسی)

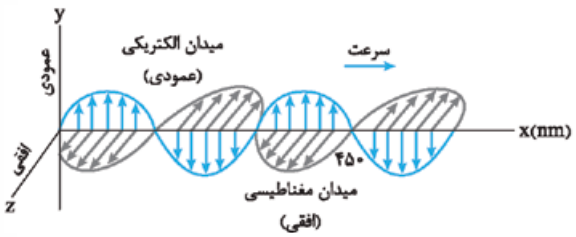
۱) در خلاف جهت محور x

۲) در خلاف جهت محور y

۳) در جهت محور x

۴) در جهت محور y

۵۸۰- شکل مقابل، تصویر لحظه‌ای از موجی الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که با سرعت $3\times10^{8}\ m/s$ در حال انتشار است. کدام مورد درست است؟ (تجربی ۱۴۰۰)



۱) مدت‌زمانی که طول می‌کشد که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یک نوسان کامل انجام دهند، 10^{-15} ثانیه است.

۲) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در هر ثانیه $1/5\times10^{15}$ نوسان انجام می‌دهند.

۳) مسافتی که موج در مدت یک ثانیه طی می‌کند، ۳۰۰ نانومتر است.

۴) این موج در ناحیهٔ مرئی طیف قرار دارد.

۲۱ موج صوتی

صوت نوعی موج مکانیکی است که توسط یک جسم مرتعش ایجاد می‌شود. با نوسان جسم مرتعش در هوا، ذرات هوا به نوسان در می‌آیند. نوسان هر ذره، ذرهٔ بعدی را هم به نوسان درمی‌آورد و به همین ترتیب صوت در محیط منتشر می‌شود.

ویژگی‌های صوت: ۱ یک موج طولی است؛ یعنی نوسان ذرات محیط در راستای انتشار صوت است. ۲ برای انتشار به محیط مادی نیاز دارد. ۳ تندی صوت به جنس محیط و دمای آن بستگی دارد. ۴ عموماً سرعت صوت در جامدها بیشتر از مایع‌ها و در مایع‌ها بیشتر از گازهاست، البته استثناهایی هم وجود دارد. ۵ معمولاً صوت در یک محیط به صورت کروی و در تمام جهات منتشر می‌شود.

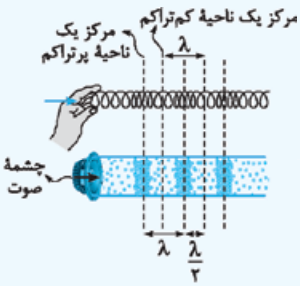
نکته مثل سایر موج‌های مکانیکی دربارهٔ صوت هم داریم:

تندی صوت (فقط وابسته به محیط)

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

طول موجِ صوت (وابسته به محیط و چشمه) ← ، بسامد صوت (فقط وابسته به چشمه)

نکته با انتشار صوت، در یک محیط لایه‌های پرتراکم و کم‌تراکم متوالی ایجاد می‌شود که دربارهٔ فاصلهٔ بین وسط این لایه‌ها باید شکل مقابل را ببینید:



۵۸۱- دو موج صوتی A و B به ترتیب با بسامدهای ۳۰۰ Hz و ۶۰۰ Hz در یک محیط منتشر می‌شوند. به ترتیب از راست به چپ، تندی انتشار صوت A چند برابر تندی انتشار صوت B و طول موج صوت A چند برابر طول موج صوت B است؟

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

۵۸۲- در یک لوله، صوتی با بسامد ۸۰۰ Hz منتشر شده است. اگر تندی انتشار صوت ۳۲۰ m / s باشد، فاصلهٔ مرکز یک ناحیهٔ پرتراکم از مرکز یک ناحیهٔ کم‌تراکم در لوله حداقل چند سانتی‌متر است؟

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۴۰ ۴) ۸۰

۵۸۳- به انتهای یک میلهٔ بلند فولادی با چکش ضربه‌ای زده می‌شود. شخصی که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا با اختلاف زمانی ۰/۰۷ s می‌شنود. اگر تندی انتشار صوت در فولاد ۱۵ برابر تندی انتشار صوت در هوا باشد، طول میله چند متر است؟ (تندی انتشار صوت در هوا ۳۴۰ m / s است.) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۱۰/۲ ۲) ۱۵/۳ ۳) ۲۵/۵ ۴) ۵/۱

۲۲ شدت صوت

شدت یک موج صوتی در یک سطح، برابر با آهنگ متوسط انرژی‌ای است که توسط موج صوتی به واحد سطح، عمود بر راستای انتشار صوت می‌رسد. برای شدت صوت سه رابطهٔ زیر را باید بلد باشید:

$I = \frac{P_{av}}{۴\pi r^۲}$ (r: فاصله از چشمهٔ صوت (متر))

$I = \frac{P_{av}}{A}$ (P_{av}: توان متوسط صوت (وات))

$I = \frac{E}{A\,t}$ (E: انرژی رسیده به یک سطح (ژول)، I: شدت صوت (وات بر مترمربع: $W/m^۲$)، A: مساحت سطح (مترمربع: $m^۲$)، t: زمان (ثانیه: s))

نکته رابطهٔ بالا نشان می‌دهد که شدت صوت حاصل از یک چشمه با مربع فاصله از آن نسبت وارون دارد، یعنی: $\frac{I_۲}{I_۱} = (\frac{r_۱}{r_۲})^۲$

یادآوری توان متوسط موج با مربع دامنه و مربع بسامد موج متناسب است ($P_{av} \propto A^۲f^۲$).

ادراک شنوایی هر تُن صدا دو ویژگی دارد: ارتفاع صوت و بلندی صوت.

به بسامدی که گوش انسان درک می‌کند، ارتفاع صوت و به درک گوش انسان از شدت یک صوت، بلندی صوت می‌گوییم.

ارتفاع صوت و بلندی صوت کمیت‌های فیزیکی نیستند و با دستگاه نمی‌توان آن‌ها را اندازه‌گیری کرد.

نکته گوش انسان قادر به شنیدن صداهایی با بسامد بین ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz است. البته حساسیت گوش انسان به بسامدهای مختلف صوت متفاوت است. بیشترین حساسیت گوش انسان در گسترهٔ بسامدی ۲۰۰۰ Hz تا ۵۰۰۰ Hz است.

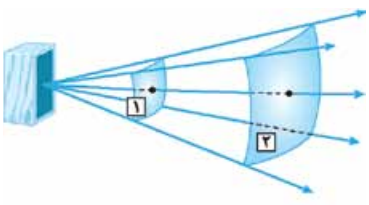
۵۸۴- صفحهٔ حساسی به مساحت ۳ $cm^۲$ بر راستای انتشار صوت عمود است و در مدت ۵ s، $۱/۵\times۱۰^{-۱۱}$ J انرژی صوتی به صفحه می‌رسد. شدت صوت در سطح این صفحه چند میکروووات بر متر مربع است؟ (تجربی ۹۵)

۱) $۲/۵\times۱۰^{-۸}$ ۲) $۱۰^{-۸}$ ۳) ۰/۰۱ ۴) ۰/۲۵

۵۸۵- شدت صوت در فاصلهٔ ۲۵متری از یک چشمهٔ صوت ۱۶۰ $\mu W/m^۲$ است. توان چشمهٔ صوت چند وات است؟ ($\pi = ۳$، صوت در همهٔ جهات پخش می‌شود و از جذب انرژی توسط محیط صرف نظر شود.)

۱) ۴۸ ۲) ۴/۸ ۳) ۱۲ ۴) ۱/۲

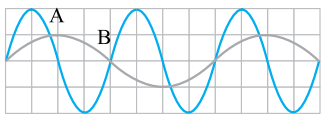
۵۸۶- در شکل مقابل، اگر فاصلهٔ سطح (۲) از چشمهٔ صوت، ۲ برابر فاصلهٔ سطح (۱) از چشمهٔ صوت باشد، شدت صوت در سطح (۲) چند برابر شدت صوت در سطح (۱) است؟ (جذب انرژی توسط محیط ناچیز است.) (برگرفته از کتاب درسی)



۱) ۴ ۲) ۲

۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۴}$

۵۸۷- نمودار جابه‌جایی ـ مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده‌اند در مکانی معین به شکل مقابل است. شدت صوت A، چند برابر شدت صوت B است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) ۱۶ ۲) $\frac{۱}{۱۶}$

۳) ۴ ۴) $\frac{۱}{۴}$

۲۳ تراز شدت صوت

اگر شدت صوت حاصل از منبعی در یک نقطه I باشد، تراز شدت صوت در آن نقطه از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

$$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

(β: تراز شدت صوت (دسی‌بل: dB)، I: شدت صوت (وات بر متر مربع: W/m^2)، $I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$: شدت صوت مبنا)

برای محاسبهٔ I همان‌طور که در کادر قبلی دیدیم، داریم: $I = \frac{E}{At}$ و $I = \frac{P}{4\pi r^2}$.

نکته در تست‌های تراز شدت صوت با محاسبات لگاریتمی سروکار داریم. بد نیست چند رابطهٔ لگاریتمی پرکاربرد را مرور کنیم:

$$\log A^n = n\log A \ ,\ \log(A\times B) = \log A + \log B \ ,\ \log\left(\frac{A}{B}\right) = \log A - \log B$$

۵۸۸- شدت صوتی $2\sqrt{10}\times10^{5}$ برابر شدت صوت مرجع است. تراز شدت این صوت چند دسی‌بل است؟ $(\log 2 = 0/3)$ (تجربی نوبت اول ۱۴۰۲)

۱) ۵/۸ ۲) ۱۰/۳ ۳) ۵۸ ۴) ۱۰۳

۵۸۹- شدت صوت حاصل از یک متهٔ سنگ‌شکن در فاصلهٔ معینی از آن $1/6\times10^{-3}\ \mu W/m^2$ است. تراز شدت صوت آن چند دسی‌بل است؟ $(\log 2 = 0/3 , I_0 = 10^{-12}\ W/m^2)$ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۲۲ ۲) ۳۲ ۳) ۲۴ ۴) ۳۶

۵۹۰- تراز شدت صوتی ۵۷ dB است. شدت این صوت چند وات بر متر مربع است؟ $(\log 2 = 0/3 , I_0 = 10^{-12}\ W/m^2)$ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) 5×10^{-7} ۲) 5×10^{-8} ۳) 2×10^{-7} ۴) 2×10^{-8}

۵۹۱- در یک فضای باز، تراز شدت صوت در فاصلهٔ ۵۰متری چشمهٔ صوت برابر ۶۰ دسی‌بل است. توان چشمهٔ صوت، چند میلی‌وات است؟ ($I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$، $\pi = 3$ و از جذب انرژی توسط محیط صرف نظر شود.) (ریاضی ۱۴۰۱، مشابه ریاضی خارج ۹۹)

۱) ۰/۳ ۲) ۶ ۳) ۷/۵ ۴) ۳۰

۵۹۲- در مکانی که تراز شدت صوت ۹۶ دسی‌بل است، در مدت یک دقیقه به هر میلی‌متر مربع از سطحی که در این مکان عمود بر مسیر انتشار صوت قرار دارد، چند میکروژول انرژی صوتی می‌رسد؟ ($\log 2 = 0/3$ و $I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$) (ریاضی خارج ۱۴۰۰)

۱) ۰/۲۴ ۲) ۰/۴۸ ۳) ۲۴۰ ۴) ۴۸۰

۲۴ اختلاف تراز شدت صوت

در بعضی از تست‌ها با اختلاف تراز شدت دو صوت سروکار داریم. برای حل این تست‌ها فرمول روبه‌رو به کارتان می‌آید:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$$

($\beta_2 - \beta_1$: تراز شدت صوت حالت دوم − تراز شدت صوت حالت اول، I_2: شدت صوت حالت دوم، I_1: شدت صوت حالت اول)

در فرمول بالا واضح است که یکای I_1 و I_2 باید یکسان باشد.

نکته در رابطهٔ بالا برای کسر $\frac{I_2}{I_1}$ داریم:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{P_2}{P_1}\times\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{P\propto A^2f^2} \begin{cases} \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 & \text{بدون تغییر چشمهٔ صوت} \\ \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{A_2}{A_1}\times\frac{f_2}{f_1}\times\frac{r_1}{r_2}\right)^2 & \text{با تغییر چشمهٔ صوت} \end{cases}$$

۵۹۳- اگر با زیادکردن دامنهٔ یک صوت، شدت صوتی که به گوش می‌رسد، ۱۰۰۰ برابر شود، تراز شدت صوتی که می‌شنویم، چگونه تغییر می‌کند؟ (تجربی ۹۹، مشابه کنکور مجدد ریاضی ۱۴۰۱)

۱) ۳۰ برابر می‌شود. ۲) ۳ برابر می‌شود.
۳) ۳۰ دسی‌بل افزایش می‌یابد. ۴) ۳ دسی‌بل افزایش می‌یابد.

۵۹۴- یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_1 = 28\ dB$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_2 = 92\ dB$ ایجاد می‌کند. شدت‌های مربوط به این دو تراز (برحسب W/m^2) به ترتیب I_1 و I_2 است. $\frac{I_2}{I_1}$ کدام است؟ $(\log 2 = 0/3)$ (ریاضی ۱۴۰۰، مشابه ریاضی ۹۷)

۱) $2/5\times10^{6}$ ۲) $2/5\times10^{8}$ ۳) 4×10^{6} ۴) 4×10^{8}

۵۹۵- در یک مکان، اختلاف تراز شدت دو صوت A و B برابر ۱۰ دسی‌بل است. اگر شدت صوت A، بیشتر از شدت صوت B و برابر $0/04\ W/m^2$ باشد، اختلاف شدت این دو صوت چند میلی‌وات بر متر مربع است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۱)

۱) ۰/۴ ۲) ۴ ۳) ۳۶ ۴) ۳۶۰

۵۹۶- دو شخص به فاصله‌های d_1 و d_2 از یک چشمهٔ صوت قرار دارند. شخصی که در فاصلهٔ d_1 قرار دارد، صدا را ۱۸ دسی‌بل بلندتر می‌شنود. کدام $\frac{d_2}{d_1}$ است؟ ($\log 2 = 0/3$ و از جذب انرژی صوت توسط محیط صرف نظر شود.) (ریاضی ۹۹، مشابه تجربی ۹۷)

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۹ ۴) ۱۶

۵۹۷- اگر دامنهٔ چشمهٔ صوتی را ۴ برابر کنیم، برای یک شنوندهٔ معین، تراز شدت صوت ۳ / ۱ برابر می‌شود. در این حالت، تراز شدت صوت برای آن شنونده به چند دسی‌بل می‌رسد؟ ($\log 2 = 0/3$) (ریاضی ۹۵)

۱) ۱۲ ۲) ۳۲ ۳) ۴۰ ۴) ۵۲

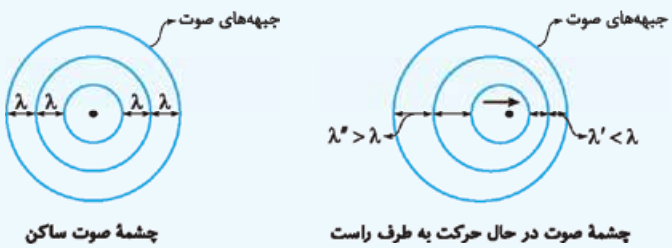
۲۵ اثر دوپلر

اگر چشمهٔ صوت و شنونده در حال نزدیک‌شدن به هم یا در حال دورشدن از هم باشند، بسامد صوت دریافتی شنونده، با بسامد صوت تولیدشده توسط چشمه متفاوت خواهد بود. به این پدیده اثر دوپلر می‌گوییم.

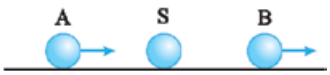
فاصلهٔ چشمهٔ صوت و شنونده	مقایسهٔ بسامد صوت دریافتی شنونده (f_o) و بسامد صوت تولیدی چشمه (f_s)
در حال کاهش	$f_o > f_s$
در حال افزایش	$f_o < f_s$

توجه اثر دوپلر برای تمام موج‌ها برقرار است.

اگر چشمهٔ صوتی در حال حرکت باشد، در مقایسه با حالتی که ساکن است، طول موج صوت تولیدی آن در جلوی چشمه کاهش و در عقب چشمه افزایش می‌یابد. شکل مقابل را ببینید:



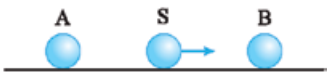
توجه کم و زیاد شدن طول موج فقط مربوط به حالتی است که چشمهٔ صوت حرکت کند.



۵۹۸- در شکل مقابل، چشمهٔ صوت S ساکن است و دو شنوندهٔ A و B به سمت راست در حال حرکت‌اند. کدام مورد دربارهٔ بسامد (f) و طول موج (λ) صوت دریافتی دو شنونده درست است؟

۱) $\lambda_A < \lambda_B\ ,\ f_A > f_B$ ۲) $\lambda_A = \lambda_B\ ,\ f_A > f_B$

۳) $\lambda_A > \lambda_B\ ,\ f_B > f_A$ ۴) $\lambda_A = \lambda_B\ ,\ f_B > f_A$



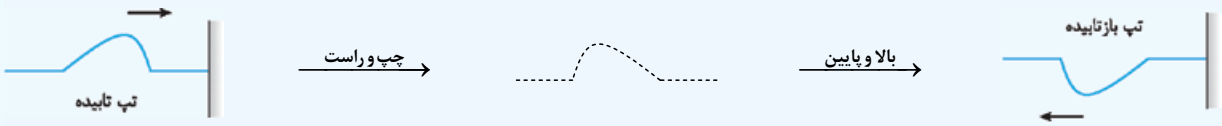
۵۹۹- در شکل مقابل، چشمهٔ صوت S در حال حرکت به طرف راست و دو شنوندهٔ A و B ساکن هستند. کدام مورد دربارهٔ بسامد (f) و طول موج (λ) صوت دریافتی دو شنونده درست است؟

۱) $\lambda_A < \lambda_B\ ,\ f_A > f_B$ ۲) $\lambda_A = \lambda_B\ ,\ f_A > f_B$

۳) $\lambda_A > \lambda_B\ ,\ f_B > f_A$ ۴) $\lambda_A = \lambda_B\ ,\ f_B > f_A$

۲۶ بازتاب موج در یک بعد

تپ منتشرشده در یک طناب کشیده، پس از رسیدن به مانع بازتاب می‌شود. برای رسم تپ بازتابی، تپ تابیده را یک بار چپ و راست و یک بار بالا و پایین می‌کنیم! شکل زیر را ببینید:



چندنکته ۱) طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که مانع به طناب وارد می‌کند، هم‌اندازه و در خلاف جهت نیرویی است که طناب به مانع وارد می‌کند.

۲) مشخصه‌های موج بازتاب‌شده (بسامد، طول موج، تندی انتشار) با مشخصه‌های موج تابیده یکسان است.

۱۱۳ گزینه ۱ از آن‌جایی که نیروی اصطکاک نداریم و روی سطح افقی حرکت می‌کنیم، تنها نیرویی که کار انجام می‌دهد، نیروی باد (F) است. با توجه به رابطهٔ $W = Fd\cos\theta$ کاری که نیروی باد روی قایق‌ها انجام می‌دهد، یکسان است:

$$\begin{cases} F_A = F_B \\ d_A = d_B \\ \theta_A = \theta_B \end{cases} \Rightarrow W_{F_A} = W_{F_B}$$

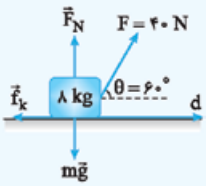
حالا طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:

$$W_F = W_t = \Delta K \Rightarrow W_F = \frac{1}{2}m(v_2^2 - \cancel{v_1^2})$$

$$\Rightarrow W_{F_A} = W_{F_B} \Rightarrow \cancel{\frac{1}{2}}m_A v_{2(A)}^2 = \cancel{\frac{1}{2}}m_B v_{2(B)}^2$$

$$\xrightarrow{m_A = 4m_B} 4\cancel{m_B} v_{2(A)}^2 = \cancel{m_B} v_{2(B)}^2 \Rightarrow \frac{v_{2(B)}}{v_{2(A)}} = 2$$

۱۱۴ گزینه ۳ چون جسم در راستای افقی جابه‌جا می‌شود، فقط دو نیروی $\vec{F}$ و $\vec{f}_k$ کار انجام می‌دهند. به کمک قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:



$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_F + W_{f_k} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - \cancel{v_1^2})$$

$$Fd\cos\theta_1 + (-f_k d) = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\Rightarrow 40\times 5\times\cos 60^\circ - f_k\times 5 = \frac{1}{2}\times 8\times(2/5)^2 \Rightarrow f_k = 15\ N$$

۱۱۵ گزینه ۲ نیروی شخص و نیروی وزن روی گلولهٔ برفی کار انجام می‌دهند. به کمک قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_{\text{شخص}} + W_{\text{وزن}} = \Delta K$$

$$\Rightarrow W_{\text{شخص}} + (-mg\Delta h) = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$\Rightarrow W_{\text{شخص}} - 150\times 10^{-3}\times 10\times 1/8 = \frac{1}{2}\times 150\times 10^{-3}\times(12^2 - 0^2)$$

$$\Rightarrow W_{\text{شخص}} = 150\times 10^{-3}(18 + 72) = 13/5\ J$$

۱۱۶ گزینه ۱ به کمک رابطهٔ کلی که در درس‌نامه گفتیم، داریم:

$$P_{av} = \frac{\overset{\circ}{\Delta K} - W_{\text{بقیه}}}{\Delta t} = \frac{-(-mgh)}{\Delta t} = \frac{(650 + 250)\times 10\times 75}{3\times 60} = 3750\ W$$

۱۱۷ گزینه ۲ با توجه به درس‌نامه، داریم:

$$v_2 = 72\ km/h \xrightarrow{\div 3/6} v_2 = 20\ m/s$$

$$P_{av} = \frac{\Delta K - \overset{\circ}{W_{\text{بقیه}}}}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)}{\Delta t}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\times 900\times(20^2 - 0)}{10} = 18000\ W = 18\ kW$$

۱۱۸ گزینه ۱ ابتدا توان را برحسب وات به دست می‌آوریم:

$$0/1\ hp \times \frac{746\ W}{1\ hp} = 74/6\ W$$

حالا داریم:

$$P_{av} = \frac{\overset{\circ}{\Delta K} - \overbrace{W_{\text{بقیه}}}^{W_{mg}}}{\Delta t} = \frac{-(-mgh)}{\Delta t} = \frac{mgh}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow 74/6 = \frac{74/6\times 10\times h}{1/5\times 60} \Rightarrow h = 9\ m = 900\ cm$$

$$\text{تعداد پله‌ها} = \frac{900}{30} = 30$$

۱۱۹ گزینه ۴ ابتدا ارتفاع وزنه نسبت به سطح زمین را حساب می‌کنیم. به کمک اصل پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$\Delta K + \Delta U = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}\cancel{m}(v_2^2 - v_0^2) + \cancel{m}g\Delta h = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\times(8^2 - 0) + 10\times(0 - h_1) = 0 \Rightarrow h_1 = 3/2\ m$$

حالا کار مفید ماشین بالابر را محاسبه می‌کنیم:

$$W_{\text{مفید}} = \overset{\circ}{\Delta K} - \overbrace{W_{\text{بقیه}}}^{W_{mg}} = -(-mgh_1) = mgh_1$$

$$= 50\times 10\times 3/2 = 1600\ J$$

در پایان داریم: $\text{درصد بازده} = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{کل}}}\times 100\% = \frac{1600}{2000}\times 100\% = 80\%$

۱۲۰ گزینه ۱ ابتدا به کمک روشی که یاد گرفته‌ایم، توان مفید تلمبه را محاسبه می‌کنیم. دقت کنید که تلمبه به طور کلی آب را با تندی ثابت جابه‌جا می‌کند. بنابراین داریم:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{\overset{\circ}{\Delta K} - \overbrace{W_{\text{بقیه}}}^{W_{mg}}}{\Delta t} = \frac{0 - (-mg\Delta h)}{\Delta t} = \frac{mg\Delta h}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow{m=\rho V} P_{\text{مفید}} = \frac{(\rho V)g\Delta h}{\Delta t}$$

$$= \frac{1000\times(1200\times 10^{-3})\times 10\times 15}{60} = 3000\ W = 3\ kW$$

در پایان، درصد بازده را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد بازده} = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}}\times 100\% = \frac{3}{5}\times 100\% = 60\%$$

۱۲۱ گزینه ۲ با استفاده از رابطهٔ دما در مقیاس فارنهایت و سلسیوس می‌توان نوشت:

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 122 = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 90 = \frac{9}{5}\theta \Rightarrow \theta = 50\ ^\circ C$$

به کمک رابطهٔ دما در مقیاس کلوین و سلسیوس داریم:

$$T = \theta + 273 \xrightarrow{\theta = 50\ ^\circ C} T = 50 + 273 = 323\ K$$

۱۲۲ گزینه ۲ دمای جسم A را برحسب درجهٔ سلسیوس به دست می‌آوریم:

$$F_A = \frac{9}{5}\theta_A + 32 \xrightarrow{F_A = 113\ ^\circ F} 113 = \frac{9}{5}\theta_A + 32$$

$$\Rightarrow \frac{9}{5}\theta_A = 81 \Rightarrow \theta_A = 9\times 5 = 45\ ^\circ C$$

اختلاف دما در مقیاس‌های کلوین و سلسیوس برابر است، بنابراین:

$$T_A - T_B = 50\ K \xrightarrow{\Delta T = \Delta\theta} \theta_A - \theta_B = 50\ ^\circ C$$

$$\xrightarrow{\theta_A = 45\ ^\circ C} 45 - \theta_B = 50 \Rightarrow \theta_B = -5\ ^\circ C$$

۱۲۳ گزینه ۳ بررسی علت نادرستی عبارت‌های الف و پ:

الف) ترموکوپل به دلیل نداشتن دقت کافی، از مجموعهٔ دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شد. پ) کمیت دماسنجی ترموکوپل، ولتاژ است.

۱۲۴ گزینه ۳ تغییر طول هر یک از قطعات را به دست می‌آوریم:

$$\Delta L = L_1\alpha_{\text{بتون}}\Delta\theta \xrightarrow[\alpha_{\text{بتون}} = 14\times 10^{-6}\ K^{-1}]{L_1 = 25\ m = 2500\ cm}$$

$$\Delta L = 2500\times 14\times 10^{-6}\times(50 - 10) = 1/4\ cm$$

۱۲۵ گزینه ۱ تغییر دمای پل را برحسب درجهٔ سلسیوس به دست می‌آوریم:

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta \Rightarrow 122 - (-58) = \frac{9}{5}\Delta\theta \Rightarrow 180 = \frac{9}{5}\Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = 20\times 5 = 100\ ^\circ C$$

تغییر طول پل برابر است با:

$$\Delta L = L_1\alpha\Delta\theta = 1158\times 1/3\times 10^{-5}\times 100 \Rightarrow \Delta L \simeq 1/5\ m$$

۱۲۶ گزینه ۳ تغییر فاصلهٔ AB را به دست می‌آوریم:

$$\Delta L = L_1\alpha\Delta\theta \xrightarrow[\alpha=1/8\times10^{-5}K^{-1}]{L_1=50\,cm=500\,mm}$$

$$\Delta L = 500\times1/8\times10^{-5}\times(200-0) = 1/8\ mm$$

فاصلهٔ ثانویهٔ AB برابر است با:

$$L_2 = L_1 + \Delta L = 500+1/8 = 501/8\ mm$$

۱۲۷ گزینه ۲ به کمک رابطهٔ انبساط سطحی می‌توان نوشت:

$$\Delta A = A_1 2\alpha\Delta\theta \xrightarrow[\alpha=2\times10^{-5}K^{-1},\ \Delta\theta=100\,^\circ C]{A_1=0/25\,m^2=0/25\times10^4\,cm^2}$$

$$\Delta A = 0/25\times10^4\times2\times2\times10^{-5}\times100 = 10\ cm^2$$

۱۲۸ گزینه ۴ تغییر مساحت حفره را به دست می‌آوریم:

$$\Delta A = A_1 2\alpha\Delta\theta \xrightarrow[\alpha=2/3\times10^{-5}K^{-1}]{A_1=50\,cm^2}$$

$$\Delta A = 50\times2\times2/3\times10^{-5}\times(80-0) = 0/184\ cm^2$$

مساحت ثانویهٔ حفره برابر است با:

$$A_2 = A_1 + \Delta A = 50+0/184 = 50/184\ cm^2$$

۱۲۹ گزینه ۲ با استفاده از رابطهٔ انبساط حجمی داریم:

$$\Delta V = V_1 3\alpha\Delta\theta \xrightarrow[\Delta\theta=\Delta T=120\,K]{\Delta V=8/1\,cm^3,\ V_1=1000\,cm^3}$$

$$8/1 = 1000\times3\alpha\times120 \Rightarrow \alpha = \frac{8/1}{3/6\times10^5} = 2/25\times10^{-5}\,\frac{1}{K}$$

۱۳۰ گزینه ۴ حجم اولیهٔ قرص را به دست می‌آوریم:

$$V_1 = A_1h_1 = \pi r_1^2 h_1$$

$$\xrightarrow[h_1=4\ mm=0/4\ cm]{\pi=3,\ r_1=10\ cm} V_1 = 3\times(10)^2\times0/4 = 120\ cm^3$$

تغییر حجم قرص برابر است با:

$$\Delta V = V_1 3\alpha\Delta\theta \xrightarrow[\Delta\theta=\Delta T=100\,K]{V_1=120\,cm^3,\ \alpha=5\times10^{-5}\frac{1}{K}}$$

$$\Delta V = 120\times3\times5\times10^{-5}\times100 = 1/8\ cm^3$$

۱۳۱ گزینه ۲ دمای ثانویهٔ میله‌ها به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{اختلاف طول دو میله} = \Delta L_{\text{مس}} - \Delta L_{\text{آهن}} = L_1(\alpha_{\text{مس}} - \alpha_{\text{آهن}})\Delta\theta$$

$$\xrightarrow[\alpha_{\text{مس}}=1/8\times10^{-5}\frac{1}{^\circ C},\ \alpha_{\text{آهن}}=1/2\times10^{-5}\frac{1}{^\circ C},\ \theta_1=0\,^\circ C]{\Delta L=0/3\ mm,\ L_1=0/5\ m=0/5\times10^3\ mm}$$

$$0/3 = 0/5\times10^3(1/8\times10^{-5}-1/2\times10^{-5})\times(\theta_2-0)$$

$$\Rightarrow 0/3 = 0/5\times10^3\times0/6\times10^{-5}\times\theta_2 \Rightarrow \theta_2 = \frac{0/3}{0/3\times10^{-2}} = 100\,^\circ C$$

۱۳۲ گزینه ۴ مجموع طول‌های اولیهٔ دو میله برابر $50+50=100\,cm$ است. برای رسیدن دو میله به یکدیگر باید مجموع طول‌های دو میله برابر $100/4\ cm$ شود؛ بنابراین مجموع افزایش طول دو میله باید برابر $100/4-100=0/4\ cm$ شود. داریم:

$$\Delta L_{Cu} + \Delta L_{Al} = 0/4$$

$$\Rightarrow L_1(\alpha_{Cu}+\alpha_{Al})\Delta\theta = 0/4 \xrightarrow[\alpha_{Cu}=1/7\times10^{-5}\frac{1}{K},\ \alpha_{Al}=2/3\times10^{-5}\frac{1}{K}]{L_1=50\,cm,\ \Delta\theta=\Delta T}$$

$$50\times(1/7\times10^{-5}+2/3\times10^{-5})\Delta T = 0/4$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{0/4}{50\times4\times10^{-5}} = 200\ K$$

۱۳۳ گزینه ۳ طول اولیهٔ میلهٔ مسی ۱ mm کم‌تر از طول اولیهٔ میلهٔ آهنی و طول ثانویهٔ میلهٔ مسی ۰/۵ mm بیشتر از طول ثانویهٔ میلهٔ آهنی است؛ بنابراین افزایش طول میلهٔ مسی باید $1+0/5=1/5$ mm بیشتر از افزایش طول میلهٔ آهنی است. اگر طول اولیهٔ میلهٔ آهنی را L_1 میلی‌متر در نظر بگیریم، طول اولیهٔ میلهٔ مسی برابر (L_1-1) میلی‌متر است و می‌توان نوشت:

$$\Delta L_{\text{مس}} - \Delta L_{\text{آهن}} = 1/5\ mm$$

$$\Rightarrow (L_1-1)\alpha_{\text{مس}}\Delta\theta - L_1\alpha_{\text{آهن}}\Delta\theta = 1/5$$

$$\Rightarrow (L_1-1)\alpha_{\text{مس}} - L_1\alpha_{\text{آهن}} = \frac{1/5}{\Delta\theta} \xrightarrow[\alpha_{\text{آهن}}=1/2\times10^{-5}\frac{1}{^\circ C}]{\alpha_{\text{مس}}=1/8\times10^{-5}\frac{1}{^\circ C},\ \Delta\theta=100\,^\circ C}$$

$$(L_1-1)\times1/8\times10^{-5} - L_1\times1/2\times10^{-5} = \frac{1/5}{100}$$

$$1/8L_1 - 1/8 - 1/2L_1 = \frac{1/5}{100\times10^{-5}} \Rightarrow 0/6L_1 = 1500+1/8$$

$$\Rightarrow L_1 = \frac{1500+1/8}{0/6} = 2500+3 = 2503\ mm$$

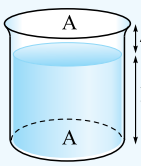
$$\xrightarrow{1\ mm=10^{-3}\ m} L_1 = 2/503\ m$$

۱۳۴ گزینه ۳ چون از افزایش حجم باک صرف نظر می‌شود، حجم بنزینی که از باک بیرون می‌ریزد برابر با افزایش حجم بنزین است؛ بنابراین:

$$\Delta V = V_1\beta\Delta\theta$$

$$\xrightarrow[\beta=1\times10^{-3}\frac{1}{^\circ C}]{V_1=50\,L} \Delta V = 50\times1\times10^{-3}\times(40-10) = 1/5L$$

۱۳۵ گزینه ۲ با توجه به این‌که از انبساط ظرف چشم‌پوشی می‌شود، زمانی که افزایش حجم بنزین برابر با حجم فضای خالی داخل استوانه شود، بنزین شروع به سرریزشدن از ظرف می‌کند؛ بنابراین:



$$\Delta V_{\text{بنزین}} = A\Delta h \Rightarrow (\cancel{A}h)\beta\Delta\theta = \cancel{A}\,\Delta h$$

$$\xrightarrow[\beta=1\times10^{-3}\frac{1}{^\circ C},\ \theta_1=-10\,^\circ C]{h=10\ m,\ \Delta h=50\ cm=0/5\ m} 10\times1\times10^{-3}\times(\theta_2-(-10)) = 0/5$$

$$\Rightarrow \theta_2+10 = 50 \Rightarrow \theta_2 = 40\,^\circ C$$

۱۳۶ گزینه ۳ حجم گلیسیرین سرریزشده به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\Delta V_{\text{سرریز}} = \Delta V_{\text{گلیسیرین}} - \Delta V_{\text{ظرف}}$$

$$= V_1\beta_{\text{گلیسیرین}}\Delta\theta - V_1 3\alpha_{\text{شیشه}}\Delta\theta = V_1(\beta_{\text{گلیسیرین}} - 3\alpha_{\text{ظرف}})\Delta\theta$$

$$\xrightarrow[\beta_{\text{گلیسیرین}}=50\times10^{-5}\frac{1}{^\circ C},\ \alpha_{\text{ظرف}}=10\times10^{-6}\frac{1}{^\circ C}]{V_1=200\,cm^3,\ \theta_1=10\,^\circ C,\ \theta_2=60\,^\circ C}$$

$$\Delta V_{\text{سرریز}} = 200(50\times10^{-5} - 3\times10\times10^{-6})(60-10)$$

$$= 200\times47\times10^{-5}\times50 = 4/7\ cm^3$$

۱۳۷ گزینه ۳ اختلاف دما را برحسب درجهٔ سلسیوس به دست می‌آوریم:

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta \Rightarrow 400-40 = \frac{9}{5}\Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{5\times\overset{40}{\cancel{360}}}{\underset{1}{\cancel{9}}} = 200\,^\circ C$$

تغییر چگالی فلز برابر است با:

$$\Delta\rho = -\rho_1 3\alpha\Delta\theta = -\rho_1\times3\times2\times10^{-5}\times200 = -12\rho_1\times10^{-3}$$

نسبت خواسته‌شده به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{\rho_1+\Delta\rho}{\rho_1}=\frac{\rho_1+(-12\rho_1\times10^{-3})}{\rho_1}=1-12\times10^{-3}=0/988$$

۱۳۸ گزینه ۳ چگالی گلوله در دمای $0\ ^\circ C$ را به دست می‌آوریم:

$$\rho_1=\frac{m}{V}=\frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3}\xrightarrow[r=1\,cm=10^{-2}\,m,\ \pi=3]{m=44\,g=44\times10^{-3}\,kg}\rho_1=\frac{44\times10^{-3}}{\frac{4}{3}\times3\times(10^{-2})^3}$$

$$=11\times10^3\,kg/m^3$$

تغییر چگالی گلوله برابر است با: $\Delta\rho=-\rho_1(3\alpha_{\text{سرب}})\Delta\theta$

$$=-11\times10^3\times3\times3\times10^{-5}\times100=-99\,kg/m^3$$

چگالی گلوله به اندازهٔ $99\,kg/m^3$ کاهش می‌یابد.

۱۳۹ گزینه ۳ داریم: درصد افزایش قطر حلقه $=100\times\alpha\Delta\theta$

$$\xrightarrow[\Delta\theta=50\ ^\circ C]{\alpha=2\times10^{-5}\,K^{-1}}\text{درصد افزایش قطر حلقه}=100\times2\times10^{-5}\times50=0/1$$

۱۴۰ گزینه ۲ درصد افزایش حجم قطعه برابر است با:

$$\text{درصد افزایش حجم}=100\times3\alpha\Delta\theta\xrightarrow[\Delta\theta=200\ ^\circ C]{\alpha_{\text{سرب}}=3\times10^{-5}\frac{1}{^\circ C}}$$

$$\text{درصد افزایش حجم}=100\times3\times3\times10^{-5}\times200=1/8$$

۱۴۱ گزینه ۲ تغییر دما را برحسب درجهٔ سلسیوس به دست می‌آوریم:

$$\Delta F=\frac{9}{5}\Delta\theta\Rightarrow120-30=\frac{9}{5}\Delta\theta\Rightarrow\Delta\theta=\frac{\overset{10}{\cancel{90}}\times5}{\underset{1}{\cancel{9}}}=50\ ^\circ C$$

درصد تغییرات چگالی برابر است با:

$$\text{درصد تغییرات چگالی}=-100\times\beta_{\text{جیوه}}\Delta\theta\xrightarrow[\Delta\theta=50\ ^\circ C]{\beta_{\text{جیوه}}=1/8\times10^{-4}\frac{1}{K}}$$

$$\text{درصد تغییرات چگالی}=-100\times1/8\times10^{-4}\times50=-0/9$$

علامت منفی بیانگر کاهش چگالی جیوه است.

۱۴۲ گزینه ۲ به ازای تغییر دما از θ_1 به θ_2، طول میله $x=0/1$ درصد افزایش یافته است؛ بنابراین چگالی میله $3x=3\times0/1=0/3$ درصد کاهش می‌یابد.

۱۴۳ گزینه ۴ از روابط درصد تغییرات مساحت و درصد تغییرات حجم استفاده می‌کنیم:

$$\frac{\text{درصد تغییرات مساحت}}{\text{درصد تغییرات حجم}}=\frac{100\times2\alpha\Delta\theta'}{100\times3\alpha\Delta\theta}$$

$$\xrightarrow[\Delta\theta=80\ ^\circ C]{\Delta\theta'=60\ ^\circ C}\frac{\text{درصد تغییرات مساحت}}{0/08}=\frac{2\times60}{3\times80}$$

$$\Rightarrow\text{درصد تغییرات مساحت}=0/04$$

درصد افزایش سطح کره، $\frac{2}{3}$ برابر درصد افزایش حجم کره است؛ بنابراین به ازای تغییر دمای $80\ ^\circ C$ می‌توان نوشت:

$$\Delta\theta=80\ ^\circ C:\ \text{درصد افزایش سطح}=\frac{2}{3}\times0/08\simeq0/05\,\%$$

درصد افزایش سطح کره به ازای افزایش دمای $60\ ^\circ C$ باید از مقدار به دست آمده در بالا کم‌تر باشد. پس **۴** جواب تست است.

۱۴۴ گزینه ۱ در شکل (الف) با افزایش دما، نوار دوفلزه به سمت راست خم می‌شود؛ پس افزایش طول فلز A بیشتر است و داریم: $\alpha_A>\alpha_B$

در شکل (ب) با کاهش دما، نوار دوفلزه به سمت راست خم می‌شود؛ پس کاهش طول فلز B بیشتر است و داریم: $\alpha_B>\alpha_C$

بنابراین: $\alpha_A>\alpha_B>\alpha_C$

۱۴۵ گزینه ۳ دماهای $\theta_1=35\ ^\circ F$ و $\theta_2=40\ ^\circ F$ را به درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کنیم:

$$F_1=\frac{9}{5}\theta_1+32\Rightarrow35=\frac{9}{5}\theta_1+32\Rightarrow\frac{9}{5}\theta_1=3$$

$$\Rightarrow\theta_1=\frac{5}{3}\simeq1/7\ ^\circ C\quad F_2=\frac{9}{5}\theta_2+32\Rightarrow40=\frac{9}{5}\theta_2+32$$

$$\Rightarrow\frac{9}{5}\theta_2=8\Rightarrow\theta_2=\frac{40}{9}\simeq4/4\ ^\circ C$$

حالا درستی یا نادرستی عبارت‌ها را بررسی می‌کنیم:

الف) نادرست؛ از دمای $\theta_1=1/7\ ^\circ C$ تا دمای $4\ ^\circ C$ چگالی آب افزایش و از دمای $4\ ^\circ C$ تا دمای $\theta_2=4/4\ ^\circ C$ چگالی آب کاهش می‌یابد.

ب) درست؛ از دمای $\theta_1=1/7\ ^\circ C$ تا $\theta_2=4/4\ ^\circ C$، حجم آب ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. چون انبساط ظرف ناچیز است، سطح مقطع ظرف ثابت بوده و از θ_1 تا θ_2، ارتفاع آب ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

پ) نادرست و ت) درست؛ فشار ناشی از آب در کف ظرف از رابطهٔ $P=\frac{F}{A}=\frac{m_{\text{آب}}g}{A_{\text{ظرف}}}$ به دست می‌آید. با توجه به ثابت‌بودن $m_{\text{آب}}$ و $A_{\text{ظرف}}$ فشار ناشی از آب در کف ظرف پیوسته ثابت می‌ماند.

۱۴۶ گزینه ۳ ظرفیت گرمایی درصد کاهش یافته است؛ بنابراین:

$$\Delta C=-\frac{20}{100}C\xrightarrow{C=2100\,J/k}\Delta C=-\frac{20}{100}\times2100=-420\,J/k$$

به کمک رابطهٔ ظرفیت گرمایی می‌توان نوشت: $C=mc\Rightarrow\Delta C=\Delta m\times c$

$$\xrightarrow[\Delta m=-1\,kg]{\Delta C=-420\,J/k}-420=-1\times c\Rightarrow c=420\,\frac{J}{kg.K}$$

۱۴۷ گزینه ۱ نسبت جرم دو جسم برابر است با:

$$m=\rho V\Rightarrow\frac{m_A}{m_B}=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{V_A}{V_B}\xrightarrow{\rho_A=2\rho_B\ ,\ V_A=V_B}\frac{m_A}{m_B}=2\times1=2$$

حالا رابطهٔ گرما را به صورت نسبتی می‌نویسیم:

$$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow\frac{Q_A}{Q_B}=\frac{m_A}{m_B}\times\frac{c_A}{c_B}\times\frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

$$\xrightarrow[m_A=2m_B]{Q_A=Q_B\ ,\ c_A=2c_B}1=2\times2\times\frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}\Rightarrow\frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}=\frac{1}{4}$$

۱۴۸ گزینه ۲ به کمک شکل نسبتی رابطهٔ چگالی، نسبت جرم دو جسم را به دست می‌آوریم (چون دو کره هم‌جنس‌اند، چگالی‌هایشان برابر است.):

$$m=\rho V\Rightarrow\frac{m_B}{m_A}=\frac{\rho_B}{\rho_A}\times\frac{V_B}{V_A}$$

$$\xrightarrow[V_A=\frac{4}{3}\pi r_A^3]{V_B=\frac{4}{3}\pi(r_B^3-r_B'^3)}\frac{m_B}{m_A}=\frac{\rho_B}{\rho_A}\times\left(\frac{r_B^3-r_B'^3}{r_A^3}\right)$$

$$\xrightarrow[r_B=20\,cm\ ,\ r_B'=10\,cm]{\rho_A=\rho_B\ ,\ r_A=20\,cm}\frac{m_B}{m_A}=1\times\left(\frac{20^3-10^3}{20^3}\right)=1\times\left(\frac{7000}{8000}\right)=\frac{7}{8}$$

حالا رابطهٔ گرما را به شکل نسبتی می‌نویسیم (چون دو کره هم‌جنس‌اند، گرمای ویژه‌شان برابر است.):

$$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow\frac{Q_B}{Q_A}=\frac{m_B}{m_A}\times\frac{c_B}{c_A}\times\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}$$

$$\xrightarrow[m_B=\frac{1}{8}m_A]{Q_A=Q_B\ ,\ c_A=c_B}1=\frac{7}{8}\times1\times\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}\Rightarrow\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}=\frac{8}{7}$$

۱۴۹ گزینه ۱ طبق رابطهٔ $\Delta R=R_1\alpha\Delta\theta$ و با توجه به این‌که دو کره هم‌جنس‌اند $(\alpha_A=\alpha_B)$، شعاع اولیهٔ مساوی دارند $(R_{1(A)}=R_{1(B)})$ و افزایش دمای آن‌ها یکسان است $(\Delta\theta_A=\Delta\theta_B)$، افزایش شعاع کره‌ها برابر است: $\Delta R_A=\Delta R_B$

دو کره شعاع اولیهٔ مساوی دارند؛ بنابراین جرم کرهٔ توخالی A، کم‌تر از جرم کرهٔ توپر B است $(m_A < m_B)$. طبق رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ و با توجه به این‌که دو کره هم‌جنس‌اند $(c_A = c_B)$ و افزایش دمای آن‌ها یکسان است $(\Delta\theta_A = \Delta\theta_B)$، گرمای گرفته‌شده توسط کرهٔ A کم‌تر از گرمای گرفته‌شده توسط کرهٔ B است: $Q_A < Q_B$

۱۵۰ گزینه ۴ به کمک شکل نسبتی رابطهٔ گرما، نسبت تغییر دمای دو جسم را به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{c_A}{c_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

$$\xrightarrow[c_A=\frac{1}{2}c_B]{Q_A=Q_B,\, m_A=m_B} 1 = 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = 2$$

رابطهٔ انبساط حجمی را به صورت نسبتی می‌نویسیم:

$$\Delta V = V_1 3\alpha\Delta\theta \Rightarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_{1(A)}}{V_{1(B)}} \times \frac{\alpha_A}{\alpha_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

$$\xrightarrow[\alpha_A=\frac{1}{2}\alpha_B,\, \Delta\theta_A=2\Delta\theta_B]{V_{1(B)}=4V_{1(A)}} \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 2 = \frac{1}{4}$$

۱۵۱ گزینه ۲ به کمک شکل نسبتی رابطهٔ گرما، نسبت تغییر دماهای دو کره را به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{m=\rho V} Q = \rho V c \Delta\theta$$

$$\xrightarrow[\rho_A=\rho_B,\, c_A=c_B]{\text{دو کره هم‌جنس‌اند.}} \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{V_A}{V_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

$$\xrightarrow[V_B=\frac{4}{3}\pi(r_B^3 - r_B'^3)]{V_A=\frac{4}{3}\pi r_A^3} \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{r_A^3}{r_B^3 - r_B'^3} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

$$\xrightarrow[r_B=20\,cm,\, r_B'=10\,cm]{r_A=20\,cm,\, Q_A=Q_B} 1 = \frac{20^3}{20^3 - 10^3} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = \frac{7}{8}$$

نسبت خواسته‌شده برابر است با:

$$\Delta V = V_1 3\alpha\Delta\theta \xrightarrow[\alpha_A=\alpha_B]{\text{دو کره هم‌جنس‌اند.}} \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_{1(A)}}{V_{1(B)}} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

$$= \frac{r_{1(A)}^3}{r_{1(B)}^3 - r_{1(B)}'^3} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = \frac{20^3}{20^3 - 10^3} \times \frac{7}{8} = \frac{8}{7} \times \frac{7}{8} = 1$$

از همان ابتدا همهٔ روابط مورد نیاز برای حل تست را ترکیب می‌کنیم تا به رابطه‌ای برای تغییر حجم فلز به کار رفته در کره‌ها برسیم:

$$\Delta V = V \times 3\alpha \times \Delta\theta \xrightarrow{\Delta\theta=\frac{Q}{mc}} \Delta V = V \times 3\alpha \times \frac{Q}{mc}$$

$$\xrightarrow{m=\rho V} \Delta V = V \times 3\alpha \times \frac{Q}{\rho V c} = \frac{3\alpha Q}{\rho c}$$

چون کره‌ها هم‌جنس‌اند α، ρ و c یکسان است. هم‌چنین به کره‌ها Q یکسانی داده شده است؛ بنابراین با توجه به رابطهٔ بالا، تغییر حجم فلز به کار رفته در کره‌ها (ΔV) هم برابر است، یعنی: $\frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = 1$

۱۵۲ گزینه ۳ ذوب، تبخیر و تصعید (تبدیل جامد به بخار) گرماگیر و انجماد، میعان و چگالش (تبدیل بخار به جامد) گرمازا هستند.

۱۵۳ گزینه ۳ با افزایش فشار محیط، نقطهٔ انجماد آب نسبت به نقطهٔ انجماد آن در فشار یک اتمسفر که برابر با $0\ ^\circ C$ است، اندکی کاهش می‌یابد؛ بنابراین آب در دمای پایین‌تر از صفر درجهٔ سلسیوس منجمد می‌شود.

۱۵۴ گزینه ۴ طی فرایند میعان، بخار آب گرما از دست می‌دهد و روی پنجره به شکل قطره‌های آب درمی‌آید؛ بنابراین گرما از بخار آب به شیشه منتقل می‌شود. مقدار گرمای منتقل‌شده برابر است با:

$$Q = mL_V \xrightarrow[L_V=2490\,kJ/kg]{m=50\,g=50\times10^{-3}\,kg} Q = 50\times10^{-3}\times2490$$

$$= 124/5\ kJ$$

۱۵۵ گزینه ۲ جرم لایهٔ یخ برابر است با:

$$m_{\text{یخ}} = \rho_{\text{یخ}} V = \rho_{\text{یخ}} Ad \xrightarrow[A=500\,km^2=500\times10^{10}\,cm^2]{\rho_{\text{یخ}}=0/9\,g/cm^3,\, d=10\,cm}$$

$$m_{\text{یخ}} = 0/9\times500\times10^{10}\times10 = 45\times10^{12}\,g$$

$$\xrightarrow{1\,g=10^{-3}\,kg} m_{\text{یخ}} = 45\times10^{9}\,kg$$

گرمای (انرژی) جذب‌شده توسط یخ برابر است با:

$$Q = m_{\text{یخ}} L_F \xrightarrow[L_F=336\,kJ/kg]{m_{\text{یخ}}=45\times10^9\,kg} Q = 45\times10^9\times336$$

$$= 1/512\times10^{13}\,kJ \xrightarrow{10^3\,kJ=1\,MJ} Q = 1/512\times10^{10}\,MJ$$

۱۵۶ گزینه ۲ مقدار گرمایی که آب از دست می‌دهد، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$|Q| = mc_{\text{آب}}|\Delta\theta| \xrightarrow[c_{\text{آب}}=4200\,J/kg.K,\, \theta_2=0\,^\circ C]{m=800\,g=0/8\,kg,\, \theta_1=50\,^\circ C}$$

$$|Q| = 0/8\times4200\times|(0-50)| = 168000\ J$$

۹۰٪ گرمای به دست آمده به یخ $0\ ^\circ C$ داده می‌شود؛ بنابراین:

$$0/9|Q| = m'L_F \Rightarrow 0/9\times168000 = m'\times336000$$

$$\Rightarrow m' = \frac{0/9\times\cancel{168000}^{1}}{\cancel{336000}_{2}} = 0/45\,kg \xrightarrow{1\,kg=10^3\,g} m' = 450\,g$$

۱۵۷ گزینه ۴ درجهٔ فارنهایت را برحسب درجهٔ سلسیوس به دست می‌آوریم:

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 50 = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow \frac{9}{5}\theta = 18$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{5}{9}\times18 = 10\ ^\circ C$$

طرح‌وارهٔ فرایند تبدیل یخ $0\ ^\circ C$ به آب $10\ ^\circ C$ را رسم می‌کنیم و با توجه به آن، ابتدا گرمای مبادله‌شده در هر مرحله و سپس گرمای کل را حساب می‌کنیم:

۲۰ g یخ ۰°C —مرحلهٔ ۱: تغییر حالت، $Q_1 = +mL_F$→ ۲۰ g آب ۰°C —مرحلهٔ ۲: تغییر دما، $Q_2 = mc_{\text{آب}}\Delta\theta$→ ۲۰ g آب ۱۰°C

$$\begin{cases} Q_1 = +mL_F = 20\times336 = 6720\ J \\ Q_2 = mc_{\text{آب}}\Delta\theta = 20\times4/2\times(10-0) = 840\ J \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{کل}} = 6720 + 840 = 7560\ J$$

۱۵۸ گزینه ۲ طرح‌وارهٔ تبدیل یخ $0\ ^\circ C$ به آب $20\ ^\circ C$ را رسم کرده و گرمای مبادله‌شده در هر مرحله و گرمای کل را محاسبه می‌کنیم (جرم یخ را برابر m کیلوگرم در نظر می‌گیریم.):

m کیلوگرم یخ ۰°C —مرحلهٔ ۱: تغییر حالت، $Q_1 = +mL_F$→ m کیلوگرم آب ۰°C —مرحلهٔ ۲: تغییر دما، $Q_2 = mc_{\text{آب}}\Delta\theta$→ m کیلوگرم آب ۲۰°C

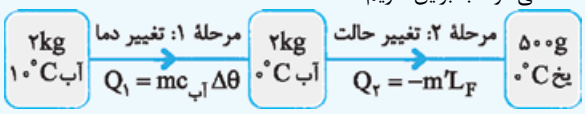
$$\begin{cases} Q_1 = +mL_F = 336\,m\,(kJ) \\ Q_2 = mc\Delta\theta \xrightarrow[\theta_1=0\,^\circ C,\, \theta_2=20\,^\circ C]{c=4200\,\frac{J}{kg.K}=4/2\,\frac{kJ}{kg.K}} \\ Q_2 = m\times4/2\times(20-0) = 84\,m\,(kJ) \end{cases}$$

$$Q_{\text{کل}} = 336\,m + 84\,m = 420\,m\ (kJ)$$

گرمایی که صرف ذوب‌کردن یخ می‌شود Q_1 است؛ بنابراین خواستهٔ تست به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{Q_1}{Q_{\text{کل}}}\times\%100 = \frac{336\,m}{420\,m}\times\%100 = \%80$$

۱۵۹ گزینهٔ ۲ در این فرایند، مطابق طرح‌وارهٔ زیر، ابتدا همهٔ $۲\ kg$ آب $۱۰\ ^\circ C$ به آب $۰\ ^\circ C$ تبدیل شده و سپس $۵۰۰\ g$ از آن تبدیل به یخ $۰\ ^\circ C$ می‌شود؛ بنابراین داریم:



$$Q=Q_1+Q_2=mc_{آب}\Delta\theta+(-m'L_F)$$

$$=۲\times۴۲۰۰\times(۰-۱۰)-۰/۵\times\underbrace{۳۳۶۰۰۰}_{۸۰\times۴۲۰۰}=-۲۰\times۴۲۰۰-۴۰\times۴۲۰۰$$

$$=-۶۰\times۴۲۰۰=-۲۵۲۰۰۰\ J\Rightarrow Q=-۲۵۲\ kJ$$

علامت منفی بیانگر آن است که از آب گرما گرفته شده است.

۱۶۰ گزینهٔ ۲ یخ و آب در تعادل حرارتی قرار دارند؛ بنابراین دمای مجموعه برابر $۰\ ^\circ C$ است. مقدار گرمایی که باعث ذوب $۱\ kg$ یخ $۰\ ^\circ C$ می‌شود را به دست می‌آوریم:

$$Q_{یخ}=m_{یخ}L_F\xrightarrow[L_F=۳۳۶\ kJ/kg]{m=۱\ kg}Q_{یخ}=۱\times۳۳۶=۳۳۶\ kJ$$

به مجموعه $۵۴۶\ kJ$ گرما داده می‌شود که $۳۳۶\ kJ$ آن صرف ذوب‌کردن $۱\ kg$ یخ و بقیهٔ آن صرف بالارفتن دمای $۵\ kg$ $(۴+۱)$ آب می‌شود:

$$Q=mc\Delta\theta\xrightarrow[m=۵\ kg,c=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K}]{Q=۵۴۶-۳۳۶=۲۱۰\ kJ=۲۱۰\times۱۰^۳\ J}$$

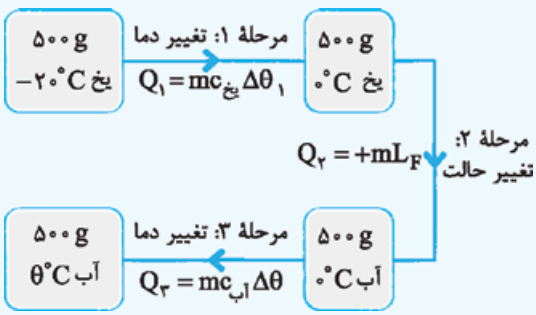
$$۲۱۰\times۱۰^۳=۵\times۴۲۰۰\times(\theta-۰)\Rightarrow\theta=۱۰\ ^\circ C$$

۱۶۱ گزینهٔ ۳ مقدار گرمایی که در مدت $۲۰\ min$ به یخ داده می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$Q=Pt\xrightarrow[t=۲۰\ min]{P=۱۰/۵\ kJ/min}Q=۱۰/۵\times۲۰=۲۱۰\ kJ$$

فرض می‌کنیم که اگر این مقدار گرما را به $۵۰۰\ g$ یخ بدهیم، در نهایت $۵۰۰\ g$ آب با دمای θ درجهٔ سلسیوس داشته باشیم.

براساس طرح‌وارهٔ زیر می‌توان نوشت:



$$Q=Q_1+Q_2+Q_3=mc_{یخ}\Delta\theta_1+mL_F+mc_{آب}\Delta\theta_2$$

$$\Rightarrow۲۱۰\times۱۰^۳=۰/۵\times\underbrace{۲۱۰۰}_{\frac{۱}{۲}\times۴۲۰۰}\times(۰-(-۲۰))+۰/۵\times\underbrace{۳۳۶۰۰۰}_{۸۰\times۴۲۰۰}$$

$$+۰/۵\times۴۲۰۰\times(\theta-۰)\Rightarrow۲۱۰\times۱۰^۳=۵\times۴۲۰۰+۴۰\times۴۲۰۰$$

$$+\frac{\theta}{۲}\times۴۲۰۰=(۴۵+\frac{\theta}{۲})\times۴۲۰۰\Rightarrow۵۰=۴۵+\frac{\theta}{۲}\Rightarrow\theta=۱۰\ ^\circ C$$

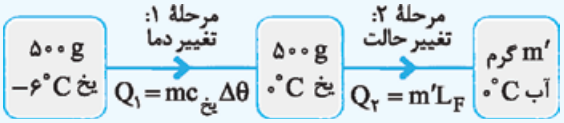
۱۶۲ گزینهٔ ۱ گرمای تولیدی توسط گرمکن برابر است با:

$$Q=P\times t\times Ra\xrightarrow[t=۱۲۲/۵\ s]{P=۷۵۰\ W,Ra=۰/۸}$$

$$Q=۷۵۰\times۱۲۲/۵\times۰/۸=۷۳۵۰۰\ J$$

گرمای به دست آمده دمای همهٔ یخ را به $۰\ ^\circ C$ می‌رساند و سپس بخشی از آن (به جرم m' گرم) را ذوب می‌کند.

براساس طرح‌وارهٔ زیر می‌توان نوشت:



$$Q=Q_1+Q_2=mc_{یخ}\Delta\theta+m'L_F$$

$$\Rightarrow۷۳۵۰۰=۰/۵\times\underbrace{۲۱۰۰}_{\frac{۱}{۲}\times۴۲۰۰}\times(۰-(-۶))+(\underbrace{m'\times۱۰^{-۳}}_{\text{تبدیل به کیلوگرم}})\times\underbrace{۳۳۶۰۰۰}_{۸۰\times۴۲۰۰}$$

$$\Rightarrow۷۳۵۰۰=۱/۵\times۴۲۰۰+(۰/۰۸\ m')\times۴۲۰۰$$

$$\Rightarrow۱/۵+۰/۰۸\ m'=\frac{۷۳۵۰۰}{۴۲۰۰}\Rightarrow۱/۵+۰/۰۸\ m'=۱۷/۵$$

$$\Rightarrow۰/۰۸\ m'=۱۶\Rightarrow m'=\frac{۱۶۰۰}{۸}=۲۰۰\ g$$

$۲۰۰\ g$ از یخ ذوب شده است؛ بنابراین جرم یخ باقی‌مانده برابر $(۵۰۰-۲۰۰)=۳۰۰\ g$ است.

۱۶۳ گزینهٔ ۴ توان گرمایی گرمکن ثابت است؛ بنابراین:

$$P_۱=P_۲\Rightarrow\frac{Q_۱}{t_۱}=\frac{Q_۲}{t_۲}\xrightarrow[Q_۲=mc\Delta\theta+mL_V]{Q_۱=mL_F}\frac{mL_F}{t_۱}=\frac{m(c\Delta\theta+L_V)}{t_۲}$$

$$\Rightarrow\frac{۳۳۶}{۱۰}=\frac{(۴/۲\times(۱۰۰-۰)+۲۲۶۸)}{t_۲}\Rightarrow\frac{\overbrace{۸\times۴۲}^{}\ \overbrace{۳۳۶}^{}}{۱۰}=\frac{(\overbrace{۱۰\times۴۲}^{}+\overbrace{۵۴\times۴۲}^{}+۲۲۶۸)}{t_۲}$$

$$\Rightarrow t_۲=\frac{۱۰\times۴۲\times(۱۰+۵۴)}{۸\times۴۲}=\frac{۱۰\times۶۴}{۸}=۸۰\ min$$

۱۶۴ گزینهٔ ۱ در هر دقیقه $۱۰۰\ J$ گرما به مایع داده می‌شود، بنابراین گرمای داده‌شده به مایع در دقیقه برابر است با: $Q=۵۶\times۱۰۰=۵۶۰۰\ J$

به کمک رابطهٔ گرما داریم: $Q=mc\Delta\theta\Rightarrow۵۶۰۰=۰/۵\times c\times\underbrace{(۴۱-(-۳۹))}_{۸۰}$

$$\Rightarrow c=\frac{\overbrace{۵۶۰۰}^{۷۰}}{۰/۵\times\underbrace{۸۰}_{۱}}=۱۴۰\frac{J}{kg.K}$$

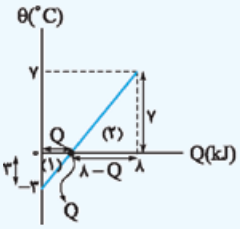
۱۶۵ گزینهٔ ۴ **روش اول:** با توجه به اطلاعات روی نمودار، ظرفیت گرمایی جسم را به دست می‌آوریم:

$$Q=C\Delta\theta\Rightarrow\frac{Q}{\Delta\theta}=C\Rightarrow\frac{۸\times۱۰^۳}{۷-(-۳)}=C\Rightarrow C=۸۰۰\ J/K$$

گرمای لازم برای آن‌که دمای جسم $۳\ K$ (یا $۳\ ^\circ C$) افزایش یابد، برابر است با:

$$Q'=C\Delta\theta'\Rightarrow Q'=۸۰۰\times۳=۲۴۰۰\ J\Rightarrow Q'=۲/۴\ kJ$$

روش دوم: به دنبال گرمای لازم برای افزایش دمای $۳\ K$ (یا $۳\ ^\circ C$) جسم هستیم؛ بنابراین باید مقدار Q در نمودار مقابل را به دست آوریم: به کمک تشابه مثلث‌های (۱) و (۲) می‌توان نوشت:



$$\frac{۷}{۳}=\frac{۸-Q}{Q}\Rightarrow۷Q=۲۴-۳Q$$

$$\Rightarrow۱۰Q=۲۴\Rightarrow Q=۲/۴\ kJ$$

با توجه به نمودار به ازای دریافت گرمای $۸\ kJ$ دمای جسم $۱۰\ ^\circ C$ (از $-۳\ ^\circ C$ تا $۷\ ^\circ C$) افزایش یافته است؛ بنابراین به کمک یک تناسب ساده داریم:

$Q(kJ)$	$\Delta\theta(^\circ C)$
۸	۱۰
Q	۳

$$\Rightarrow Q=\frac{۳\times۸}{۱۰}=۲/۴\ kJ$$

۱۶۶ گزینه ۴ مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا یخ $-۱۰\,^\circ C$ به یخ $۰\,^\circ C$ تبدیل شود را به دست می‌آوریم:

$$Q_۱ = mc_{\text{یخ}}\Delta\theta_۱ \Rightarrow Pt_۱ = mc_{\text{یخ}}\Delta\theta \Rightarrow t_۱ = \frac{۰/۲\times ۲۱۰۰\times(۰-(-۱۰))}{۲۱۰} = ۲۰\,s$$

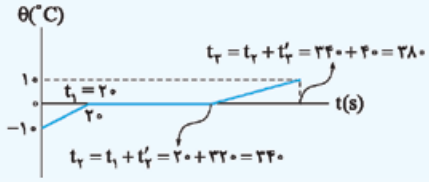
مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا یخ $۰\,^\circ C$ به آب $۰\,^\circ C$ تبدیل شود برابر است با:

$$Q_۲ = mL_F \Rightarrow Pt'_۲ = mL_F \Rightarrow t'_۲ = \frac{۰/۲\times ۳۳۶۰۰۰}{۲۱۰} = ۳۲۰\,s$$

مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا آب $۰\,^\circ C$ به آب $۱۰\,^\circ C$ تبدیل شود به صورت زیر به دست می‌آید:

$$Q_۳ = mc_{\text{آب}}\Delta\theta_۳ \Rightarrow Pt'_۳ = mc_{\text{آب}}\Delta\theta_۳ \Rightarrow t'_۳ = \frac{۰/۲\times ۴۲۰۰\times(۱۰-۰)}{۲۱۰} = ۴۰\,s$$

حالا با توجه به گام‌های اول تا سوم نمودار $(\theta-t)$ این فرایند را رسم می‌کنیم:



۱۶۷ گزینه ۴ دمای تعادل برابر با $۵۲\,^\circ C$ است؛ بنابراین:

$$Q_{\text{آب}} + Q_{Al} = ۰$$

$$\Rightarrow m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(\theta_e - \theta_{۱(\text{آب})}) + m_{Al}c_{Al}(\theta_e - \theta_{۱(Al)}) = ۰$$

$$\xrightarrow{\substack{m_{\text{آب}}=۴/۵\,kg, c_{\text{آب}}=۴۲۰۰\,J/kg.^\circ C, \theta_{۱(\text{آب})}=۵۰\,^\circ C \\ c_{Al}=۹۰۰\,J/kg.^\circ C, \theta_{۱(Al)}=۹۴\,^\circ C, \theta_e=۵۲\,^\circ C}}$$

$$\frac{۴/۵}{۱}\times ۴۲۰۰\times(۵۲-۵۰) + m\times\frac{۹۰۰}{۲۰۰}\times(۵۲-۹۴) = ۰$$

$$\Rightarrow ۴۲\times ۲ + ۲m\times(-۴۲) = ۰ \Rightarrow m = ۱\,kg$$

۱۶۸ گزینه ۳ ظرفیت گرمایی گرماسنج به صورت زیر به دست می‌آید (دمای اولیهٔ گرماسنج برابر با دمای اولیهٔ آب درون آن یعنی $۱۵\,^\circ C$ است.):

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{سرب}} + Q_{\text{گرماسنج}} = ۰ \Rightarrow m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(\theta_e - \theta_{۱(\text{آب})})$$

$$+m_{\text{سرب}}c_{\text{سرب}}(\theta_e - \theta_{۱(\text{سرب})}) + C_{\text{گرماسنج}}(\theta_e - \theta_{۱(\text{گرماسنج})}) = ۰$$

$$\Rightarrow ۰/۵\times ۴۲۰۰\times(۲۰-۱۵) + ۰/۶\times ۱۲۵\times(۲۰-۱۰۰)$$

$$+C_{\text{گرماسنج}}(۲۰-۱۵) = ۰ \Rightarrow ۱۰۵۰۰ - ۶۰۰۰ + ۵C_{\text{گرماسنج}} = ۰$$

$$\Rightarrow C_{\text{گرماسنج}} = \frac{۴۵۰۰}{۵} = ۹۰۰\,J/K$$

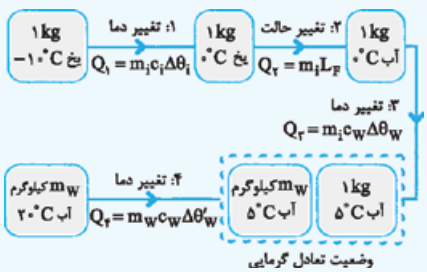
۱۶۹ گزینه ۴ دمای تعادل مجموعه برابر است با: $Q_{\text{آب}} + Q_{\text{فلز}} = ۰$

$$\Rightarrow m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(\theta_e - \theta_{۱(\text{آب})}) + m_{\text{فلز}}c_{\text{فلز}}(\theta_e - \theta_{۱(\text{فلز})}) = ۰$$

$$\Rightarrow \frac{۰/۸}{۲}\times\frac{۴۲۰۰}{۱۰}\times(\theta_e - ۰) + \frac{۰/۴۲۰}{۴۲۰\times ۰/۰۰۴}\times\frac{۴۰۰}{۱}\times(\theta_e - ۸۴) = ۰$$

$$\Rightarrow ۲۰\theta_e + \theta_e - ۸۴ = ۰ \Rightarrow \theta_e = \frac{۸۴}{۲۱} = ۴\,^\circ C$$

۱۷۰ گزینه ۴ **مرحلهٔ اول:** از طرفی $۱\,kg$ یخ $-۱۰\,^\circ C$ به آب $۵\,^\circ C$ تبدیل شده و از طرف دیگر m_W (برحسب کیلوگرم) آب $۲۰\,^\circ C$ به آب $۵\,^\circ C$ تبدیل می‌شود؛ بنابراین:



مرحلهٔ دوم: مجموع گرماها را برابر صفر قرار می‌دهیم: $Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ + Q_۴ = ۰$

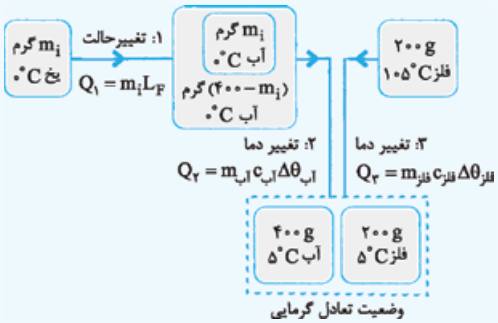
$$\Rightarrow m_ic_i\Delta\theta_i + m_iL_F + m_ic_W\Delta\theta_W + m_Wc_W\Delta\theta'_W = ۰$$

$$\Rightarrow ۱\times(\frac{۱}{۲}\times ۴۲۰۰)\times(۰-(-۱۰)) + ۱\times\underbrace{۳۳۶۰۰۰}_{۸۰\times ۴۲۰۰} + ۱\times ۴۲۰۰$$

$$\times(۵-۰) + m_W\times ۴۲۰۰\times(۵-۲۰) = ۰$$

$$\Rightarrow ۵+۸۰+۵-۱۵m_W = ۰ \Rightarrow m_W = \frac{۹۰}{۱۵} = ۶\,kg$$

۱۷۱ گزینه ۳ **مرحلهٔ اول:** از یک طرف m_i گرم یخ $۰\,^\circ C$ به m_i گرم آب $۰\,^\circ C$ و سپس $۴۰۰\,g$ آب $۰\,^\circ C$ به $۴۰۰\,g$ آب $۵\,^\circ C$ تبدیل شده و از طرف دیگر $۲۰۰\,g$ فلز با دمای $۱۰۵\,^\circ C$ به دمای $۵\,^\circ C$ (دمای تعادل) می‌رسد. داریم:



مرحلهٔ دوم: مجموع گرماها را برابر صفر قرار می‌دهیم: $Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۰$

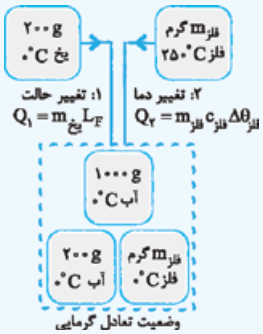
$$\Rightarrow m_iL_F + m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}\Delta\theta_{\text{آب}} + m_{\text{فلز}}c_{\text{فلز}}\Delta\theta_{\text{فلز}} = ۰$$

$$\Rightarrow m_i\times\underbrace{۳۳۶۰۰۰}_{۸۰\times ۴۲۰۰} + ۴۰۰\times ۴۲۰۰\times(۵-۰) + ۲۰۰\times\underbrace{۸۴۰}_{۰/۲\times ۴۲۰۰}\times(۵-۱۰۵) = ۰$$

$$\Rightarrow ۸۰\,m_i + ۲۰۰۰ - ۴۰۰۰ = ۰ \Rightarrow m_i = \frac{۲۰۰۰}{۸۰} = ۲۵\,g$$

$$\Rightarrow m_i = \frac{۲۰۰۰}{۸۰} = ۲۵\,g$$

۱۷۲ گزینه ۲ **مرحلهٔ اول:** حداقل جرم فلز مربوط به حالتی است که تمام یخ ذوب شود و تبدیل به آب $۰\,^\circ C$ شود. در این فرایند از یک طرف دمای قطعه فلز به جرم m فلز گرم از $۲۵۰\,^\circ C$ به $۰\,^\circ C$ می‌رسد و از طرف دیگر $۲۰۰\,g$ یخ $۰\,^\circ C$ به $۲۰۰\,g$ آب $۰\,^\circ C$ تبدیل می‌شود. طرحوارهٔ این فرایند به صورت مقابل است:



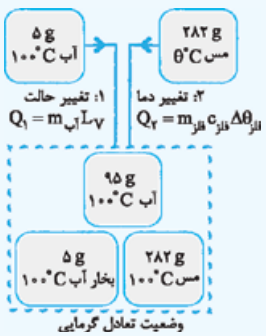
مرحلهٔ دوم: مجموع گرماها را برابر صفر قرار می‌دهیم:

$$Q_۱ + Q_۲ = ۰ \Rightarrow m_{\text{یخ}}L_F + m_{\text{فلز}}c_{\text{فلز}}\Delta\theta_{\text{فلز}} = ۰$$

$$\Rightarrow ۲۰۰\times\underbrace{۳۳۶۰۰۰}_{۸۰\times ۴۲۰۰} + m_{\text{فلز}}\times\frac{۴۰۰}{۵}\times(۰-۲۵۰) = ۰$$

$$\Rightarrow ۸۴۰۰۰۰ - ۱۲۵۰\,m_{\text{فلز}} = ۰ \Rightarrow m_{\text{فلز}} = \frac{۸۴۰۰۰۰}{۱۲۵۰} = ۶۷۲\,g$$

۱۷۳ گزینه ۲ **مرحلهٔ اول:** در این فرایند از طرفی دمای قطعهٔ مس از $\theta\,^\circ C$ به $۱۰۰\,^\circ C$ می‌رسد و از طرف دیگر $۵\,g$ آب $۱۰۰\,^\circ C$ به بخار آب $۱۰۰\,^\circ C$ تبدیل می‌شود؛ بنابراین:



مرحلهٔ دوم: Qها را برابر صفر قرار می‌دهیم:

$$Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m'_{آب}L_V+m_{مس}c_{مس}\Delta\theta_{مس}=0$$

$$\Rightarrow 5\times\underbrace{2256}_{8\times 282}+282\times 0/4\times(100-\theta)=0$$

$$\Rightarrow 40+40-0/4\theta=0 \Rightarrow \theta=\frac{80}{0/4}=200\,^\circ C$$

۱۷۴ گزینه ۴ گرمای لازم برای تبخیر قسمتی از آب درون چاله، از آب باقی‌ماندهٔ درون چاله گرفته می‌شود؛ بنابراین آب باقی‌ماندهٔ درون چاله که دمایش $0\,^\circ C$ است، یخ می‌بندد. فرض می‌کنیم m_1 کیلوگرم از آب درون چاله گرما دریافت کرده و تبخیر شود، در نتیجه بقیهٔ آن یعنی $(1/1-m_1)$ کیلوگرم گرما از دست داده و یخ می‌بندد. بنابراین: $Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m_1L_V-(1/1-m_1)L_F=0$

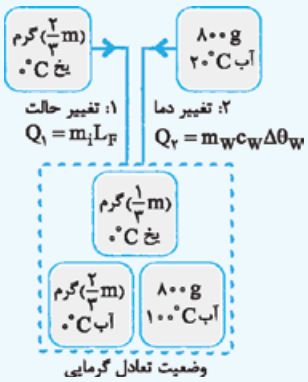
$$\Rightarrow m_1L_V-1/1L_F+m_1L_F=0 \Rightarrow m_1(L_V+L_F)=1/1L_F$$

$$\Rightarrow m_1=\frac{1/1L_F}{L_V+L_F}=\frac{1/1\times 334}{2490+334}$$

$$\Rightarrow m_1\simeq 130\times 10^{-3}\,kg \Rightarrow m_1=130\,g$$

عجله نکنید! جرم آب یخ‌زده برابر است با: $1100-m_1=1100-130=970\,g$

۱۷۵ گزینه ۳ **مرحلهٔ اول:**



مقداری یخ در ظرف باقی می‌ماند؛ بنابراین دمای تعادل $0\,^\circ C$ است. اگر جرم اولیهٔ یخ را برابر با m گرم در نظر بگیریم، در این فرایند از یک طرف $\frac{2}{3}$m گرم یخ $0\,^\circ C$ به آب $0\,^\circ C$ تبدیل می‌شود و از طرف دیگر $800\,g$ آب $20\,^\circ C$ به آب $0\,^\circ C$ تبدیل می‌شود. داریم:

مرحلهٔ دوم: m به صورت زیر به دست می‌آید:

$$Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m_iL_F+m_Wc_W\Delta\theta_W=0$$

$$\Rightarrow \frac{2}{3}m\times 336000+\overset{10}{\cancel{800}}\times\overset{1}{\cancel{4200}}\times(0-20)=0$$

$$\Rightarrow \frac{2}{3}m-200=0 \Rightarrow m=300\,g$$

۱۷۶ گزینه ۳ انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن به روش همرفت طبیعی و گرم‌شدن قابلمه‌ای که روی شعلهٔ آتش قرار دارد به روش رسانش انجام می‌گیرد.

خواست باشه *اگه قابلمه، محتوی آب باشه، گرم‌شدن آب درونش به روش همرفت طبیعی انجام می‌گیره.*

۱۷۷ گزینه ۱ در روز، زمین ساحل گرم‌تر از آب دریا است، در نتیجه پدیدهٔ همرفت موجب نسیمی از سوی دریا به سمت ساحل می‌شود.

۱۷۸ گزینه ۴ سکه الکترون از دست داده و بار الکتریکی آن از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید: $q=+ne \Rightarrow +1\times 10^{-6}=+n\times 1/6\times 10^{-19}$

$$\Rightarrow n=6/25\times 10^{12}$$

۱۷۹ گزینه ۲ چون جسم C، در مقایسه با جسم A، به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، الکترون از A به C منتقل می‌شود و جسم C بار منفی پیدا می‌کند (رد ۱ و ۲). بار جسم C هم برابر است با:

$$q=-ne=-(5\times 10^{12})\times(1/6\times 10^{-19})=-8\times 10^{-7}\,C=-0/8\,\mu C$$

۱۸۰ گزینه ۱ در ابتدا گلوله، باردار و کره، خنثی است و نیروی بین آن‌ها جاذبه خواهد بود.

پس از تماس، بار الکتریکی گلوله و کره یکسان شده و نیروی بین آن‌ها دافعه خواهد شد.

۱۸۱ گزینه ۴ **نکته** نیروی جاذبه، بین دو جسم با بار ناهمنام و هم‌چنین یک جسم باردار و یک جسم خنثی ایجاد می‌شود، اما نیروی دافعه فقط بین دو ذره با بار همنام رخ خواهد داد.

B و C، یکدیگر را دفع می‌کنند؛ پس هر دو، باردار و بارهای آن‌ها همنام است (رد ۲ و ۳). چون A و B یکدیگر را جذب می‌کنند، برای A دو حالت ممکن است درست باشد، A بدون بار باشد و یا بارهای A و B ناهمنام باشد (درستی ۴). در حالتی که بارهای A و B ناهمنام هستند، به علت همنام‌بودن بارهای B و C، بارهای A و C هم ناهمنام است. *(رامع به اندازهٔ بارها هم که هیچ اظهارنظری نمی‌تونیم بکنیم)* (رد ۱).

۱۸۲ گزینه ۴ از تکنیک استفاده می‌کنیم $(r=300\,cm)$:

$$F=9\times\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\Rightarrow 0/02=9\times\frac{q_1\times 5q_1}{(300)^2}\Rightarrow q_1=2\,\mu C$$

۱۸۳ گزینه ۱ گوی بالایی به صورت معلق و در حال تعادل است، در نتیجه:

$$F_{net}=0 \Rightarrow F_e=W \Rightarrow k\frac{|q^2|}{r^2}=mg$$

$$\Rightarrow 9\times 10^9\times\frac{q^2}{(0/01)^2}=3/6\times 10^{-3}\times 10$$

$$\Rightarrow q=2\times 10^{-8}\,C$$

$$n=\frac{q}{e}=\frac{2\times 10^{-8}}{1/6\times 10^{-19}}=1/25\times 10^{11}$$

۱۸۴ گزینه ۲

$$r'=r+\frac{20}{100}r=\frac{6}{5}r$$

$$F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\xrightarrow{q_2,q_1:\text{ثابت}}\frac{F'}{F}=\frac{(r)^2}{(r')^2}=\frac{(r)^2}{(\frac{6}{5}r)^2}=\frac{25}{36}$$

$$\xrightarrow{\times 100}\ \%69/44\simeq\%70$$

در نتیجه نیروی الکتریکی بین دو ذره تقریباً ۳۰٪ کاهش یافته است.

۱۸۵ گزینه ۱ ابتدا بار دو ذره را به دست می‌آوریم:

$$q'_1=q_1-\frac{1}{2}q_1=2-(\frac{1}{2}\times 2)=+1\,\mu C$$

$$q'_2=q_2+\frac{1}{2}q_1=-2+(\frac{1}{2}\times 2)=-1\,\mu C$$

$$r'=\frac{r}{2}$$

$$\frac{F'}{F}=\frac{|q'_1|}{|q_1|}\times\frac{|q'_2|}{|q_2|}\times(\frac{r}{r'})^2=\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times(\frac{r}{\frac{r}{2}})^2=1$$

۱۸۶ گزینه ۲ x درصد از یکی از بارها را برمی‌داریم و به دیگری اضافه می‌کنیم: $q'_1=q-xq=q(1-x)$ $\quad q'_2=q+xq=q(1+x)$

$$r'=r+\frac{25}{100}r=\frac{5}{4}r \qquad F'=F-\frac{52}{100}F=\frac{48}{100}F$$

$$\frac{F'}{F}=\frac{q'_1}{q_1}\times\frac{q'_2}{q_2}\times(\frac{r}{r'})^2\Rightarrow\frac{\frac{48}{100}F}{F}=\frac{q(1-x)}{q}\times\frac{q(1+x)}{q}\times(\frac{r}{\frac{5}{4}r})^2$$

$$\Rightarrow\frac{48}{100}=(1-x)(1+x)\times\frac{16}{25}\Rightarrow(1-x)(1+x)=\frac{\overset{3}{\cancel{48}}}{\underset{4}{\cancel{100}}}\times\frac{\overset{1}{\cancel{25}}}{\underset{1}{\cancel{16}}}$$

$$\Rightarrow 1-x^2=\frac{3}{4}\Rightarrow x=\frac{1}{2}\xrightarrow{\times 100}x=\%50$$

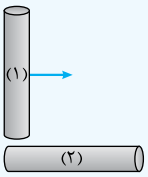
حالا از مسیر نشان داده شدهٔ (۲) از نقطهٔ b به نقطهٔ d می‌رویم:

$$V_b + 1\times I - 12 + 1\times I = V_d \Rightarrow V_b - V_d = 12 - 2I = 12 - 2\times 2 = 8\,V$$

(عبور از مقاومت ۱Ω در خلاف جهت جریان) (عبور از مقاومت ۱Ω در خلاف جهت جریان) (از قطب + به قطب − می‌رویم)

یعنی پتانسیل نقطهٔ b، ۸ ولت از پتانسیل نقطهٔ d بیشتر است.

۳۰۱ گزینهٔ ۱ مطابق شکل مقابل میلهٔ (۲) را به صورت افقی، ثابت نگه داشته و میلهٔ (۱) را به صورت قائم و در نزدیکی میلهٔ (۲) در جهت نشان داده شده از یک سر میلهٔ (۲) تا سر دیگر آن حرکت می‌دهیم. دو حالت رخ می‌دهد.



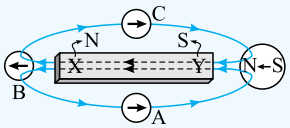
حالت اول: اگر نیروی جاذبهٔ بین میله‌ها تغییر محسوسی نکرد، میلهٔ (۱) آهنربا و میلهٔ (۲) آهن است.

حالت دوم: اگر نیروی جاذبهٔ بین میله‌ها ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت، میلهٔ (۲) آهنربا و میلهٔ (۱) آهن است.

با انجام این آزمایش می‌توانیم میلهٔ آهنی را از آهنربا تشخیص دهیم. با توجه به پدیدهٔ القای مغناطیسی، نیروی بین آهنربا و میله همواره از نوع جاذبه است. به همین دلیل تشخیص نوع قطب‌های آهنربا *(این‌که کدوم N یا S هست)* با انجام این آزمایش امکان‌پذیر نیست.

۳۰۲ گزینهٔ ۱ جهت عقربهٔ مغناطیسی در هر نقطه، جهت میدان مغناطیسی در آن نقطه را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به جهت عقربهٔ مغناطیسی مشخص‌شده (عقربهٔ سمت راست)، خط میدان به قطب Y آهنربا وارد می‌شود، پس Y قطب S و در نتیجه X قطب N است. *(این‌طوری هم می‌تونستیم بگیم که قطب N عقربهٔ مغناطیسی نزدیک قطب Y آهنربا قرار گرفته، پس Y قطب S آهنربا است.)*

حالا مطابق شکل مقابل دوتا از خطوط میدان مغناطیسی اطراف آهنربا را رسم می‌کنیم تا جهت عقربه‌های مغناطیسی A، B و C مشخص شود.



۳۰۳ گزینهٔ ۱ درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌ها را بررسی می‌کنیم:

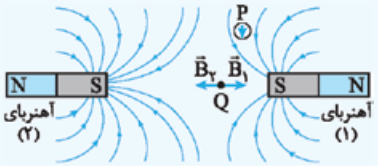
الف) خط‌های میدان مغناطیسی رسم‌شده بین دو آهنربا مربوط به حالتی است که قطب‌های همنام در مجاورت یکدیگر قرار دارند. بنابراین ناحیهٔ A در آهنربای (۱)، قطب S است. *برای این‌که بهتر متوجه این موضوع بشید، شکل‌های مقابل رو ببینید.* ✓

قطب‌های ناهمنام در مجاورت یکدیگر

قطب‌های همنام در مجاورت یکدیگر

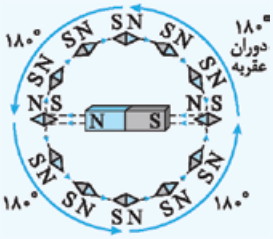
ب) تراکم خطوط میدان مغناطیسی در مجاورت آهنربای (۲) بیشتر از تراکم خطوط میدان مغناطیسی در مجاورت آهنربای (۱) است؛ بنابراین اندازهٔ میدان مغناطیسی در مجاورت آهنربای (۲) بزرگ‌تر از اندازهٔ میدان مغناطیسی در مجاورت آهنربای (۱) است. ✗

پ) در بررسی عبارت (الف) فهمیدیم که A قطب S است؛ بنابراین مطابق شکل زیر خطوط میدان مغناطیسی به قطب A وارد می‌شوند و جهت عقربهٔ مغناطیسی در نقطهٔ P تقریباً به سمت ↓ است. ✗



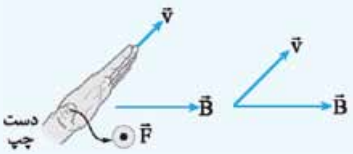
ت) بردار میدان مغناطیسی حاصل از آهنرباها در نقطهٔ Q، در خلاف جهت یکدیگر است و با توجه به این‌که نقطهٔ Q به آهنربای ضعیف‌تر (۱) نسبت به آهنربای قوی‌تر (۲)، نزدیک‌تر است، اندازهٔ میدان‌ها در این نقطه تقریباً برابر بوده و میدان مغناطیسی خالص در این نقطه می‌تواند برابر صفر باشد. ✓

۳۰۴ گزینهٔ ۴ مطابق شکل زیر، ابتدا خط میدان مغناطیسی ناشی از آهنربا که از مسیر خط‌چین می‌گذرد را رسم می‌کنیم. حالا با توجه به جهت خطوط میدان مغناطیسی، جهت عقربهٔ مغناطیسی را در چند نقطه روی مسیر خط‌چین تعیین می‌کنیم. همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، به ازای هر $\frac{1}{4}$ دور حرکت عقربه روی مسیر خط‌چین، عقربه 180° دوران می‌کند. بنابراین عقربه در مجموع $4\times 180^\circ = 720^\circ$ دوران می‌کند.

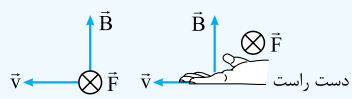


۳۰۵ گزینهٔ ۲ می‌دانیم قطب N مغناطیسی زمین در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی قرار دارد؛ بنابراین خطوط میدان مغناطیسی زمین از قطب جنوب جغرافیایی خارج و به قطب شمال جغرافیایی وارد می‌شود. همان طور که در شکل مقابل می‌بینید، جهت میدان مغناطیسی کرهٔ زمین در نقطهٔ A در جهت ↑ و در نقطهٔ B در جهت ↓ است.

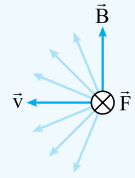
۳۰۶ گزینهٔ ۲ برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون، کافی است از قاعدهٔ دست راست استفاده کنیم. فقط دقت کنید چون بار الکترون منفی است، این کار را با دست چپ انجام می‌دهیم. مطابق شکل، چهار انگشت باز دست چپ را در جهت $\vec{v}$ قرار می‌دهیم به طوری که بردار $\vec{B}$ از کف دست خارج شود. در این حالت شست دست چپ جهت $\vec{F}$ را نشان می‌دهد که در جهت برون‌سو (⊙) است.



۳۰۷ گزینهٔ ۴ چون بار پروتون مثبت است، مطابق شکل زیر دست راستمان را طوری قرار می‌دهیم که بردار $\vec{B}$ از کف دستمان خارج شده و انگشت شست دست در جهت بردار $\vec{F}$ باشد. همان‌طور که می‌بینید در این حالت، چهار انگشت دست راست به طرف چپ (←) قرار می‌گیرد.



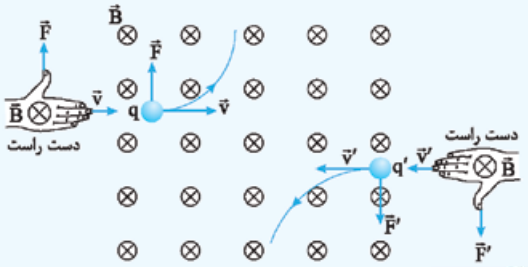
خواست باشه *چون زاویهٔ بین $\vec{v}$ و $\vec{B}$ هر مقدار دلخواهی می‌تونه داشته باشه، هر کدوم از بردارهای رسم‌شده در شکل مقابل می‌تونه جهت $\vec{v}$ رو نشون بده. ولی چون در صورت تست گفته‌شده که الکترون عمود بر میدان در حرکته، جهت $\vec{v}$ برای این تست به طرف چپه (←).*



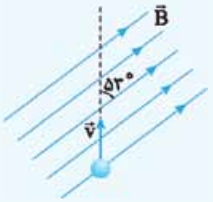
۳۰۸ گزینه ۴ مطابق شکل زیر، ابتدا بردار سرعت بارها (در یک نقطهٔ دلخواه از مسیر) را رسم می‌کنیم.

نکته در هر نقطه، بردار سرعت، مماس بر مسیر حرکت و هم‌جهت با جهت حرکت ذره در آن نقطه، رسم می‌شود.

با توجه به این‌که جهت انحراف مسیر حرکت ذره، جهت بردار نیروی مغناطیسی را نشان می‌دهد، بردار نیروی مغناطیسی وارد بر q به طرف بالا و بردار نیروی مغناطیسی وارد بر q' به طرف پایین است. حالا همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر هر دو بار q و q'، هم‌جهت با شست دست راستمان است، بنابراین هر دو بار مثبت‌اند.



۳۰۹ گزینه ۴ اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را به دست می‌آوریم:

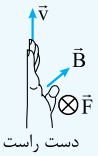


$$F=|q|vB\sin\theta$$

$$q=25\mu C=25\times10^{-6}\,C,\ v=2\times10^{5}\ m/s,\ B=10^{-4}\,G=10^{-4}\times10^{-4}\,T=1\,T,\ \theta=53^\circ$$

$$F=25\times10^{-6}\times2\times10^{5}\times1\times\underbrace{\sin53^\circ}_{0/8}=4\,N$$

حالا مطابق شکل مقابل، به کمک قاعدهٔ دست راست، جهت نیروی مغناطیسی درون‌سو (⊗) تعیین می‌شود:



۳۱۰ گزینه ۳ به کمک رابطهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون، تندی پروتون را به دست می‌آوریم:

$$F=|q|vB\sin\theta \xrightarrow{F=1/28\times10^{-16}\,N,\ |q|=e=1/6\times10^{-19}\,C,\ B=20\,mT=20\times10^{-3}\,T,\ \theta=90^\circ}$$

$$1/28\times10^{-16}=1/6\times10^{-19}\times v\times20\times10^{-3}\times\underbrace{\sin90^\circ}_{1}$$

$$\Rightarrow v=\frac{1/28\times10^{-16}}{1/6\times10^{-19}\times20\times10^{-3}}=4\times10^{4}\ m/s$$

انرژی جنبشی پروتون برابر است با:

$$K=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}\times1/7\times10^{-27}\times(4\times10^{4})^2=13/6\times10^{-19}\ J$$

انرژی جنبشی پروتون بر حسب الکترون‌ولت، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$K=13/6\times10^{-19}\ J\times\frac{1\,eV}{1/6\times10^{-19}\ J}=8/5\,eV$$

۳۱۱ گزینه ۱ به کمک رابطهٔ قانون دوم نیوتون، اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ α را به دست می‌آوریم:

$$F=ma=6/68\times10^{-27}\times4\times10^{5}=26/72\times10^{-22}\ N$$

ذرهٔ α از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده است؛ بنابراین بار الکتریکی آن برابر است با:

$$q_\alpha=2e=2\times1/6\times10^{-19}\ C=3/2\times10^{-19}\ C$$

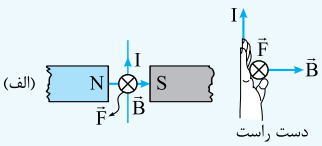
حالا بزرگی میدان مغناطیسی را به دست می‌آوریم:

$$F=|q_\alpha|vB\sin\theta$$

$$\Rightarrow 26/72\times10^{-22}=3/2\times10^{-19}\times50\times B\times\underbrace{\sin90^\circ}_{1}$$

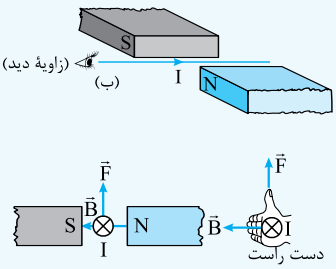
$$\Rightarrow B=\frac{26/72\times10^{-22}}{3/2\times10^{-19}\times50}=1/67\times10^{-4}\ T\xrightarrow{1G=10^{-4}\,T}B=1/67\,G$$

۳۱۲ گزینه ۳ همان‌طور که می‌دانید بردار میدان مغناطیسی (در خارج از آهنربا) از قطب N خارج به قطب S وارد می‌شود. بنابراین مطابق شکل زیر چهار انگشت دست راست را طوری در جهت جریان (I) قرار می‌دهیم که بردار میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) از کف دستمان خارج شود. در این حالت شست دست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را نشان می‌دهد.



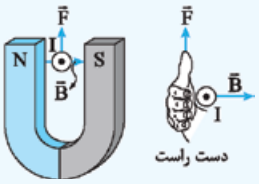
همان‌طور که می‌بینید جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در شکل (الف) درون‌سو (⊗) است.

برای شکل (ب) راحت‌تر است که ابتدا با انتخاب زاویهٔ دید مناسب شکل را به صورت دوبعدی درآوریم. سپس با رسم بردار میدان مغناطیسی و به کمک قاعدهٔ دست راست جهت نیروی مغناطیسی را تعیین می‌کنیم.

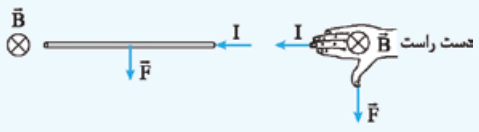


جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم در شکل (ب) به سمت بالا (↑) است.

۳۱۳ گزینه ۱ ابتدا برای راحتی کار، مطابق شکل زیر با انتخاب یک زاویهٔ دید مناسب شکل را به صورت دوبعدی درمی‌آوریم. سپس به کمک قاعدهٔ دست راست، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر قسمتی از سیم که داخل آهنربا قرار دارد، در جهت بالا (↑) تعیین می‌شود.



۳۱۴ گزینه ۲ برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم مطابق شکل زیر از قاعدهٔ دست راست کمک می‌گیریم. در این حالت جهت نیروی مغناطیسی به سوی پایین است:



اندازهٔ نیروی وارد بر سیم به صورت زیر به دست می‌آید:

$$F=IlB\sin\theta \xrightarrow{I=2/5\,A,\ l=2/4\,m,\ B=0/5\,G=0/5\times10^{-4}\,T,\ \theta=90^\circ}$$

$$\Rightarrow F=2/5\times2/4\times0/5\times10^{-4}\times\underbrace{\sin90^\circ}_{1}=3\times10^{-4}\ N$$

۳۱۵ گزینه ۴ به کمک رابطهٔ $F=BIl\sin\theta$ می‌توان نوشت:

$$F=BIl\sin\theta\Rightarrow B=\frac{F}{Il\sin\theta}\Rightarrow$$

$$B_{\text{یکای}}=\frac{F_{\text{یکای}}}{(I_{\text{یکای}})\times(l_{\text{یکای}})\times(\underbrace{\sin\theta_{\text{یکای}}}_{1})}\Rightarrow \text{تسلا}=\frac{\text{نیوتون}}{\text{متر}\times\text{آمپر}}$$

نکته یکای دیگر تسلا را می‌توان از رابطهٔ $F=|q|vB\sin\theta$ به دست آورد:

$$F=|q|vB\sin\theta \Rightarrow B=\frac{F}{|q|v\sin\theta}$$

$$\Rightarrow B\text{ یکای }=\frac{F\text{ یکای}}{(|q|\text{ یکای})\times(v\text{ یکای})\times\underbrace{(\sin\theta\text{ یکای})}_{1}}$$

$$\Rightarrow \text{تسلا}=\frac{\text{نیوتون}}{\frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}}\times\text{کولن}}=\frac{\text{نیوتون}\times\text{ثانیه}}{\text{متر}\times\text{کولن}}$$

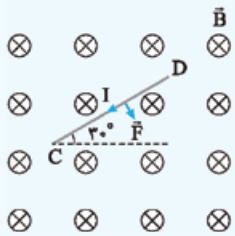
۳۱۶ گزینه ۳ همان‌طور که در شکل می‌بینید، سیم در صفحهٔ کاغذ قرار دارد و بردار میدان مغناطیسی عمود بر صفحهٔ کاغذ است؛ بنابراین زاویهٔ بین جریان عبوری از سیم *(که در امتداد سیم‌ه)* و میدان مغناطیسی برابر 90° است. حالا اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را به دست می‌آوریم:

$$F=BI\ell\sin\theta \xrightarrow[F=3\,N,\theta=90^\circ]{\ell=1/5\,m,B=0/5\,T} 3=0/5\times I\times 1/5\times\underbrace{\sin 90^\circ}_{1}$$

$$\Rightarrow I=\frac{3}{0/5\times 1/5}=4\,A$$

حواست باشه *زاویهٔ 30° که توی شکل داده شده، زاویهٔ بین سیم و راستای افقیه و ربطی به زاویهٔ بین I و $\vec{B}$ نداره.*

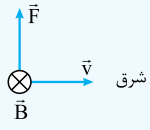
حالا به کمک قاعدهٔ دست راست و مطابق شکل مقابل، جهت جریان عبوری از سیم را تعیین می‌کنیم:



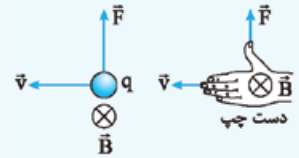
بنابراین جریان در سیم، از D به C است.

۳۱۷ گزینه ۱ **روش اول:** ابتدا شکل منلسبی رسم کرده و جهت $\vec{B}$ و $\vec{v}$ را روی آن نشان می‌دهیم. جهت $\vec{B}$ به سوی شمال (یعنی درون‌سو) و جهت $\vec{v}$ به سوی شمال شرقی است. با توجه به این‌که بار ذرهٔ آلفا، مثبت است، به کمک دست راست و مطابق شکل مقابل، نیروی مغناطیسی وارد بر بار در راستای قائم و به سمت بالا تعیین می‌شود.

روش دوم: مؤلفه‌ای از $\vec{v}$ که در جهت میدان مغناطیسی $\vec{B}$ (یعنی به سوی شمال) است، تأثیری روی جهت نیروی مغناطیسی ندارد. بنابراین می‌توانیم فقط مؤلفهٔ $\vec{v}$ که در جهت شرق است را در نظر بگیریم و جهت نیروی مغناطیسی را با استفاده از این مؤلفه تعیین کنیم:



۳۱۸ گزینه ۳ ابتدا شکل مناسبی رسم کرده و جهت بردارهای $\vec{v}$ و $\vec{B}$ را روی شکل نشان می‌دهیم. چون بار ذره منفی است، به کمک دست چپ جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره $(\vec{F})$ به سمت بالا تعیین می‌شود.

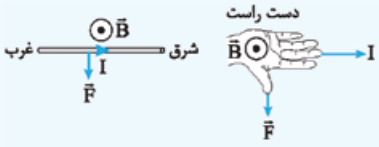


همین‌جا جواب تست که ۳ است، مشخص شد، ولی ما اندازهٔ نیروی مغناطیسی را هم به دست می‌آوریم.

اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر بار برابر است با (زاویهٔ بین $\vec{v}$ و $\vec{B}$، 90° است):

$$F=|q|vB\sin\theta \xrightarrow[v=2\times10^3\,m/s,B=0/4\,T,\theta=90^\circ]{|q|=50\,\mu C=50\times10^{-6}\,C} F=50\times10^{-6}\times2\times10^3\times0/4\times\underbrace{\sin 90^\circ}_{1}=4\times10^{-4}\,N$$

۳۱۹ گزینه ۴ جهت میدان مغناطیسی $(\vec{B})$ برون‌سو و جهت نیروی مغناطیسی $(\vec{F})$ به سمت پایین است؛ بنابراین مطابق شکل زیر و به کمک قاعدهٔ دست راست، جهت جریان عبوری از سیم از غرب به شرق تعیین می‌شود:



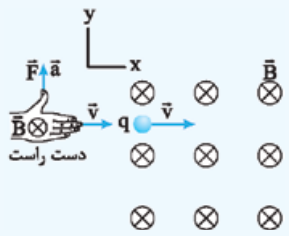
زاویهٔ بین I و B برابر 90° است، بنابراین جریان عبوری از سیم به صورت زیر به دست می‌آید:

$$F=BI\ell\sin\theta \xrightarrow[B=240\,G=240\times10^{-4}\,T,\theta=90^\circ]{F=18\,mN=18\times10^{-3}\,N,\ell=60\,cm=0/6\,m}$$

$$18\times10^{-3}=240\times10^{-4}\times I\times0/6\times\underbrace{\sin 90^\circ}_{1}$$

$$\Rightarrow I=\frac{18\times10^{-3}}{240\times10^{-4}\times0/6}=\frac{18}{24\times0/6}=1/25\,A$$

۳۲۰ گزینه ۱ مطابق شکل مقابل و به کمک قاعدهٔ دست راست جهت نیروی مغناطیسی به طرف بالا (یعنی در جهت $\vec{j}$) تعیین می‌شود. بنابراین شتاب پروتون هم در جهت $\vec{j}$ است.



حالا نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون را به دست می‌آوریم (زاویهٔ بین $\vec{v}$ و $\vec{B}$، 90° است):

$$F=|q|vB\sin\theta \xrightarrow[B=170\,G=170\times10^{-4}\,T,\theta=90^\circ]{|q|=1/6\times10^{-19}\,C,v=10^4\,m/s}$$

$$F=1/6\times10^{-19}\times10^4\times170\times10^{-4}\times\underbrace{\sin 90^\circ}_{1}$$

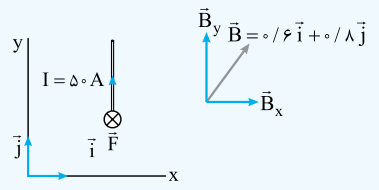
$$\Rightarrow F=1/6\times1/7\times10^{-17}\,N$$

حالا به کمک قانون دوم نیوتون، شتاب پروتون را به دست می‌آوریم:

$$a=\frac{F}{m}=\frac{1/6\times1/7\times10^{-17}}{1/7\times10^{-27}}=1/6\times10^{10}\,m/s^2$$

$$\xrightarrow{\vec{a}\text{ در جهت }\vec{j}} \vec{a}=1/6\times10^{10}\,\vec{j}\,(m/s^2)$$

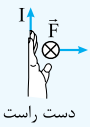
۳۲۱ گزینه ۲ مطابق شکل زیر، مؤلفهٔ $\vec{j}$ میدان مغناطیسی $(0/8\vec{j})$ با جریان عبوری از سیم هم‌جهت است، بنابراین این مؤلفه، نیرویی به سیم وارد نمی‌کند. مؤلفهٔ $\vec{i}$ میدان مغناطیسی $(0/6\vec{i})$ عمود بر جهت جریان عبوری از سیم است، بنابراین اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم به صورت زیر به دست می‌آید:



$$F=B_xI\ell\sin\theta \xrightarrow[\ell=20\,cm=0/2\,m,\theta=90^\circ]{B_x=0/6\,T,I=50\,A}$$

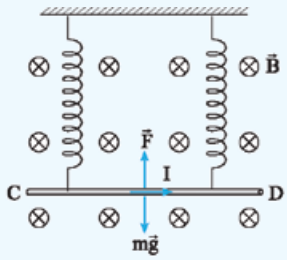
$$F=0/6\times50\times0/2\times\underbrace{\sin 90^\circ}_{1}=6\,N$$

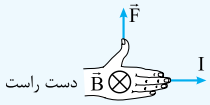
حالا به کمک قاعدهٔ دست راست و مطابق شکل زیر جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم در جهت درون‌سو ($\otimes$) تعیین می‌شود.



خواست باشه *برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم، فقط با مؤلفهٔ B_x کار داریم و مؤلفهٔ B_y رو کنار می‌ذاریم.*

۳۲۲ گزینه ۱ نیروی وزن به سمت پایین به میله وارد می‌شود؛ بنابراین برای این‌که از طرف میله بر فنرها نیرویی وارد نشود، نیروی مغناطیسی باید هم‌اندازه با وزن و به سمت بالا باشد تا برایند آن‌ها برابر صفر شود. ابتدا به کمک قاعدهٔ دست راست و مطابق شکل مقابل جهت جریان عبوری از سیم را تعیین کرده و سپس مقدار آن را به دست می‌آوریم:



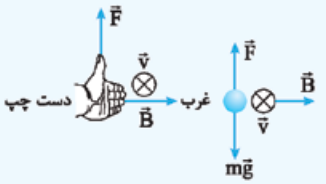


$$BI\ell\sin\theta = mg \Rightarrow I = \frac{mg}{B\ell\sin\theta} \xrightarrow[B=۰/۴\,T,\ell=۸۰\,cm=۰/۸\,m,\theta=۹۰^\circ]{m=۱۶۰\,g=۱۶۰\times۱۰^{-۳}\,kg,g=۱۰\,m/s^۲}$$

$$I = \frac{۱۶۰\times۱۰^{-۳}\times۱۰}{۰/۴\times۰/۸\times\underbrace{\sin۹۰^\circ}_{۱}} = \frac{۱/۶}{۰/۴\times۰/۸} = ۵\,A$$

بنابراین از سیم جریان ۵ A از C به طرف D می‌گذرد.

۳۲۳ گزینه ۴ نیروی وزن به سمت پایین است؛ بنابراین برای این‌که نیروی مغناطیسی، نیروی وزن را خنثی کند، باید هم‌اندازه و در خلاف جهت آن (یعنی به سمت بالا) باشد. ابتدا مطابق شکل زیر و با استفاده از دست چپ (چون بار ذره منفی است)، جهت میدان مغناطیسی را تعیین و سپس اندازهٔ آن را به دست می‌آوریم:



$$|q|vB\sin\theta = mg \Rightarrow B = \frac{mg}{|q|v\sin\theta}$$

$$\xrightarrow[|q|=۵۰\,\mu C=۵۰\times۱۰^{-۶}\,C,v=۲/۵\times۱۰^{۳}\,m/s]{m=۵\,g=۵\times۱۰^{-۳}\,kg,g=۱۰\,N/kg,\theta=۹۰^\circ}$$

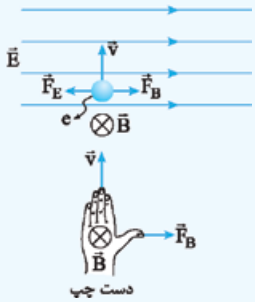
$$B = \frac{۵\times۱۰^{-۳}\times۱۰}{۵۰\times۱۰^{-۶}\times۲/۵\times۱۰^{۳}\times\underbrace{\sin۹۰^\circ}_{۱}} = \frac{۱}{۲/۵} = ۰/۴\,T$$

بنابراین اندازهٔ میدان مغناطیسی ۰/۴ T و جهت آن در راستای افقی و از غرب به شرق می‌تواند باشد.

خواست باشه *میدان مغناطیسی می‌تونه جهت‌های (و در نتیجه اندازه‌های) دیگه هم داشته باشه، برای مثال $\vec{B}$ می‌تونه در جهت شمال شرقی یا جنوب شرقی هم باشه.*

۳۲۴ گزینه ۴ مطابق شکل زیر چون بار الکترون منفی است، نیروی الکتریکی وارد بر آن ($\vec{F}_E$) در خلاف جهت میدان الکتریکی، یعنی به سمت چپ است. برای این‌که الکترون منحرف نشود، باید نیروی مغناطیسی ($\vec{F}_B$) در خلاف جهت نیروی الکتریکی، یعنی به سمت راست به آن وارد شود (و البته هم‌اندازهٔ هم باشند).

با داشتن جهت $\vec{v}$ و $\vec{F}_B$ و به کمک دست چپ (بار الکترون منفی است)، جهت میدان مغناطیسی درون‌سو تعیین می‌شود؛ یعنی عمود بر صفحهٔ شکل و به سمت داخل صفحه.

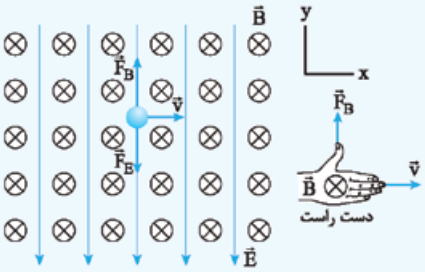


۳۲۵ گزینه ۱ با توجه به این‌که بار الکتریکی ذرهٔ آلفا مثبت است، نیروی الکتریکی وارد بر آن ($\vec{F}_E$) در جهت میدان الکتریکی یعنی به سمت پایین است؛ بنابراین برای این‌که ذره بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد، باید نیروی مغناطیسی وارد بر ذره ($\vec{F}_B$) در خلاف جهت نیروی الکتریکی یعنی به سمت بالا باشد. حالا به کمک قاعدهٔ دست راست جهت سرعت ذره (جهت حرکت) را تعیین می‌کنیم (شکل زیر):

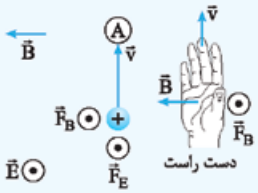
حالا با برابر قراردادن اندازهٔ $\vec{F}_E$ و $\vec{F}_B$، تندی ذره را به دست می‌آوریم:

$$F_B = F_E \Rightarrow |q|vB\sin\theta = |q|E \Rightarrow vB\sin\theta = E \Rightarrow v = \frac{E}{B\sin\theta}$$

$$\xrightarrow[B=۱۰۰۰\,G=۱۰^{-۱}\,T]{E=۱۰۰۰\,N/C,\theta=۹۰^\circ} v = \frac{۱۰۰۰}{۱۰^{-۱}\times\underbrace{\sin۹۰^\circ}_{۱}} = ۱۰^۴\ m/s$$



۳۲۶ گزینه ۱ برای این‌که بزرگی نیروی خالص وارد بر ذره بیشینه باشد، باید نیروهای الکتریکی و مغناطیسی وارد بر آن هم‌جهت باشند. جهت میدان الکتریکی برون‌سو ($\odot$) است. چون بار ذره مثبت است، جهت نیروی الکتریکی وارد بر ذره، هم‌جهت با میدان الکتریکی یعنی برون‌سو است. نیروی مغناطیسی هم که باید با نیروی الکتریکی هم‌جهت باشد، در جهت برون‌سو خواهد بود. حالا با داشتن جهت میدان مغناطیسی و جهت نیروی مغناطیسی، جهت $\vec{v}$ با استفاده از قاعدهٔ دست راست به راحتی تعیین می‌شود (شکل مقابل):



۳۲۷ گزینه ۳ اندازهٔ نیروی الکتریکی و نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را به دست می‌آوریم:

$$F_E = |q|E$$

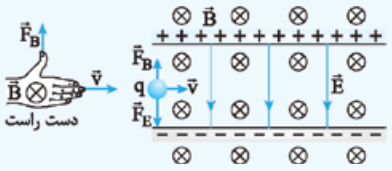
$$\xrightarrow[E=۵۰۰\,N/C]{|q|=۲\,\mu C=۲\times۱۰^{-۶}\,C} F_E = ۲\times۱۰^{-۶}\times۵۰۰ = ۱۰^{-۳}\ N$$

$$F_B = |q|vB\sin\theta \xrightarrow[B=۰/۰۲\,T,\theta=۹۰^\circ]{|q|=۲\times۱۰^{-۶}\,C,v=۲\times۱۰^۴\,m/s}$$

$$F_B = ۲\times۱۰^{-۶}\times۲\times۱۰^۴\times۰/۰۲\times\underbrace{\sin۹۰^\circ}_{۱} = ۰/۸\times۱۰^{-۳}\ N$$

با توجه به مثبت‌بودن بار ذره، نیروی الکتریکی هم‌جهت با میدان الکتریکی و مطابق شکل صفحهٔ بعد، جهت نیروی مغناطیسی به کمک قاعدهٔ دست راست تعیین می‌شود:

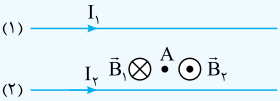
حالا با توجه به این‌که $\vec{F}_E$ و $\vec{F}_B$ در خلاف جهت یکدیگرند، اندازهٔ نیروی خالص وارد بر ذره به صورت زیر به دست می‌آید:



$$F_{net} = F_E - F_B = ۱۰^{-۳} - ۰/۸\times۱۰^{-۳} = ۰/۲\times۱۰^{-۳} = ۲\times۱۰^{-۴}\ N$$

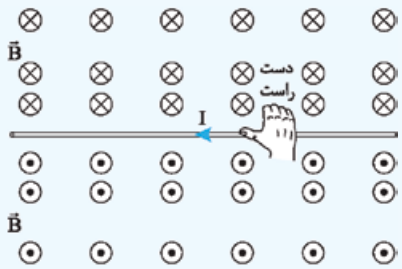
۳۲۸ گزینهٔ ۴ ابتدا با استفاده از قاعدهٔ دست راست، جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم (۱) در نقطهٔ A را تعیین می‌کنیم (شکل زیر). همان‌طور که می‌بینید جهت $\vec{B}_۱$ درون‌سو (⊗) است. برای صفرشدن میدان مغناطیسی برایند در نقطهٔ A، باید میدان مغناطیسی حاصل از سیم (۲) یعنی $\vec{B}_۲$، هم‌اندازه با $\vec{B}_۱$ و در خلاف جهت آن باشد؛ یعنی برون‌سو (⊙). حالا دوباره از دست راستمان استفاده می‌کنیم تا جهت جریان در سیم (۲) را تعیین کنیم.

همان‌طور که در شکل روبه‌رو نشان دادیم، $I_۲$ هم‌جهت با $I_۱$ است.

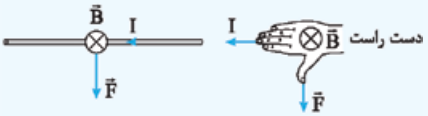


فاصلهٔ سیم (۲) تا نقطهٔ A، کم‌تر از فاصلهٔ سیم (۱) تا نقطهٔ A است؛ بنابراین برای برابرشدن اندازهٔ میدان‌ها در نقطهٔ A، لازم است که $I_۲$ کوچک‌تر از $I_۱$ باشد.

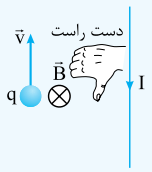
۳۲۹ گزینهٔ ۳ مطابق شکل مقابل، به کمک قاعدهٔ دست راست، جهت جریان به طرف چپ (←) تعیین می‌شود.



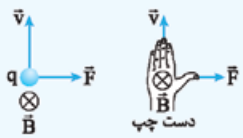
حالا این سیم را در میدان مغناطیسی خارجی درون‌سو قرار می‌دهیم. در این صورت باز هم به کمک قاعدهٔ دست راست و مطابق شکل زیر جهت نیروی مغناطیسی به طرف پایین (↓) خواهد بود.



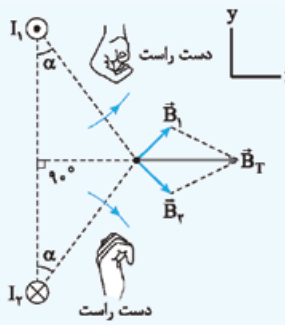
۳۳۰ گزینهٔ ۳ ابتدا به کمک قاعدهٔ دست راست و مطابق شکل مقابل، جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم در محل بار q را تعیین می‌کنیم.



حالا باید جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار را تعیین کنیم. چون q منفی است، با استفاده از دست چپ و مطابق شکل مقابل، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر q، به سمت راست(→) تعیین می‌شود.



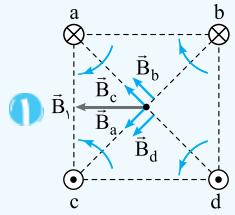
۳۳۱ گزینهٔ ۱ مطابق شکل زیر و به کمک قاعدهٔ دست راست، بردار میدان مغناطیسی حاصل از هر یک از سیم‌ها را در نقطهٔ M رسم می‌کنیم:



حالا مطابق شکل مقابل برایند $\vec{B}_۱$ و $\vec{B}_۲$ را رسم می‌کنیم. همان‌طور که می‌بینید بردار میدان مغناطیسی خالص (برایند) حاصل از دو سیم در نقطهٔ M در جهت محور x است.

۳۳۲ گزینهٔ ۱ مطابق شکل‌های زیر و به کمک قاعدهٔ دست راست بردار میدان برایند را برای آرایش هر چهار گزینه رسم می‌کنیم. به این صورت که ابتدا بردار میدان مغناطیسی حاصل از هر یک از چهار سیم را در مرکز مربع تعیین کرده و سپس برایند آن‌ها را رسم کرده و اندازهٔ آن‌ها را به صورت پارامتری به دست می‌آوریم. (چون جریان عبوری از سیم‌ها برابر و فاصلهٔ آن‌ها تا مرکز مربع نیز برابر است، اندازهٔ میدان مغناطیسی حاصل از جریان هر سیم در مرکز مربع را برابر با B در نظر می‌گیریم):

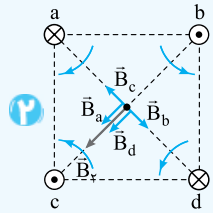
۱)



$$\begin{cases} \text{هم‌جهت } \vec{B}_c \text{ و } \vec{B}_b \Rightarrow \\ B_{b,c} = B+B = ۲B \end{cases} \xrightarrow[\text{عمود بر هم}]{\vec{B}_{a,d},\vec{B}_{b,c}} \begin{cases} \text{هم‌جهت } \vec{B}_d \text{ و } \vec{B}_a \Rightarrow \\ B_{a,d} = B+B = ۲B \end{cases}$$

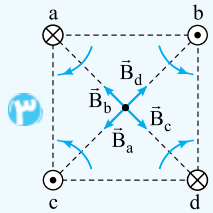
$$B_۱ = \sqrt{(۲B)^۲ + (۲B)^۲} = ۲\sqrt{۲}B$$

۲)



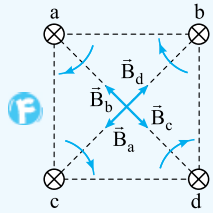
$$\begin{cases} \text{خلاف جهت هم } \vec{B}_c \text{ و } \vec{B}_b \\ \Rightarrow B_{b,c} = B-B = ۰ \\ \text{هم‌جهت } \vec{B}_d \text{ و } \vec{B}_a \\ \Rightarrow B_{a,d} = B+B = ۲B \end{cases} \Rightarrow B_۲ = ۲B$$

۳)



$$\begin{cases} \text{خلاف جهت هم } \vec{B}_c \text{ و } \vec{B}_b \\ \Rightarrow B_{b,c} = B-B = ۰ \\ \text{خلاف جهت هم } \vec{B}_d \text{ و } \vec{B}_a \\ \Rightarrow B_{a,d} = B-B = ۰ \end{cases} \Rightarrow B_۳ = ۰$$

۴)



$$\begin{cases} \text{خلاف جهت هم } \vec{B}_c \text{ و } \vec{B}_b \\ \Rightarrow B_{b,c} = B-B = ۰ \\ \text{خلاف جهت هم } \vec{B}_d \text{ و } \vec{B}_a \\ \Rightarrow B_{a,d} = B-B = ۰ \end{cases} \Rightarrow B_۴ = ۰$$

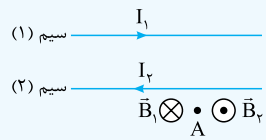
همان‌طور که دیدید، بزرگی میدان مغناطیسی برایند برای آرایش بارها در **۱)** دارای بیشترین مقدار است:

$$B_۱ > B_۲ > (B_۳ = B_۴ = ۰)$$

۳۳۳ گزینهٔ ۴ مطابق شکل، با استفاده از قاعدهٔ دست راست، میدان مغناطیسی حاصل از $I_۱$ در نقطهٔ A ($\vec{B}_۱$) در جهت درون‌سو (⊗) تعیین می‌شود. میدان مغناطیسی برایند در نقطهٔ A برابر صفر است؛ بنابراین میدان مغناطیسی حاصل از $I_۲$ در نقطهٔ A ($\vec{B}_۲$) باید در جهت برون‌سو (⊙) و هم‌اندازه با $\vec{B}_۱$ باشد. با به‌کارگیری دوبارهٔ قاعدهٔ دست راست، جهت $I_۲$ به طرف چپ (در خلاف جهت $I_۱$) تعیین می‌شود.

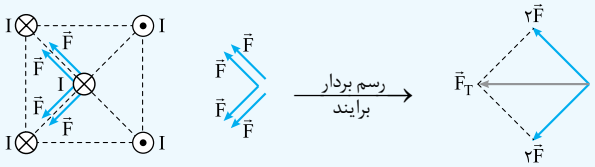
$I_۱$ و $I_۲$ در خلاف جهت یکدیگرند؛ بنابراین نیروی مغناطیسی‌ای که دو سیم به یکدیگر وارد می‌کنند، رانشی است.

فاصلهٔ سیم (۱) تا نقطهٔ A، بیشتر از فاصلهٔ سیم (۲) تا نقطهٔ A است؛ بنابراین $I_۱$ هم باید بیشتر از $I_۲$ باشد تا اندازهٔ میدان‌های $\vec{B}_۱$ و $\vec{B}_۲$ در نقطهٔ A برابر شود:

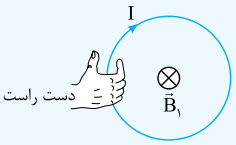


$$I_۱ > I_۲$$

۳۳۴ گزینه ۱ جریان‌های هم‌سو یکدیگر را می‌ربایند و جریان‌های ناهم‌سو یکدیگر را می‌رانند. با توجه به این موضوع، ابتدا بردار نیرویی که هر یک از سیم‌های واقع در رأس‌های مربع به سیم مرکزی وارد می‌کند و سپس برایند آن‌ها را رسم می‌کنیم (چون جریان عبوری از سیم‌های رأس، مساوی و فاصلهٔ هر یک از آن‌ها تا سیم مرکزی یکسان است، اندازهٔ نیرویی که به سیم مرکزی وارد می‌کنند، با هم برابر است و ما آن را با F نشان می‌دهیم):



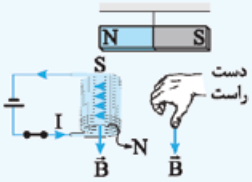
۳۳۵ گزینه ۲ جهت میدان مغناطیسی داخل حلقه ($\vec{B}_1$) درون‌سو (⊗) است؛ بنابراین مطابق شکل مقابل به کمک قاعدهٔ دست راست، جریان در حلقه در جهت ساعتگرد است.



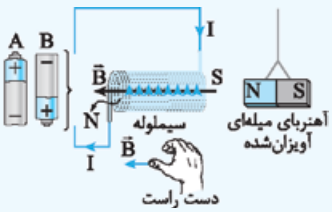
اندازهٔ میدان مغناطیسی در داخل حلقه بزرگ‌تر از میدان مغناطیسی در بیرون حلقه است؛ بنابراین:

$$B_1 > B_2$$

۳۳۶ گزینه ۱ در شکل (الف) با بستن کلید، جریان در جهت نشان داده‌شده از سیملوله عبور می‌کند. حالا مطابق شکل، سیملوله را در دست راستمان می‌گیریم و چهار انگشت را در جهت جریان قرار می‌دهیم. در این حالت شست دست جهت میدان مغناطیسی داخل سیملوله یا قطب N سیملوله را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، قطب S سیملوله در مجاورت قطب N آهنربای میله‌ای قرار می‌گیرد و در نتیجه قطب N آهنربا توسط سیملوله جذب می‌شود.



در شکل (ب)، برای این‌که آهنربای میله‌ای توسط سیم لوله جذب شود، باید سمت راست سیملوله قطب S و بنابراین جهت میدان مغناطیسی داخل سیملوله به طرف چپ باشد. به کمک دست راست جریان الکتریکی در سیملوله و مدار در جهت نشان داده‌شده در شکل مقابل تعیین می‌شود. همان‌طور که مشخص است، باتری A می‌تواند جریانی در این جهت تولید کند.



۳۳۷ گزینه ۱ به کمک رابطهٔ $B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$، یکای μ_0 در SI به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\mu_0 = \frac{B\ell}{NI} \Rightarrow \mu_0 \text{ یکای} = \frac{(B \text{ یکای})\times(\ell \text{ یکای})}{(I \text{ یکای})\times(N \text{ یکای})} = \frac{\text{متر}\times\text{تسلا}}{\text{آمپر}\times ۱} = \frac{\text{متر}\times\text{تسلا}}{\text{آمپر}}$$

۳۳۸ گزینه ۳ بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملولهٔ آرمانی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \frac{۱۲\times۱۰^{-۷}\times۵۰۰\times(۸۰۰\times۱۰^{-۳})}{۰/۲}$$

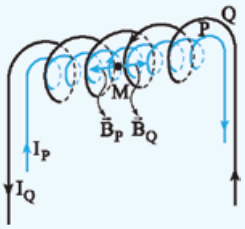
$$= ۲۴\times۱۰^{-۴}\ \text{T} \xrightarrow{۱\text{G}=۱۰^{-۴}\text{T}} B = ۲۴\ \text{G}$$

۳۳۹ گزینه ۱ برای صفرشدن میدان مغناطیسی برایند در نقطهٔ M، باید میدان مغناطیسی حاصل از سیملوله‌ها در این نقطه، هم‌اندازه و در خلاف جهت هم باشند. بنابراین ابتدا اندازهٔ میدان مغناطیسی سیملوله‌ها را برابر قرار می‌دهیم:

$$B_P = B_Q \Rightarrow \frac{\mu_0 N_P I_P}{\ell_P} = \frac{\mu_0 N_Q I_Q}{\ell_Q} \xrightarrow{\ell_P=\ell_Q}$$

$$N_P I_P = N_Q I_Q \xrightarrow[N_Q=۲۰۰,\ I_Q=۱\text{ A}]{N_P=۳۰۰}$$

$$۳۰۰\times I_P = ۲۰۰\times۱ \Rightarrow I_P = \frac{۲}{۳}\text{ A}$$

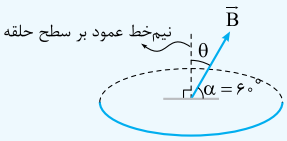


حالا به کمک قاعدهٔ دست راست، ابتدا جهت $\vec{B}_Q$ را تعیین می‌کنیم، سپس جهت $\vec{B}_P$ که باید در خلاف جهت $\vec{B}_Q$ باشد را مشخص کرده و در نهایت با استفادهٔ دوباره از دست راست، جهت I_P را تعیین می‌کنیم (شکل مقابل):

۳۴۰ گزینه ۴ دوقطبی‌های مغناطیسی مواد پارامغناطیسی در غیاب میدان مغناطیسی خارجی به صورت کاتوره‌ای سمت‌گیری می‌کنند. با قرارگیری این مواد در میدان مغناطیسی خارجی قوی، دوقطبی‌های مغناطیسی آن به مقدار **مختصری** در راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند (خاصیت مغناطیسی **ضعیف**) و با خروج از میدان مغناطیسی، سمت‌گیری دوقطبی‌ها دوباره به صورت کاتوره‌ای می‌شود. (خاصیت مغناطیسی **موقت**)

۳۴۱ گزینه ۳ هم فلز A و هم فلز B دارای حوزهٔ مغناطیسی هستند. بنابراین هر دو فرومغناطیس‌اند. (رد ۱ و ۲). حجم حوزه‌های A به سختی و حجم حوزه‌های B به آسانی تغییر می‌کند، بنابراین A فرومغناطیس سخت و B فرومغناطیس نرم است.

۳۴۲ گزینه ۴ خطوط میدان با سطح حلقه، زاویهٔ ۶۰° می‌سازند. ما به زاویهٔ بین خطوط میدان با نیم‌خط عمود بر سطح حلقه نیاز داریم که متمم زاویهٔ ۶۰° است؛ بنابراین:



$$\alpha = ۶۰^\circ \Rightarrow \theta = ۹۰^\circ - ۶۰^\circ = ۳۰^\circ$$

شار مغناطیسی عبوری از حلقه به صورت زیر به دست می‌آید:

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

$$\xrightarrow[A=۲۰۰\text{cm}^۲=۲۰۰\times۱۰^{-۴}\text{m}^۲]{B=۰/۰۰۴\text{T},\theta=۳۰^\circ} \Phi = ۰/۰۰۴\times۲۰۰\times۱۰^{-۴}\times\underbrace{\cos۳۰^\circ}_{\frac{\sqrt{۳}}{۲}}$$

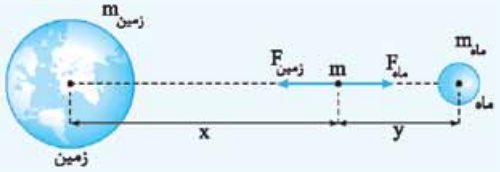
$$= ۴\sqrt{۳}\times۱۰^{-۵}\ \text{Wb}$$

۳۴۳ گزینه ۴ می‌دانیم مؤلفه‌های $\vec{i}$ و $\vec{j}$ میدان مغناطیسی بر هم عمودند؛ بنابراین اندازهٔ بردار $\vec{B}$ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\vec{B} = ۰/۳\vec{i} + ۰/۴\vec{j} \Rightarrow B = \sqrt{\underbrace{(۰/۳)^۲}_{۳\times۰/۱} + \underbrace{(۰/۴)^۲}_{۴\times۰/۱}} = \underbrace{۰/۵}_{۵\times۰/۱}\ \text{T}$$

سطح حلقه موازی محور x و عمود بر محور y است، بنابراین مؤلفه‌ای از میدان که موازی محور x (موازی با سطح حلقه) است، یعنی $B_x\vec{i}$ باعث عبور شار مغناطیسی از حلقه نمی‌شود و در این تست فقط مؤلفهٔ $B_y\vec{j}$ که عمود بر سطح حلقه است، باعث عبور شار مغناطیسی از حلقه می‌شود. داریم:

۵۰۳ گزینه ۱ با توجه به شکل زیر اندازهٔ نیرویی که ماه و زمین به جسم وارد می‌کنند، باید برابر باشد؛ پس:



$$F_{\text{زمین}} = F_{\text{ماه}} \Rightarrow G\frac{m_{\text{زمین}}\,m}{x^2} = G\frac{m_{\text{ماه}}\,m}{y^2}$$

$$\xrightarrow{m_{\text{زمین}}=81m_{\text{ماه}}} \frac{81m_{\text{ماه}}}{x^2} = \frac{m_{\text{ماه}}}{y^2} \Rightarrow \frac{81}{x^2} = \frac{1}{y^2}$$

$$\Rightarrow x^2 = 81y^2 \Rightarrow x = 9y$$

۵۰۴ گزینه ۴ ابتدا نسبت شتاب گرانشی در سطح این سیاره به شتاب گرانشی در سطح زمین را به دست می‌آوریم:

$$g = G\frac{M}{R^2} \Rightarrow \frac{g_{\text{سیاره}}}{g_{\text{زمین}}} = \frac{M_{\text{سیاره}}}{M_{\text{زمین}}} \times \left(\frac{R_{\text{زمین}}}{R_{\text{سیاره}}}\right)^2 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{8}$$

نسبت وزن جسم در این دو سیاره، همان نسبت شتاب گرانشی در سطح دو سیاره است.

۵۰۵ گزینه ۴ در رابطهٔ زیر باید h را حساب کنیم:

$$g' = \left(\frac{R_e}{R_e+h}\right)^2 \times g \xrightarrow{g'=\frac{1}{100}g} \frac{1}{100}g = \left(\frac{R_e}{R_e+h}\right)^2 \times g$$

$$\Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{R_e}{R_e+h} \Rightarrow R_e + h = 10R_e \Rightarrow h = 9R_e$$

۵۰۶ گزینه ۴ به کمک رابطهٔ $g = G\frac{M_e}{r^2}$ به شکل نسبتی داریم:

$$g' = \left(\frac{R_e}{R_e+h}\right)^2 = \left(\frac{6400}{6400+1600}\right)^2 \times 9/8 = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \times 9/8$$

$$\Rightarrow g' = \frac{16}{25} \times 9/8 = 6/272 \text{ m/s}^2$$

۵۰۷ گزینه ۳ ابتدا شتاب گرانشی در محل سفینه را حساب می‌کنیم:

$$g' = \left(\frac{R_e}{R_e+h}\right)^2 \times g = \left(\frac{6400}{6400+6400}\right)^2 \times 9/8$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 9/8 = \frac{1}{4} \times 9/8 \text{ m/s}^2$$

پس وزن فضانورد در محل سفینه برابر است با:

$$W' = mg' = 80 \times \left(\frac{1}{4} \times 9/8\right) = 196 \text{ N}$$

۵۰۸ گزینه ۲ علامت شتاب و مکان نوسانگر همیشه مخالف هم است.

۵۰۹ گزینه ۱ با دورشدن نوسانگر از نقطهٔ تعادل اندازهٔ سرعت، اندازهٔ تکانه و انرژی جنبشی نوسانگر کاهش و اندازهٔ شتاب، اندازهٔ نیرو و انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد.

۵۱۰ گزینه ۴ ابتدا دورهٔ تناوب نوسانگر را حساب می‌کنیم. نوسانگر در هر نوسان کامل دو مرتبه طول پاره‌خط نوسان را طی می‌کند، پس بار طی‌کردن طول پاره‌خط به معنای نوسان کامل در هر دقیقه است. پس:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{60}{120} = \frac{1}{2} \text{ s} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{1}{2}} = 4\pi \text{ rad/s}$$

مسافت طی‌شده توسط نوسانگر در هر دوره هم $4A$ است. در نتیجه:

$$4A = 20 \text{ cm} \Rightarrow A = 5 \text{ cm} = 0/05 \text{ m}$$

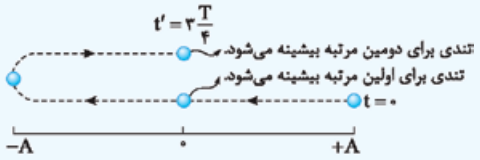
بنابراین معادلهٔ مکان ـ زمان متحرک برابر است با:

$$x = A\cos(\omega t) \Rightarrow x = 0/05\cos(4\pi t)$$

۵۱۱ گزینه ۳ ابتدا دورهٔ تناوب نوسانگر را حساب می‌کنیم. از روی معادلهٔ $x-t$ واضح است که $\omega = 20\pi \text{ rad/s}$. بنابراین:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 20\pi = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{10} \text{ s}$$

تندی نوسانگر در مبدأ مکان بیشینه است. برای این‌که تندی نوسانگر برای بار دوم بیشینه شود، باید مسیر زیر را طی کند (یعنی سه مرحله از چهار مرحلهٔ یک نوسان). در این مسیر لحظهٔ t' برابر است با:



$$t' = \frac{3T}{4} = \frac{3}{4} \times \frac{1}{10} = \frac{3}{40} \text{ s}$$

۵۱۲ گزینه ۱ نیروی وارد بر نوسانگر در خلاف جهت بردار مکان آن است. در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2، $x < 0$ و در نتیجه $F > 0$ است.

در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2، متحرک در حال دورشدن از مبدأ است ($|x|$ افزایش می‌یابد.)، پس اندازهٔ نیروی وارد بر آن هم افزایش می‌یابد.

۵۱۳ گزینه ۲ با توجه به نمودار داده‌شده داریم:

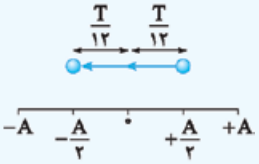
$$\frac{5T}{4} = 0/25 \Rightarrow T = 0/2 \text{ s}, \quad A = 5 \text{ cm} = 0/05 \text{ m}$$

هر نوسان کامل به مدت $T = 0/2 \text{ s}$ طول می‌کشد و در طی آن نوسانگر مسافت $\ell = 4A = 4 \times 0/05 = 0/2 \text{ m}$ را طی می‌کند. پس تندی متوسطش برابر است با:

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{0/2}{0/2} = 1 \text{ m/s}$$

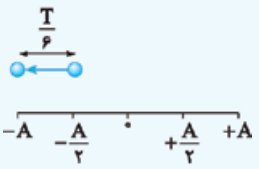
۵۱۴ گزینه ۱ اول این‌که: $AC = CO = OD = DB =$ نصف دامنه

در مدت t_1، نوسانگر از مکان $+\frac{A}{2}$ به مکان $-\frac{A}{2}$ رسیده است. با توجه به تکنیک الگوهای زمانی، t_1 برابر است با:



$$t_1 = \frac{T}{12} + \frac{T}{12} = \frac{T}{6}$$

همچنین در مدت t_2 نوسانگر از مکان $-\frac{A}{2}$ به مکان $-A$ رسیده است.



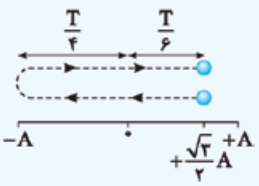
بنابراین با توجه به تکنیک الگوهای زمانی داریم:

$$t_2 = \frac{T}{6}$$

در نتیجه:

$$\frac{t_1}{t_2} = 1$$

۵۱۵ گزینه ۱ در این بازهٔ زمانی نوسانگر مسیر شکل مقابل را طی کرده است.



با توجه به تکنیک الگوهای زمانی داریم:

$$\Delta t = 2\left(\frac{T}{4} + \frac{T}{6}\right) = 2\left(\frac{3T}{12} + \frac{2T}{12}\right)$$

$$= 2 \times \left(\frac{5T}{12}\right) = \frac{5T}{6}$$

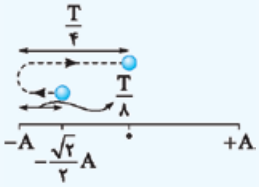
بنابراین:

$$\frac{5T}{6} = 1 \Rightarrow T = 1/2 \text{ s}$$

۵۱۶ گزینه ۲ با توجه به نمودار مکان ـ زمان داریم:

$A = ۲\ cm$ و $T = ۰/۸\ s$

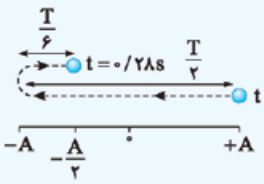
در مدت Δt نوسانگر با طی مسیر زیر،



از مکان $x_۱ = -\sqrt{۲}\ cm = -\frac{\sqrt{۲}}{۲}A$ به مکان $x_۲ = ۰$ رسیده است (دقت کنید که $A = ۲\ cm$ است.) زمان لازم برای طی این مسیر با توجه به تکنیک الگوهای زمانی برابر است با:

$$\Delta t = \frac{T}{۸} + \frac{T}{۴} = \frac{۳T}{۸} = \frac{۳}{۸} \times \frac{۸}{۱۰} = ۰/۳\ s$$

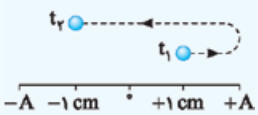
۵۱۷ گزینه ۴ با توجه به نمودار مکان ـ زمان داده‌شده، دامنهٔ نوسانگر $A = ۱۰\ cm$ و مکان نوسانگر در لحظهٔ $t = ۰/۲۸\ s$ برابر $x = -۵\ cm = -\frac{A}{۲}$ است. یعنی در بازهٔ زمانی صفر تا $۰/۲۸\ s$ نوسانگر مسیر مقابل را طی کرده است. با توجه به تکنیک الگوهای زمانی داریم:



$$۰/۲۸ = \frac{T}{۲} + \frac{T}{۶} \Rightarrow ۰/۲۸ = \frac{۴T}{۶} \Rightarrow T = ۰/۴۲\ s$$

$$\Rightarrow f = \frac{۱}{T} = \frac{۱۰۰}{۴۲}\ Hz = \frac{۵۰}{۲۱}\ Hz$$

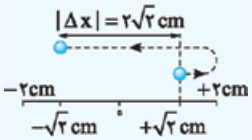
۵۱۸ گزینه ۳ در لحظهٔ $t_۱$ نوسانگر در حال دورشدن از مبدأ است. (چرا؟ چون حرکتش کندشونده است.) پس مسیری که باید طی کند به شکل مقابل است:



مسیر بالا یک نصفِ نوسان است. پس زمان لازم برای طی این مسیر برابر با $\frac{T}{۲}$ است. در نتیجه:

$$T = \frac{۱}{f} = \frac{۱}{۵} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{۲} = \frac{\frac{۱}{۵}}{۲} = \frac{۱}{۱۰}\ s$$

۵۱۹ گزینه ۴ نوسانگر در کم‌ترین بازهٔ زمانی که از مکان $+\sqrt{۲}\ cm$ در جهت محور x عبور می‌کند و سپس به مکان $-\sqrt{۲}\ cm$ می‌رسد، مسیری به شکل مقابل طی می‌کند:



در درس‌نامه دیدیم که این مسیر یک نصفِ نوسان است و زمان لازم برای طی آن $\frac{T}{۲}$ است. پس:

$$T = \frac{۱}{f} = \frac{۱}{\frac{۱}{۴}} = ۴\ s \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{۲} = ۲\ s$$

از آن‌جایی که جابه‌جایی متحرک در مسیر بالا $۲\sqrt{۲}\ cm$ است، داریم:

$$|v_{av}| = \frac{|\Delta x|}{\Delta t} = \frac{۲\sqrt{۲}}{۲} = \sqrt{۲}\ cm/s$$

۵۲۰ گزینه ۲ مثل بیشتر تست‌ها، اولین کار محاسبهٔ دامنه و دوره است:

$$A = ۰/۰۴\ m \quad \frac{۲\pi}{T} = ۴\pi \Rightarrow T = \frac{۱}{۲}\ s$$

$$x = ۰/۰۴\cos(۴\pi t)$$

بازهٔ زمانی داده‌شده را برحسب دوره به دست می‌آوریم:

$$\Delta t = t_۲ - t_۱ = ۱/۳۵ - ۰/۱ = ۱/۲۵\ s$$

$$\xrightarrow{T=\frac{۱}{۲}\ s} \frac{\Delta t}{T} = \frac{۱/۲۵}{\frac{۱}{۲}} = ۲/۵ \Rightarrow \Delta t = ۲/۵\ T$$

در مدت $۲/۵\ T$، $۲/۵$ نوسان انجام می‌شود، در هر نوسان مسافت طی‌شده $۴A$ است و در هر $\frac{T}{۲}$ مسافت طی‌شده برابر است با $۲A$. پس داریم:

$$\ell = ۲ \times (۴A) + ۲A = ۱۰A = ۱۰ \times \frac{۴}{۱۰۰} = ۰/۴ = \frac{۲}{۵}\ m$$

۵۲۱ گزینه ۲ ابتدا دورهٔ تناوب و دامنهٔ نوسانگر را تعیین می‌کنیم:

$$A = ۰/۰۲\ m = ۲\ cm$$

$$x = ۰/۰۲\cos(\frac{\pi}{۲}t)$$

$$\frac{۲\pi}{T} = \frac{\pi}{۲} \Rightarrow T = ۴\ s$$

حالا بازهٔ زمانی را برحسب دوره به دست می‌آوریم:

$$\Delta t = t_۲ - t_۱ = \frac{۲۵}{۱۲} - \frac{۱}{۱۲} = \frac{۲۴}{۱۲} = ۲\ s \xrightarrow{T=۴\ s} \Delta t = \frac{T}{۲}$$

در مدت $\frac{T}{۲}$ مسافت طی‌شده برابر $۲A$ است:

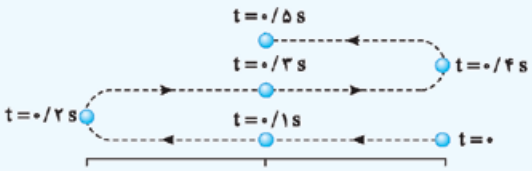
$$\ell = ۲A = ۲ \times ۲ = ۴\ cm$$

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{۴}{۲} = ۲\ cm/s$$

۵۲۲ گزینه ۳ ابتدا دورهٔ تناوب نوسانگر را حساب می‌کنیم، سپس زمان طی هر مرحله یعنی $\frac{T}{۴}$ را به دست می‌آوریم.

$$T = \frac{۱}{f} = \frac{۱}{۲/۵} = ۰/۴\ s \Rightarrow \frac{T}{۴} = ۰/۱\ s$$

حالا $۰/۱$ ثانیه، $۰/۱$ ثانیه به شکل زیر پیشروی می‌کنیم تا به لحظهٔ $t = ۰/۵\ s$ برسیم:



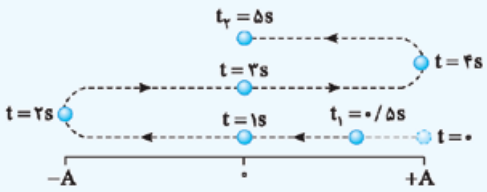
مسیر شکل بالا نشان می‌دهد نوسانگر در بازه‌های زمانی $(۰, ۰/۱\ s)$، $(۰/۲\ s, ۰/۳\ s)$ و $(۰/۴\ s, ۰/۵\ s)$ در حال نزدیک‌شدن به نقطهٔ تعادل است. یعنی در کل $۰/۳\ s$!

۵۲۳ گزینه ۱ محاسبهٔ دورهٔ تناوب:

$$\frac{۲\pi}{T} = \frac{\pi}{۲} \Rightarrow T = ۴\ s$$

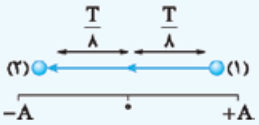
$$x = ۰/۰۴\cos(\frac{\pi}{۲}t)$$

از مبدأ زمان، در هر $\frac{T}{۴} = \frac{۴}{۴} = ۱\ s$ یک مرحله از یک نوسان انجام می‌شود. پس در بازهٔ زمانی $t_۱$ تا $t_۲$ مسیر حرکت نوسانگر به شکل زیر است:



بردار سرعت وقتی در جهت محور x است که در شکل بالا متحرک به سمت راست حرکت می‌کند، یعنی بازهٔ $t = ۲\ s$ تا $t = ۴\ s$. بردار شتاب وقتی در جهت محور x است که مکان متحرک منفی باشد؛ یعنی بازهٔ $t = ۱\ s$ تا $t = ۳\ s$. اشتراک دو بازهٔ بالا می‌شود $t = ۲\ s$ تا $t = ۳\ s$، یعنی به صورت $۳ - ۲ = ۱\ s$.

۵۲۴ گزینه ۴ در یک بازهٔ دلخواه $\frac{T}{۴}$، بیشترین جابه‌جایی ممکن برای نوسانگر زمانی رخ می‌دهد که این بازه به طور متقارن حول مبدأ باشد. یعنی نوسانگر مسیری به شکل مقابل طی کند:



با توجه به تکنیک الگوهای زمانی، نوسانگر در نقاط (۱) و (۲) به ترتیب در مکان‌های $x_۱=\frac{\sqrt{۲}}{۲}A$ و $x_۲=-\frac{\sqrt{۲}}{۲}A$ قرار دارد. پس اندازهٔ بیشترین جابه‌جایی ممکن برابر است با:

$$|\Delta x|=۲\times\frac{\sqrt{۲}}{۲}A=\sqrt{۲}A$$

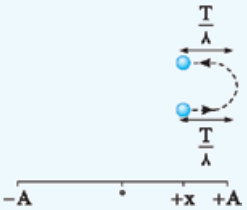
از طرفی داریم:

$$\text{طول پاره‌خط نوسان}=۲A\Rightarrow ۲A=۸\,cm\Rightarrow A=۴\,cm$$

در پایان:

$$|\Delta x|=\sqrt{۲}A=۴\sqrt{۲}\ cm$$

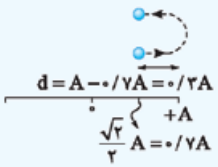
۵۲۵ گزینه ۲ می‌خواهیم در مدت $\frac{T}{۴}$ دلخواه، نوسانگر کم‌ترین مسافت را طی کند. پس باید مسیر حرکت آن به طور متقارن حول یکی از نقاط بازگشت باشد:



در شکل بالا با توجه به تکنیک الگوهای زمانی

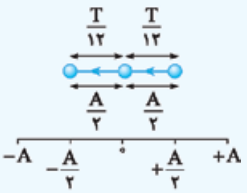
$$x=\frac{\sqrt{۲}}{۲}A\simeq\frac{۱/۴}{۲}A=۰/۷A$$

است. پس:



$$\ell=۲d=۲\times۰/۳A=۰/۶A$$

۵۲۶ گزینه ۲ برای آن‌که زمان یک جابه‌جایی با اندازهٔ معین، حداقل شود، باید تندی متحرک زیاد باشد. تندی نوسانگر ساده در نقطهٔ تعادل بیشینه است و هر چه نوسانگر به نقطهٔ تعادلش نزدیک‌تر باشد، تندی‌اش هم افزایش پیدا می‌کند. بنابراین حداقل زمان لازم برای طی جابه‌جایی به اندازهٔ دامنه (A)، در طی مسیر زیر رخ می‌دهد:



با توجه به تکنیک الگوهای زمانی، زمان لازم برای طی مسیر مقابل برابر است با:

$$\Delta t=۲(\frac{T}{۱۲})=\frac{T}{۶}$$

۵۲۷ گزینه ۱ ابتدا بسامد زاویه‌ای نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}=\sqrt{\frac{۳۶۰}{۰/۴}}=\sqrt{\frac{۳۶۰۰}{۴}}=\sqrt{۹۰۰}=۳۰\ rad/s$$

سپس به سراغ محاسبهٔ بسامد می‌رویم. دقت کنید که خواستهٔ تست همان بسامد است.

$$\omega=۲\pi f\Rightarrow ۳۰=۲\pi f\Rightarrow f=\frac{۳۰}{۲\pi}\xrightarrow{\pi=۳}f=۵\ Hz$$

۵۲۸ گزینه ۳ ابتدا دورهٔ تناوب نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$T=۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=۲\pi\sqrt{\frac{۰/۲}{۲۰۰}}=۲\pi\times\sqrt{\frac{۱}{۱۰۰۰}}=۲\pi\frac{۱}{۱۰\sqrt{۱۰}}=۰/۲s$$

بازهٔ زمانی داده‌شده نصف دوره است $(\Delta t=۰/۱s=\frac{T}{۲})$. در هر نصف دوره مسافت طی‌شده دو برابر دامنه است. پس:

$$\ell=۲A=۲\times۴=۸\ cm$$

۵۲۹ گزینه ۲ ابتدا از رابطهٔ $T=۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ به صورت نسبتی استفاده می‌کنیم:

$$T=۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\xrightarrow{k:\text{ثابت}}\frac{T_۲}{T_۱}=\sqrt{\frac{m_۲}{m_۱}}$$

$$\xrightarrow{m_۲=m_۱-۰/۱۹\,(kg)}\frac{۰/۰۹\pi}{۰/۱\pi}=\sqrt{\frac{m_۱-۰/۱۹}{m_۱}}$$

$$\Rightarrow ۰/۹=\sqrt{\frac{m_۱-۰/۱۹}{m_۱}}\Rightarrow ۰/۸۱=\frac{m_۱-۰/۱۹}{m_۱}\Rightarrow m_۱=۱\ kg$$

حالا برای حالت اول داریم:

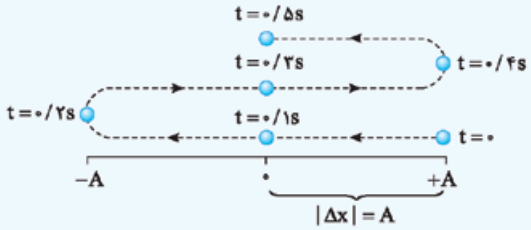
$$T_۱=۲\pi\sqrt{\frac{m_۱}{k}}\Rightarrow ۰/۱\pi=۲\pi\sqrt{\frac{۱}{k}}\Rightarrow\frac{۱}{۲۰}=\sqrt{\frac{۱}{k}}$$

$$\Rightarrow k=۴۰۰\ N/m=۴\ N/cm$$

۵۳۰ گزینه ۱ ابتدا دورهٔ تناوب نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$T=۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=۲\pi\times\sqrt{\frac{۰/۲}{۵۰}}=۲\pi\times\sqrt{\frac{۱}{۲۵۰}}=۲\pi\times\frac{۱}{۵\sqrt{۱۰}}=۰/۴s$$

در نیم ثانیهٔ اول نوسانگر مسیر زیر را طی می‌کند. (حواستان باشد که در هر $\frac{T}{۴}=\frac{۰/۴}{۴}=۰/۱s$ یک مرحله از یک نوسان طی می‌شود.) در این مسیر داریم:



$$\left.\begin{matrix}\ell=۵A\\|\Delta x|=A\end{matrix}\right\}\Rightarrow\frac{\ell}{|\Delta x|}=۵$$

۵۳۱ گزینه ۱ در نقطهٔ M، مکان و شتاب نوسانگر را می‌دانیم. پس:

$$a=-\omega^۲x\xrightarrow[a=-۴\ m/s^۲]{x=+۱\ cm=+۰/۰۱\ m}-۴=-\omega^۲\times۰/۰۱$$

$$\Rightarrow\omega=۲۰\ rad/s$$

حالا داریم:

$$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}\Rightarrow ۲۰=\sqrt{\frac{k}{۲}}\Rightarrow ۴۰۰=\frac{k}{۲}\Rightarrow k=۸۰۰\ N/m$$

۵۳۲ گزینه ۲ ابتدا دورهٔ تناوب و سپس بسامد زاویه‌ای نوسانگر را حساب می‌کنیم. با توجه به نمودار، داریم:

$$۵\frac{T}{۴}=\frac{\pi}{۴}\Rightarrow T=\frac{\pi}{۵}s,\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{\frac{\pi}{۵}}=۱۰\ rad/s$$

در لحظهٔ $t_۱$ مکان نوسانگر $x=-۱/۵\ cm$ است. با توجه به رابطهٔ نیرو ـ مکان داریم:

$$F=-m\omega^۲x=-\frac{۲}{۱۰}\times۱۰۰\times(\frac{-۱/۵}{۱۰۰})=۰/۳\ N$$

۵۳۳ گزینه ۳ ابتدا دورهٔ تناوب و سپس بسامد زاویه‌ای نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$T=\frac{t}{n}=\frac{۰/۴}{۲}=۰/۲\ s,\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{۰/۲}=۱۰\pi\ rad/s$$

حالا از رابطهٔ اندازهٔ شتاب بیشینه استفاده می‌کنیم:

$$a_{max}=\omega^۲A\Rightarrow ۲۰=۱۰۰\pi^۲\times A\Rightarrow A=\frac{۲}{۱۰۰}m=۲\ cm$$

خواستهٔ تست طول پاره‌خط نوسان یعنی $۲A=۲\times۲=۴\ cm$ است.

۵۳۴ گزینه ۲ ابتدا دورهٔ تناوب و بسامد زاویه‌ای نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$T=\frac{t}{n}=\frac{۶۰}{۱۲۰}=\frac{۱}{۲}\,s,\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{\frac{۱}{۲}}=۴\pi\ rad/s$$

از طرفی، مسافت طی‌شده در هر دوره برابر $۴A$ است. پس:

$$۴A=۱۶\ \Rightarrow\ A=۴\ cm\ \Rightarrow\ A=\frac{۴}{۱۰۰}\ m$$

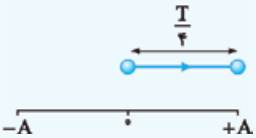
بنابراین بزرگی نیروی بیشینهٔ وارد بر نوسانگر برابر است با:

$$F_{max}=m\omega^۲A=\frac{۲۰}{۱۰۰۰}\times۱۶\pi^۲\times\frac{۴}{۱۰۰}=۰/۱۲۸\ N$$

۵۳۵ گزینه ۳ طول پاره‌خط نوسان، دو برابر دامنهٔ نوسان است. پس:

$$۲A=۲۰\ \Rightarrow\ A=۱۰\ cm=\frac{۱}{۱۰}\ m$$

همچنین حداقل زمان لازم برای این‌که نوسانگر از مرکز نوسان به انتهای پاره‌خط نوسان برسد، برابر با $\frac{T}{۴}$ است. بنابراین:



$$\frac{T}{۴}=\frac{۱}{۴}\ \Rightarrow\ T=۱\ s\ \Rightarrow\ \omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{۱}=۲\pi\ rad/s$$

انرژی جنبشی نوسانگر در مرکز نوسان بیشینه و برابر با انرژی مکانیکی آن است. پس:

$$K_{max}=E=\frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲=\frac{۱}{۲}\times\frac{۱}{۱۰}\times۴\pi^۲\times\frac{۱}{۱۰۰}=۰/۰۲\ J$$
$$=۲۰\ mJ$$

۵۳۶ گزینه ۱ **روش اول:** بیشینهٔ سرعت نوسانگر برابر است با:

$$P_{max}=mv_{max}\ \Rightarrow\ ۲\times۱۰^{-۳}\pi=۰/۱\times v_{max}$$
$$\Rightarrow\ v_{max}=۲\times۱۰^{-۲}\pi\ m/s$$

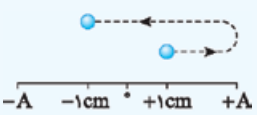
انرژی مکانیکی نوسانگر برابر با انرژی جنبشی بیشینهٔ آن است. پس:

$$E=K_{max}=\frac{۱}{۲}mv_{max}^۲=\frac{۱}{۲}\times۰/۱\times(۲\times۱۰^{-۲}\pi)^۲$$
$$=۲۰\pi^۲\times۱۰^{-۶}\ J=۲۰\pi^۲\ \mu J$$

روش دوم: داریم: $E=K_{max}\ \Rightarrow\ E=\frac{(P_{max})^۲}{۲m}=\frac{(۲\times۱۰^{-۳}\pi)^۲}{۲\times۰/۱}$

$$=۲۰\pi^۲\times۱۰^{-۶}\ J=۲۰\pi^۲\ \mu J$$

۵۳۷ گزینه ۳ برای این‌که نوسانگر از مکان $x_۱=۱\ cm$ در جهت محور x عبور کند و به مکان $x_۲=-۱\ cm$ برسد، باید مسیر مقابل را طی کند. می‌دانیم حداقل زمان لازم برای طی این مسیر $\frac{T}{۲}$ است. پس:



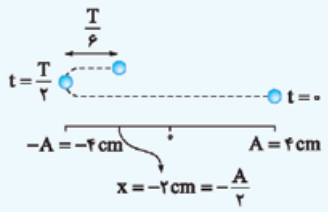
$$\Delta t=\frac{T}{۲}\ \Rightarrow\ ۲=\frac{T}{۲}\ \Rightarrow\ T=۴\ s$$

حالا ابتدا بسامد زاویه‌ای و سپس انرژی مکانیکی نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{۴}=\frac{\pi}{۲}\ rad/s$$

$$E=\frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲=\frac{۱}{۲}\times\frac{۲}{۱۰}\times\frac{\pi^۲}{۴}\times۱۶\times۱۰^{-۴}=۴\times۱۰^{-۴}\ J=۰/۴\ mJ$$

۵۳۸ گزینه ۲ با توجه به نمودار داده‌شده، در بازهٔ زمانی صفر تا $t_۱=\frac{۲}{۱۵}\ s$ نوسانگر مسیر مقابل را طی می‌کند.



با توجه به تکنیک الگوهای زمانی داریم:

$$t_۱=\frac{T}{۲}+\frac{T}{۶}\ \Rightarrow\ \frac{۲}{۱۵}=\frac{۴T}{۶}\ \Rightarrow\ T=\frac{۱}{۵}\ s$$

حالا داریم:

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{\frac{۱}{۵}}=۱۰\pi\ rad/s$$

$$E=\frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲=\frac{۱}{۲}\times\frac{۵۰}{۱۰۰۰}\times۱۰۰\pi^۲\times(۱۶\times۱۰^{-۴})$$
$$=۴\times۱۰^{-۲}\ J=\frac{۱}{۲۵}\ J$$

۵۳۹ گزینه ۱ ابتدا انرژی مکانیکی نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$E=U+K=۱۵+۵=۲۰\ mJ=۲\times۱۰^{-۲}\ J$$

حالا ابتدا بسامد زاویه‌ای (ω) و سپس بسامد (f) را حساب می‌کنیم:

$$E=\frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲\ \Rightarrow\ ۲\times۱۰^{-۲}=\frac{۱}{۲}\times\frac{۱}{۱۰}\times\omega^۲\times۴\times۱۰^{-۴}$$
$$\Rightarrow\ \omega^۲=۱۰^۳\ \Rightarrow\ \omega=۱۰\sqrt{۱۰}=۱۰\pi\ rad/s$$
$$\omega=۲\pi f\ \Rightarrow\ ۱۰\pi=۲\pi f\ \Rightarrow\ f=۵\ Hz$$

۵۴۰ گزینه ۱ ابتدا انرژی مکانیکی نوسانگر را محاسبه می‌کنیم. چون ثابت فنر را داریم، رابطهٔ $E=\frac{۱}{۲}kA^۲$ به کارمان می‌آید:

$$E=\frac{۱}{۲}kA^۲=\frac{۱}{۲}\times۵۰۰\times۱۶\times۱۰^{-۴}=۰/۴\ J$$

در ادامه ابتدا انرژی جنبشی و سپس تندی جسم را محاسبه می‌کنیم:

$$E=K+U\ \Rightarrow\ ۰/۴=K+۰/۲\ \Rightarrow\ K=۰/۲\ J$$

$$K=\frac{۱}{۲}mv^۲\ \Rightarrow\ ۰/۲=\frac{۱}{۲}\times۱\times v^۲\ \Rightarrow\ v^۲=۰/۴=\frac{۴}{۱۰}$$

$$\Rightarrow\ v=\frac{۲}{\sqrt{۱۰}}\ m/s\ \Rightarrow\ v=\frac{۲۰۰}{\sqrt{۱۰}}\ cm/s=۲۰\sqrt{۱۰}\ cm/s$$

۵۴۱ گزینه ۲ ابتدا دامنه و بسامد زاویه‌ای و سپس انرژی مکانیکی نوسانگر را حساب می‌کنیم: طول پاره‌خط نوسان $=۲A\ \Rightarrow\ ۲A=۴\ \Rightarrow\ A=۲\ cm$

$$T=\frac{t}{n}=\frac{۶۰}{۱۵۰}=\frac{۲}{۵}\,s,\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{\frac{۲}{۵}}=۵\pi\ rad/s$$

$$E=\frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲=\frac{۱}{۲}\times\frac{۲}{۱۰}\times۲۵\pi^۲\times۴\times۱۰^{-۴}=۰/۰۱\ J=۱۰\ mJ$$

حالا انرژی جنبشی نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$K=\frac{۱}{۲}mv^۲=\frac{۱}{۲}\times\frac{۲}{۱۰}\times(۵۰\pi^۲\times۱۰^{-۴})=۵\times۱۰^{-۳}\ J=۵\ mJ$$

در نهایت داریم: $E=K+U\ \Rightarrow\ ۱۰=۵+U\ \Rightarrow\ U=۵\ mJ$

۵۴۲ گزینه ۲ در لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر با انرژی پتانسیل آن برابر است، انرژی جنبشی آن برابر است با:

$$E=K+U\xrightarrow{U=K}E=K+K=۲K\ \Rightarrow\ ۸=۲K$$
$$\Rightarrow\ K=۴\ mJ$$

حالا داریم: $K=\frac{۱}{۲}mv^۲\Rightarrow۴\times۱۰^{-۳}=\frac{۱}{۲}\times\frac{۱}{۱۰}\times v^۲\Rightarrow v^۲=۸\times۱۰^{-۲}$

$$\Rightarrow\ v=۲\sqrt{۲}\times۱۰^{-۱}\,m/s=\frac{۲\sqrt{۲}}{۱۰}\,m/s=\frac{\sqrt{۲}}{۵}\,m/s$$

۵۴۳ گزینه ۲ ابتدا انرژی مکانیکی نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$E=\frac{۱}{۲}kA^۲=\frac{۱}{۲}\times(۵\times۱۰^۲)\times(۱۶\times۱۰^{-۴})=۰/۴\ J$$

در لحظه‌ای که تندی نوسانگر $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ برابر تندی بیشینه‌اش است ($v=\frac{\sqrt{۲}}{۲}v_{max}$)، انرژی‌های جنبشی و پتانسیل آن با هم برابر است. پس:

$$E=K+U \xrightarrow{K=U} U=K=\frac{E}{۲}=۰/۲\ J$$

خواستهٔ تست اختلاف انرژی مکانیکی و انرژی جنبشی نوسانگر است. پس:

$$E-K=U=۰/۲\ J$$

۵۴۴ گزینه ۳ طول پاره‌خط نوسان ۴ cm است. پس:

$$۲A=۴ \Rightarrow A=۲\ cm$$

نوسانگر در هر ثانیه یک بار طول پاره‌خط نوسان را طی می‌کند، پس دورهٔ تناوب آن ۲ s است. در نتیجه:

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{۲}=\pi\ rad/s$$

در نهایت تندی بیشینه برابر است با:

$$v_{max}=A\omega=۲\times\pi=۲\pi\ cm/s$$

۵۴۵ گزینه ۴ ابتدا تندی بیشینهٔ نوسانگر را حساب می‌کنیم.

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{\frac{۱}{۱۰}}=۲۰\pi\ rad/s$$

$$v_{max}=A\omega=\frac{۵}{۱۰۰}\times۲۰\pi=\pi\ m/s$$

در لحظه‌ای که انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگر با هم برابر است، تندی آن برابر با $\frac{\sqrt{۲}}{۲}v_{max}$ است. پس:

$$v=\frac{\sqrt{۲}}{۲}v_{max}=\frac{\sqrt{۲}}{۲}\pi\ m/s=۵۰\pi\sqrt{۲}\ cm/s$$

۵۴۶ گزینه ۲ A و ω را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$۲A=۸ \Rightarrow A=۴\ cm=\frac{۴}{۱۰۰}\ m$$

$$a=\omega^۲x \Rightarrow \frac{\pi^۲}{۲}=\omega^۲\times(۲\times۱۰^{-۲}) \Rightarrow \omega^۲=\frac{\pi^۲}{۴}\times۱۰^۲$$

$$\Rightarrow \omega=\frac{\pi}{۲}\times۱۰=۵\pi\ rad/s$$

با یک جای‌گذاری ساده، تندی نوسانگر در لحظهٔ عبور از نقطهٔ تعادل (تندی بیشینهٔ نوسانگر) به دست می‌آید:

$$v_{max}=A\omega=\frac{۴}{۱۰۰}\times۵\pi=\frac{۲۰\pi}{۱۰۰}=\frac{\pi}{۵}\ m/s$$

۵۴۷ گزینه ۱ جهت حرکت نوسانگر در نقطهٔ بازگشت ($x=\pm A$) تغییر می‌کند. در این لحظه اندازهٔ شتاب آن بیشینه است. پس:

$$a_{max}=۰/۸\pi^۲\ m/s^۲$$

نیروی وارد بر نوسانگر در نقطهٔ تعادل صفر می‌شود ($x=۰$)، در این لحظه، تندی آن بیشینه است. پس:

$$v_{max}=۰/۲\pi\ m/s$$

بنابراین داریم:

$$\left.\begin{array}{l} a_{max}=۰/۸\pi^۲ \Rightarrow A\omega^۲=۰/۸\pi^۲ \\ v_{max}=۰/۲\pi \Rightarrow A\omega=۰/۲\pi \end{array}\right\} \xrightarrow{\div} \omega=۴\pi\ rad/s$$

در پایان شتاب نوسانگر در مکان $x=۱\ cm$ برابر است با:

$$a=-\omega^۲x \Rightarrow a=-۱۶\pi^۲\times\frac{۱}{۱۰۰}=-۰/۱۶\pi^۲\ m/s^۲$$

۵۴۸ گزینه ۳ در نمودار داده‌شده، نصفِ انرژی مکانیکی جسم ۰/۸ J است. پس داریم:

$$E=۱/۶\ J$$

حالا به کمک رابطهٔ زیر دامنهٔ نوسان را حساب می‌کنیم:

$$E=\frac{۱}{۲}kA^۲ \Rightarrow ۱/۶=\frac{۱}{۲}\times۵۰۰\times A^۲$$

$$\Rightarrow A^۲=۶۴\times۱۰^{-۴} \Rightarrow A=۸\times۱۰^{-۲}\ m=۸\ cm$$

در پایان مسافت طی‌شده توسط نوسانگر در هر دورهٔ تناوب برابر است با:

$$\ell=۴A=۴\times۸=۳۲\ cm$$

۵۴۹ گزینه ۳ با توجه به نمودار انرژی ـ مکان، انرژی مکانیکی نوسانگر ۴۰ J و دامنهٔ آن ۸ cm است. پس داریم:

$$E=\frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲ \Rightarrow ۴۰=\frac{۱}{۲}\times\frac{۱}{۲}\times\omega^۲\times۶۴\times۱۰^{-۴}$$

$$\Rightarrow \omega^۲=۲۵۰\times۱۰^۲ \Rightarrow \omega=۵\sqrt{۱۰}\times۱۰$$

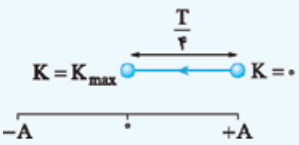
$$\xrightarrow{\sqrt{۱۰}=\pi} \omega=۵۰\pi\ rad/s$$

حالا داریم:

$$\omega=۲\pi f \Rightarrow ۵۰\pi=۲\pi f \Rightarrow f=۲۵\ Hz$$

۵۵۰ گزینه ۱ با توجه به نمودار داده‌شده، نصف انرژی مکانیکی نوسانگر ۲۰ mJ است، پس $E=۴۰\ mJ$.

برای این‌که انرژی جنبشی نوسانگر از صفر به ۴۰ mJ (یعنی انرژی مکانیکی یا همان انرژی جنبشی بیشینه) برسد، باید نوسانگر از نقطهٔ بازگشت به نقطهٔ تعادل برسد (مسیر شکل مقابل). حداقل زمان لازم برای این جابه‌جایی $\frac{T}{۴}$ است. پس:



$$\frac{T}{۴}=۰/۰۵ \Rightarrow T=۰/۲\ s$$

حالا ابتدا بسامد زاویه‌ای و سپس تندی بیشینهٔ نوسانگر (تندی نوسانگر در مکان $x=۰$) را حساب می‌کنیم:

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{۰/۲}=۱۰\pi\ rad/s$$

$$v_{max}=A\omega \xrightarrow{\text{نمودار: } A=۲\ cm=۰/۰۲\ m} v_{max}=\frac{۲}{۱۰۰}\times۱۰\pi=\frac{\pi}{۵}\ m/s$$

۵۵۱ گزینه ۴ نوسانگر در هر ثانیه یک نوسان کامل انجام می‌دهد؛ یعنی $T=۱\ s$. بنابراین داریم:

$$T=۲\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow ۱=۲\pi\sqrt{\frac{\ell}{\pi^۲}} \Rightarrow ۱=۲\sqrt{\ell} \Rightarrow \frac{۱}{۲}=\sqrt{\ell}$$

$$\Rightarrow \ell=\frac{۱}{۴}\ m=۲۵\ cm$$

۵۵۲ گزینه ۳ ابتدا دورهٔ تناوب را در هر حالت به دست می‌آوریم:

$$T=\frac{t}{n} \Rightarrow \begin{cases} T_۱=\frac{۷۲}{۴۰}=\frac{۹}{۵}\ s \\ T_۲=\frac{۷۲}{۴۵}=\frac{۸}{۵}\ s \end{cases}$$

حالا در هر حالت طول آونگ را حساب می‌کنیم:

$$T=۲\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \xrightarrow{g=\pi^۲} T=۲\pi\sqrt{\frac{\ell}{\pi^۲}}=۲\sqrt{\ell}$$

$$\begin{cases} \frac{۹}{۵}=۲\sqrt{\ell_۱} \Rightarrow \frac{۹}{۱۰}=\sqrt{\ell_۱} \Rightarrow \ell_۱=۰/۸۱\ m=۸۱\ cm \\ \frac{۸}{۵}=۲\sqrt{\ell_۲} \Rightarrow \frac{۸}{۱۰}=\sqrt{\ell_۲} \Rightarrow \ell_۲=۰/۶۴\ m=۶۴\ cm \end{cases}$$

بنابراین طول آونگ را باید ۱۷ cm کاهش دهیم.

۵۵۳ گزینه ۱ مدتی که طول می‌کشد تا آونگ A از انتهای مسیر برای اولین بار به تندی بیشینه‌اش برسد، برابر $\frac{T_A}{۴}$ و مدتی که طول می‌کشد تا آونگ B از یک انتهای مسیر به انتهای دیگر مسیر خود برسد، برابر $\frac{T_B}{۲}$ است. این دو زمان با هم برابرند. پس:

$$\frac{T_A}{۴}=\frac{T_B}{۲} \Rightarrow \frac{T_A}{T_B}=\frac{۴}{۲}=۲$$

حالا با توجه به رابطهٔ $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ داریم:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow \frac{T_A}{T_B} = \sqrt{\frac{\ell_A}{\ell_B}} \Rightarrow 2 = \sqrt{\frac{\ell_A}{\ell_B}} \Rightarrow \frac{\ell_A}{\ell_B} = 4$$

۵۵۴ گزینه ۱ می‌دانیم که امواج مکانیکی برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند. در میان موارد داده‌شده، فقط امواج صوتی، مکانیکی هستند.

۵۵۵ گزینه ۴ اگر فاصلهٔ محل زمین‌لرزه تا محل لرزه‌نگار Δx باشد، داریم:

$$\left.\begin{array}{l} P_{\text{موج}}: \Delta x = v_P \Delta t_P \Rightarrow \Delta t_P = \frac{\Delta x}{v_P} \\ S_{\text{موج}}: \Delta x = v_S \Delta t_S \Rightarrow \Delta t_S = \frac{\Delta x}{v_S} \end{array}\right\}$$

$$\xrightarrow{v_P > v_S} \Delta t_S - \Delta t_P = \frac{\Delta x}{v_S} - \frac{\Delta x}{v_P}$$

$$\xrightarrow{\Delta t_S - \Delta t_P = 50\,s} 50 = \frac{\Delta x}{4/8\times10^3} - \frac{\Delta x}{8\times10^3}$$

$$\Rightarrow 50 = \Delta x \times \left(\frac{8 - 4/8}{8\times4/8\times10^3}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{50\times8\times4/8\times10^3}{3/2} = 600\times10^3\ m = 600\ km$$

۵۵۶ گزینه ۱ جرم واحد طول (μ) را داریم. پس به کمک رابطهٔ زیر تندی انتشار موج در سیم را حساب می‌کنیم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{250}{4\times10^{-3}}} = \sqrt{\frac{25\times10^4}{4}} = \frac{5\times10^2}{2} = 250\ m/s$$

۵۵۷ گزینه ۴ ابتدا تندی انتشار موج در تار را حساب می‌کنیم:

$$v = \sqrt{\frac{F\ell}{m}} = \sqrt{\frac{320\times1}{8\times10^{-3}}} = \sqrt{4\times10^4} = 200\ m/s$$

حالا برای محاسبهٔ مدت پیشروی موج در تار داریم:

$$\Delta x = v\Delta t \Rightarrow \underset{\text{طول تار}}{1} = 200\times\Delta t \Rightarrow \Delta t = 0/005\ s$$

۵۵۸ گزینه ۱ به کمک رابطهٔ تندی انتشار موج داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \Rightarrow 25 = \sqrt{\frac{F}{8\times10^3\times2\times10^{-6}}}$$

$$\xrightarrow{\text{به توان ۲}} 625 = \frac{F}{16\times10^{-3}} \Rightarrow F = 10\ N$$

۵۵۹ گزینه ۱ قطر مقطع سیم و نیروی کشش داده شده است. پس از رابطهٔ $v = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{F}{\rho\pi}}$ استفاده می‌کنیم. البته به صورت نسبتی!

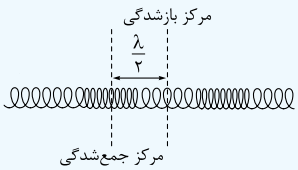
$$v = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{F}{\rho\pi}} \xrightarrow{\rho:\text{ثابت}} \frac{v_A}{v_B} = \frac{d_B}{d_A}\times\sqrt{\frac{F_A}{F_B}} = \frac{1}{3}\times\sqrt{4} = \frac{2}{3}$$

۵۶۰ گزینه ۴ در محیطی که موج در آن منتشر شده، دورهٔ تناوب، بسامد و بسامد زاویه‌ای تمام ذرات محیط یکسان و برابر با دورهٔ تناوب، بسامد و بسامد زاویه‌ای چشمه (منبع موج) است.

۵۶۱ گزینه ۴ ابتدا طول موج را حساب می‌کنیم:

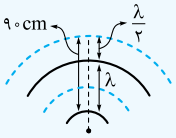
$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{4/8}{12} = 0/4\ m = 40\ cm$$

همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، فاصلهٔ مرکز یک جمع‌شدگی تا مرکز بازشدگیِ بعد از آن، برابر $\frac{\lambda}{2}$ است. بنابراین:



$$\frac{\lambda}{2} = \frac{40}{2} = 20\ cm$$

۵۶۲ گزینه ۲ با توجه به شکل داده‌شده داریم:



$$\lambda + \frac{\lambda}{2} = 90 \Rightarrow \frac{3\lambda}{2} = 90$$

$$\Rightarrow \lambda = 60\ cm = 0/6\ m$$

بنابراین داریم: $\lambda = vT \Rightarrow 0/6 = v\times0/2 \Rightarrow v = 3\ m/s$

۵۶۳ گزینه ۳ ابتدا تندی انتشار موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 0/25 = \frac{v}{200} \Rightarrow v = 50\ m/s$$

حالا داریم:

$$v = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{F}{\rho\pi}} \Rightarrow 50 = \frac{2}{d}\sqrt{\frac{60}{(8\times10^{-3})\times3}} \Rightarrow (50)^2 = \frac{4\times60}{d^2\times24\times10^{-3}}$$

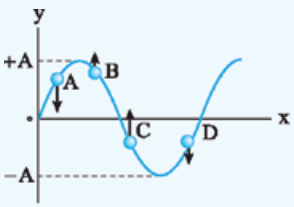
$$\Rightarrow d^2 = \frac{10^{-2}}{(50)^2} \Rightarrow d = \frac{10^{-1}}{50} = 2\times10^{-3}\ m = 2\ mm$$

۵۶۴ گزینه ۴ دو موج در یک محیط منتشر می‌شوند. پس سرعت انتشار آن‌ها برابر است، یعنی: $\frac{v_A}{v_B} = 1$

با توجه به شکل داده‌شده، طول موجِ موج B، ۲ برابر طول موجِ موج A است $(\lambda_B = 2\lambda_A)$. بنابراین داریم:

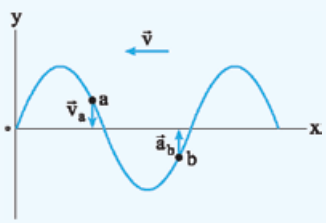
$$\lambda = vT \Rightarrow \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{v_A}{v_B}\times\frac{T_A}{T_B} \Rightarrow \frac{1}{2} = 1\times\frac{T_A}{T_B} \Rightarrow \frac{T_A}{T_B} = \frac{1}{2}$$

۵۶۵ گزینه ۲ ابتدا جهت حرکت هر کدام از ذرات A، B، C و D را در این لحظه مشخص می‌کنیم. از آن‌جایی که موج از چپ به راست منتشر می‌شود، هر نقطه شبیه نقاط سمت چپ خود خواهد شد. پس جهت حرکت هر ذره به شکل مقابل خواهد بود.



هرگاه ذرات به مکان‌های $+A$ یا $-A$ برسند، تندی آن‌ها صفر می‌شود. با توجه به شکل واضح است که ذرهٔ B زودتر از ذرات دیگر به مکان $x = \pm A$ می‌رسد.

۵۶۶ گزینه ۱ انرژی جنبشی ذرهٔ a و در نتیجه تندی آن در حال افزایش است؛ بنابراین مطابق شکل زیر ذرهٔ a در حال نزدیک‌شدن به مرکز نوسان خود است. همان‌طور که مشخص است، ذرهٔ a شبیه ذرات سمت راست خود خواهد شد. این اتفاق زمانی رخ می‌دهد که موج در حال انتشار به طرف چپ یعنی در خلاف جهت محور x باشد.



جهت شتاب ذرهٔ b هم به طرف مرکز نوسان یعنی در جهت محور y است.

۵۶۷ گزینه ۴ با توجه به نقش موج داده‌شده داریم:

$$\frac{\lambda}{2} = 20 \Rightarrow \lambda = 40\ cm = 0/4\ m$$

حالا ابتدا بسامد و سپس بسامد زاویه‌ای موج را حساب می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{۲۰}{۰/۴} = ۵۰\ Hz$$

$$\omega = ۲\pi f = ۲\pi \times ۵۰ = ۱۰۰\pi\ rad/s$$

نقطهٔ M در این لحظه در مرکز نوسان است، پس تندی آن بیشینه و برابر است با:

$$v_{max} = A\omega \xrightarrow{A=۲\ cm=۰/۰۲\ m} v_{max} = \frac{۲}{۱۰۰} \times ۱۰۰\pi = ۲\pi$$

$$= ۶/۲۸\ m/s$$

از آن‌جایی که موج از چپ به راست منتشر می‌شود، نقطهٔ M قرار است شبیه نقاط سمت چپ خود شود. پس جهت حرکت آن به سمت پایین است.

۵۶۸ گزینه ۳ با توجه به تصویر موج، واضح است که:

$$\frac{۳\lambda}{۲} = ۱۵ \Rightarrow \lambda = ۱۰\ cm$$

بنابراین دورهٔ موج برابر است با: $\lambda = vT \Rightarrow ۱۰ = ۲۰ \times T \Rightarrow T = \frac{۱}{۲}\ s$

مدت بازهٔ زمانی $t_۱$ تا $t_۲$، برابر $t_۲ - t_۱ = \frac{۹}{۴}\ s$ است. در این مدت تعداد نوسان‌ها را به دست می‌آوریم:

$$T = \frac{t}{n} \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \frac{\frac{۹}{۴}}{n} \Rightarrow n = \frac{\frac{۹}{۴}}{\frac{۱}{۲}} = ۴/۵$$

ذرهٔ M در هر نوسان ۲ مرتبه جهت حرکتش عوض می‌شود. پس در طی ۴/۵ نوسان، ۹ مرتبه جهت حرکتش عوض خواهد شد.

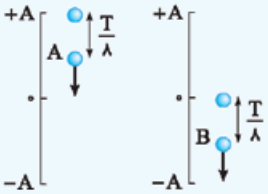
۵۶۹ گزینه ۳ با توجه به تصویر داده‌شده از موج، ۳۰ cm معادل $\frac{۳\lambda}{۲}$ است. پس:

$$\frac{۳\lambda}{۲} = ۳۰ \Rightarrow \lambda = ۲۰\ cm = ۰/۲\ m$$

بنابراین برای محاسبهٔ دورهٔ تناوب داریم:

$$\lambda = vT \Rightarrow ۰/۲ = ۱۰ \times T \Rightarrow T = ۰/۰۲\ s = \frac{۸}{۴۰۰}\ s$$

در بازهٔ زمانی $t_۱$ تا $t_۲$ که $\frac{۹}{۴۰۰}\ s$ طول می‌کشد، نوسانگر یک نوسان کامل انجام می‌دهد و پس از آن $\frac{۹}{۴۰۰} - \frac{۸}{۴۰۰} = \frac{۱}{۴۰۰}\ s$ دیگر به حرکت خود ادامه می‌دهد.



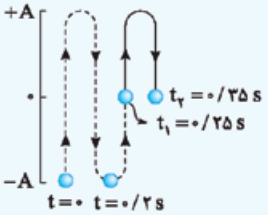
$\frac{۱}{۴۰۰}\ s$ معادل $\frac{T}{۸}$ است. پس در لحظهٔ $t_۲$ ذرات A و B در موقعیت مقابل قرار دارند:

شکل‌های قبل نشان می‌دهند که در این موقعیت، حرکت ذرهٔ A تندشونده و حرکت ذرهٔ B کندشونده است.

۵۷۰ گزینه ۱ تصویر داده‌شده نشان می‌دهد، $\frac{\lambda}{۲} = ۲۰\ cm$ و در نتیجه $\lambda = ۴۰\ cm$ است. بنابراین داریم:

$$\lambda = vT \Rightarrow ۰/۴ = ۲ \times T \Rightarrow T = ۰/۲\ s$$

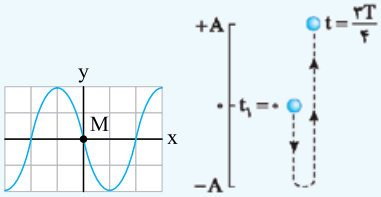
از $t = ۰$ تا $t_۱ = ۰/۲۵\ s$ ذرهٔ M یک نوسان کامل انجام می‌دهد و سپس $۰/۲۵ - ۰/۲ = ۰/۰۵\ s$ دیگر حرکت می‌کند. چون $\frac{T}{۴} = ۰/۰۵\ s$ است، در لحظهٔ $t_۱ = ۰/۲۵\ s$ ذره به موقعیت شکل مقابل می‌رسد. (دقت کنید ذرهٔ M در هر $\frac{T}{۴} = ۰/۰۵\ s$، یک مرحله از چهار مرحلهٔ نوسان کامل را طی می‌کند.)



همان‌طور که در شکل می‌بینید، در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۰/۲۵\ s$ تا $t_۲ = ۰/۳۵\ s$، ذرهٔ M ابتدا از نقطهٔ تعادل دور و سپس به آن نزدیک می‌شود. پس حرکت آن ابتدا کندشونده و سپس تندشونده است.

۵۷۱ گزینه ۳ **روش اول:** در هر $\frac{T}{۴}$ موج به اندازهٔ $\frac{\lambda}{۴}$ در جهت انتشار خود پیشروی می‌کند. پس در مدت $\frac{۳T}{۴}$ موج باید به اندازهٔ $\frac{۳\lambda}{۴}$ به سمت چپ جابه‌جا شود. با این کار در لحظهٔ $t = \frac{۳T}{۴}$ موج به شکل ۳ درمی‌آید.

روش دوم: یکی از نقاط محیط را در نظر می‌گیریم، مثلاً نقطهٔ M در شکل زیر. این نقطه در مبدأ زمان در حال حرکت به سمت پایین است و در مدت $\frac{۳T}{۴}$ مسیر شکل زیر را طی می‌کند. پس در لحظهٔ $t = \frac{۳T}{۴}$ نقطهٔ M باید در مکان $y = +A$ باشد. این اتفاق فقط در شکل ۳ رخ داده است.



۵۷۲ گزینه ۳ در نقش موج داده‌شده، طول موج ۵ cm است. پس داریم:

$$\lambda = vT \Rightarrow ۵ = ۲۰ \times T \Rightarrow T = \frac{۱}{۴}\ s$$

مدت بازهٔ زمانی داده‌شده نصف دورهٔ تناوب است $(\Delta t = \frac{۱}{۸}\ s = \frac{T}{۲})$. می‌دانیم مسافت طی‌شده در این مدت برابر ۲A است:

$$\ell = ۲A = ۲ \times ۲ = ۴\ cm$$

۵۷۳ گزینه ۲ در نقش موج داده‌شده، داریم:

$$\frac{۳\lambda}{۲} = ۱۲۰ \Rightarrow \lambda = ۸۰\ cm = ۰/۸\ m$$

بنابراین دورهٔ تناوب برابر است با:

$$\lambda = vT \Rightarrow ۰/۸ = ۱۰T \Rightarrow T = ۰/۰۸\ s$$

مدت بازهٔ زمانی داده‌شده نصف دوره است. ببینید:

$$\Delta t = t_۲ - t_۱ = ۰/۰۵ - ۰/۰۱ = ۰/۰۴\ s \xrightarrow{T=۰/۰۸\ s} \Delta t = \frac{T}{۲}$$

در مدت نصف دوره، مسافت طی‌شده توسط ذرهٔ M (مثل هر ذرهٔ دیگر از محیط) برابر ۲A است:

$$\ell = ۲A = ۲ \times ۳ = ۶\ cm$$

۵۷۴ گزینه ۳ از تصویر لحظه‌ای داده‌شده در سؤال نتیجه می‌گیریم:

$$\lambda + \frac{\lambda}{۴} = ۲۵ \Rightarrow \frac{۵}{۴}\lambda = ۲۵ \Rightarrow \lambda = ۲۰\ cm = ۰/۲\ m$$

حالا دورهٔ تناوب را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = vT \Rightarrow ۰/۲ = ۱۰ \times T \Rightarrow T = ۰/۰۲\ s$$

حالا درستی یا نادرستی هر عبارت را بررسی می‌کنیم:

(الف): نادرست: مسافت طی‌شده توسط موج در هر ثانیه برابر است با:

تندی انتشار موج

$$\Delta x = v\,\Delta t = ۱۰ \times ۱ = ۱۰\ m$$

(ب): درست: ۰/۰۱ s نصف دوره است و در هر دوره مسافت طی‌شده دو برابر دامنه است:

$$\ell = ۲A = ۲ \times ۲ = ۴\ cm$$

(پ): نادرست: باز هم با بازهٔ زمانی ۰/۰۱ ثانیه‌ای سروکار داریم. این مدت نصف دوره است. جابه‌جایی ذرات مختلف محیط در مدت نصف دوره متفاوت است.

(ت): درست: در مدت ۰/۰۲ s یک نوسان کامل انجام شده است. پس جابه‌جایی هر ذره در این مدت صفر است.

۵۷۵ گزینه ۳ با توجه به تصویر موج $\frac{\lambda}{۲}=۵\ cm$ و در نتیجه $\lambda=۱۰\ cm$ است. بنابراین دورهٔ موج برابر است با:

$$\lambda=vT \Rightarrow ۱۰=۲۰\times T \Rightarrow T=\frac{۱}{۲}\ s$$

مدت بازهٔ زمانی داده‌شده نصف دوره است $(\Delta t=(t_۱+\frac{۱}{۴})-t_۱=\frac{۱}{۴}s=\frac{T}{۲})$.

می‌دانیم در مدت نصف دوره هر یک از ذرات ریسمان از مکان x به مکان $-x$ می‌رسند. پس در این بازه، ذرهٔ M از مکان $y_۱=۳\ cm$ به مکان $y_۲=-۳\ cm$ خواهد رسید. در نتیجه بزرگی سرعت متوسط ذرهٔ M برابر است با:

$$|v_{av}|=\frac{|\Delta y|}{\Delta t}=\frac{|(-۳)-۳|}{\frac{۱}{۴}}=\frac{|-۶|}{\frac{۱}{۴}}=۲۴\ cm/s$$

۵۷۶ گزینه ۲ قدم اول محاسبهٔ طول موج است. با توجه به تصویر داده‌شده داریم:

$$\frac{\lambda}{۴}+\lambda=۱۰ \Rightarrow \frac{۵\lambda}{۴}=۱۰ \Rightarrow \lambda=۸\ cm=۰/۰۸\ m$$

قدم بعدی مثل بیشتر تست‌های این کادر، محاسبهٔ دوره است.

$$\lambda=vT \Rightarrow \frac{۸}{۱۰۰}=۴T \Rightarrow T=۰/۰۲\ s$$

حالا در مدت ۰/۲۵ s تعداد نوسان‌ها را حساب می‌کنیم:

$$T=\frac{t}{n} \Rightarrow ۰/۰۲=\frac{۰/۲۵}{n} \Rightarrow n=۱۲/۵$$

ذره در این مدت ۱۲/۵ نوسان انجام داده است. در ۱۲ نوسان مسافت طی‌شده برابر $۱۲\times ۴A=۴۸A$ است و در نیم نوسان مسافت طی‌شده برابر ۲A است. پس کل مسافت طی‌شده در این بازهٔ زمانی برابر است با:

$$۴۸A+۲A=۵۰A$$

در نتیجه داریم: $s_{av}=\frac{\ell}{\Delta t} \Rightarrow ۶=\frac{۵۰A}{۰/۲۵} \Rightarrow A=۰/۰۳\ m=۳\ cm$

۵۷۷ گزینه ۳ با توجه به شکل داده‌شده، $\lambda_A=۲\lambda_B$ است. از طرفی دو موج در یک محیط منتشر می‌شوند، پس تندی انتشارشان برابر است. در نتیجه داریم:

$$\lambda=\frac{v}{f} \xrightarrow{v:\text{ثابت}} \frac{\lambda_B}{\lambda_A}=\frac{f_A}{f_B} \Rightarrow \frac{۱}{۲}=\frac{f_A}{f_B}$$

دامنهٔ موج A، ۳ برابر دامنهٔ موج B است. بنابراین:

$$\frac{P_{av(A)}}{P_{av(B)}}=(\frac{A_A}{A_B}\times\frac{f_A}{f_B})^۲=(۳\times\frac{۱}{۲})^۲=\frac{۹}{۴}$$

۵۷۸ گزینه ۴ **بررسی عبارت‌ها:**

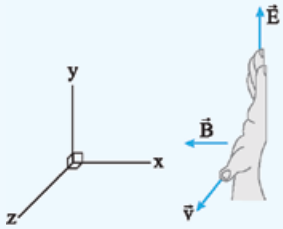
(الف): نادرست: تندی انتشار تمام امواج الکترومغناطیسی در خلأ یکسان است.

(ب): درست: با توجه به طیف امواج الکترومغناطیسی: $f_{\text{سبز}}>f_{\text{زرد}}$ و $\lambda_{\text{سبز}}<\lambda_{\text{زرد}}$.

(پ): نادرست: کاملاً برعکس! فرابنفش $\lambda<$ فروسرخ λ

(ت): درست: $f_{FM}>f_{AM} \xrightarrow{T=\frac{۱}{f}} T_{FM}<T_{AM}$

۵۷۹ گزینه ۱ مطابق شکل زیر، چهار انگشت باز دست راست را طوری در جهت $\vec{E}$ قرار می‌دهیم که شست دست در جهت $\vec{v}$ (در جهت محور z) قرار بگیرد. در این حالت کف دست که جهت $\vec{B}$ را نشان می‌دهد در خلاف جهت محور x خواهد بود.



۵۸۰ گزینه ۱ با توجه به نمودار داده‌شده، $\frac{۳\lambda}{۲}$ معادل ۴۵۰ nm است. پس:

$$\frac{۳\lambda}{۲}=۴۵۰\ nm \Rightarrow \lambda=۳۰۰\ nm=۳\times۱۰^{-۷}\ m$$

حالا بسامد و دوره را به دست می‌آوریم:

$$\lambda=\frac{c}{f} \Rightarrow f=\frac{c}{\lambda}=\frac{۳\times۱۰^۸}{۳\times۱۰^{-۷}}=۱۰^{۱۵}\ Hz$$

$$T=\frac{۱}{f}=۱۰^{-۱۵}\ s$$

حالا درستی یا نادرستی هر عبارت را بررسی می‌کنیم:

۱) این گزینه دورهٔ تناوب را تعریف کرده است. دیدیم که دورهٔ تناوب $۱۰^{-۱۵}\ s$ است. ✓

۲) تعداد نوسان در هر ثانیه، همان بسامد و برابر $۱۰^{۱۵}$ است. ✗

۳) مسافتی که موج در مدت ۱ s طی می‌کند برابر است با:

$$\Delta x=v\Delta t=۳\times۱۰^۸\times۱=۳\times۱۰^۸\ m$$

پس این گزینه هم غلط است. ✗

۴) طول موج ناحیهٔ مرئی تقریباً بین ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm است. پس این موج در ناحیهٔ مرئی قرار ندارد. ✗

۵۸۱ گزینه ۳ دو صوت در یک محیط منتشر شده‌اند، پس تندی انتشار برابری دارند $(v_A=v_B)$. دربارهٔ طول موج هم داریم:

$$\lambda=\frac{v}{f} \xrightarrow{v_A=v_B} \frac{\lambda_A}{\lambda_B}=\frac{f_B}{f_A}=\frac{۶۰۰}{۳۰۰}=۲$$

۵۸۲ گزینه ۲ ابتدا طول موج صوت را حساب می‌کنیم:

$$\lambda=\frac{v}{f}=\frac{۳۲۰}{۸۰۰}=۰/۴\ m=۴۰\ cm$$

فاصلهٔ مرکز یک ناحیهٔ پرتراکم تا مرکز ناحیهٔ کم‌تراکم بعدی خود برابر $\frac{\lambda}{۲}=۲۰\ cm$ است.

۵۸۳ گزینه ۳ تندی انتشار صوت در هوا و فولاد را به ترتیب $v_۱$ و $v_۲$ و طول میله را L در نظر می‌گیریم. بنابراین داریم:

$$\Delta x=v\Delta t \begin{cases} \xrightarrow{\text{هوا}} L=v_۱\Delta t_۱ \Rightarrow \Delta t_۱=\frac{L}{v_۱} \\ \xrightarrow{\text{فولاد}} L=v_۲\Delta t_۲ \Rightarrow \Delta t_۲=\frac{L}{v_۲} \end{cases}$$

$$\Delta t_۱-\Delta t_۲ \Rightarrow \frac{L}{v_۱}-\frac{L}{v_۲} \xrightarrow{v_۲=۱۵v_۱} \Delta t_۱-\Delta t_۲=\frac{L}{v_۱}-\frac{L}{۱۵v_۱}$$

$$=\frac{۱۴L}{۱۵v_۱} \xrightarrow{\Delta t_۱-\Delta t_۲=۰/۰۷\ s} ۰/۰۷=\frac{۱۴\times L}{۱۵\times۳۴۰} \Rightarrow L=۲۵/۵\ m$$

۵۸۴ گزینه ۳ کافی است داده‌های تست را در رابطهٔ زیر جای‌گذاری کنیم:

$$I=\frac{E}{At}=\frac{۱/۵\times۱۰^{-۱۱}}{۳\times۱۰^{-۴}\times۵}=\frac{۱/۵\times۱۰^{-۱۱}}{۱/۵\times۱۰^{-۳}}=۱۰^{-۸}\ W/m^۲=۰/۰۱\mu W/m^۲$$

(تبدیل $cm^۲$ به $m^۲$)

۵۸۵ گزینه ۴ کافی است داده‌های مسئله را در رابطهٔ زیر جای‌گذاری کنیم:

$$I=\frac{P}{۴\pi r^۲} \Rightarrow ۱۶۰\times۱۰^{-۶}=\frac{P}{۴\times۳\times۶۲۵} \Rightarrow P=۱/۲\ W$$

۵۸۶ گزینه ۴ شدت صوت با مربع فاصله از چشمه نسبت وارون دارد. بنابراین:

$$\frac{I_۲}{I_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲=(\frac{۱}{۲})^۲=\frac{۱}{۴}$$

۵۸۷ گزینه ۱ اول این‌که دامنهٔ صوت A، ۲ برابر دامنهٔ صوت B است:

$$A_A = 2A_B$$

دوم این‌که با توجه به نمودار داده‌شده، داریم $\lambda_B = 2\lambda_A$. در نتیجه:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow[v:\text{یکسان}]{\text{محیط یکسان}} \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{f_A}{f_B} \xrightarrow{\lambda_B = 2\lambda_A} \frac{f_A}{f_B} = 2$$

بنابراین نسبت توان متوسط دو موج برابر است با:

$$\frac{P_{av(A)}}{P_{av(B)}} = \left(\frac{f_A}{f_B} \times \frac{A_A}{A_B}\right)^2 = (2\times 2)^2 = 16$$

دو موج در یک محل قرار دارند، پس نسبت شدت صوت آن‌ها هم برابر $\frac{I_A}{I_B} = 16$ است.

۵۸۸ گزینه ۳ نسبت $\frac{I}{I_0}$ را داریم؛ بنابراین:

$$\beta = 10\log\frac{I}{I_0} = 10\log 2\sqrt{10}\times 10^5 = 10(\log 2\sqrt{10} + \log 10^5)$$

$$= 10(\log 2 + \log\sqrt{10} + \log 10^5) = 10(0/3 + 0/5 + 5)$$

$$\Rightarrow \beta = 58\ \text{dB}$$

۵۸۹ گزینه ۲ کافی است شدت صوت داده‌شده را در رابطهٔ زیر جای‌گذاری کنیم:

$$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{1/6\times 10^{-3}\times 10^{-6}}{10^{-12}}\right)$$

$$= 10\log(1/6\times 10^3) = 10\log(16\times 10^2)$$

$$= 10\times[\underbrace{\log 16}_{\log 2^4 = 4\log 2 = 4\times 0/3 = 1/2} + \underbrace{\log 10^2}_{2}] = 10\times[1/2 + 2] = 32\ \text{dB}$$

۵۹۰ گزینه ۱ با توجه به رابطهٔ زیر داریم:

$$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow 57 = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow 5/7 = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

حالا باید پیدا کنیم که لگاریتم چه عددی برابر ۵/۷ است. برای این کار ۵/۷ را به صورت ۳/۰ − ۶ می‌نویسیم (برای این‌که بتوانیم از $\log 2 = 0/3$ استفاده کنیم.)

در ادامه: $5/7 = 6 - 0/3 = \log(10^6) - \log 2 = \log\left(\frac{10^6}{2}\right) = \log(5\times 10^5)$

بنابراین داریم: $\log(5\times 10^5) = \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 5\times 10^5$

$$\Rightarrow I = 5\times 10^{-7}\ \text{W/m}^2$$

۵۹۱ گزینه ۴ ابتدا شدت صوت را حساب می‌کنیم:

$$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow 60 = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow 6 = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^6 \Rightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^6 \Rightarrow I = 10^{-6}\ \text{W/m}^2$$

حالا توان چشمهٔ صوت را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow 10^{-6} = \frac{P}{4\times 3\times 2500} \Rightarrow P = 3\times 10^{-2}\ \text{W} = 30\ \text{mW}$$

۵۹۲ گزینه ۱ محاسبهٔ شدت صوت:

$$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow 96 = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow 9/6 = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$\log(10^9)\quad 2\times 0/3 = 2\times\log 2 = \log 4$$

$$\Rightarrow \underset{\uparrow}{9} + \underset{\uparrow}{0/6} = \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 4\times 10^9$$

$$\Rightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 4\times 10^9 \Rightarrow I = 4\times 10^{-3}\ \text{W/m}^2$$

حالا به سراغ رابطهٔ $I = \frac{E}{At}$ می‌رویم:

$$I = \frac{E}{At} \Rightarrow 4\times 10^{-3} = \frac{E}{(10^{-6})\times 60} \Rightarrow E = 24\times 10^{-8}\ \text{J} = 0/24\ \mu\text{J}$$

۵۹۳ گزینه ۳ کافی است از رابطهٔ زیر استفاده کنیم:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right) = 10\log(1000) = 10\times 3 = 30\ \text{dB}$$

یعنی تراز شدت صوت ۳۰ dB افزایش می‌یابد.

۵۹۴ گزینه ۱ با توجه به رابطهٔ $\beta_2 - \beta_1 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$ داریم:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \Rightarrow 92 - 28 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$$

$$6/4 = \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \Rightarrow \underset{\log(10^7)}{7} - \underset{2\times 0/3 = 2\log(2) = \log 4}{0/6} = \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{10^7}{4} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 2/5\times 10^6$$

۵۹۵ گزینه ۳ ابتدا شدت صوت A را حساب می‌کنیم. چون شدت صوت A بیشتر از شدت صوت B است، می‌نویسیم:

$$\beta_A - \beta_B = 10\log\left(\frac{I_A}{I_B}\right) \xrightarrow{\beta_A - \beta_B = 10\ \text{dB}} 10 = 10\log\left(\frac{I_A}{I_B}\right)$$

$$\Rightarrow 1 = \log\left(\frac{I_A}{I_B}\right) \Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = 10$$

$$\xrightarrow{I_A = 0/04\ \text{W/m}^2 = 40\ \text{mW/m}^2} \frac{40}{I_B} = 10 \Rightarrow I_B = 4\ \text{mW/m}^2$$

بنابراین خواستهٔ مسئله برابر است با:

$$I_A - I_B = 40 - 4 = 36\ \text{mW/m}^2$$

۵۹۶ گزینه ۲ ابتدا نسبت شدت صوت در فاصله‌های d_1 و d_2 را به دست می‌آوریم:

$$\beta_1 - \beta_2 = 10\log\left(\frac{I_1}{I_2}\right) \xrightarrow{\beta_1 - \beta_2 = 18\text{dB}} 18 = 10\log\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

$$\underset{\downarrow}{1/8} = \log\left(\frac{I_1}{I_2}\right) \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 64$$

$$6\times 0/3 = 6\log 2 = \log 2^6 = \log 64$$

شدت صوت با مربع فاصله از چشمه نسبت وارون دارد:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \Rightarrow 64 = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = 8$$

۵۹۷ گزینه ۴ ابتدا نسبت شدت دو صوت را به دست می‌آوریم:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{A_2}{A_1}\times\frac{f_2}{f_1}\times\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow[r:\text{ثابت}]{f:\text{ثابت}} \frac{I_2}{I_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{4A_1}{A_1} = 4$$

حالا به کمک رابطهٔ اختلاف تراز شدت صوت داریم:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10\log\frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 1/3\beta_1 - \beta_1 = 10\log 4$$

$$\log 2^2 = 2\log 2 = 2\times 0/3 = 0/6$$

$$\Rightarrow 0/3\beta_1 = 20\times 0/6 \Rightarrow \beta_1 = \frac{12}{0/3} = 40\ \text{dB}$$

β_2 را می‌خواهیم، پس: $\beta_2 = 1/3\beta_1 = 1/3\times 40 = 52\ \text{dB}$

۵۹۸ گزینه ۲ اگر بسامد صوت تولیدی توسط چشمه f_o باشد، داریم:

$$\left.\begin{array}{l} \text{فاصلهٔ شنوندهٔ A از چشمه: کاهش} \Rightarrow f_A > f_o \\ \text{فاصلهٔ شنوندهٔ B از چشمه: افزایش} \Rightarrow f_B < f_o \end{array}\right\} \Rightarrow f_A > f_o > f_B$$

از طرفی چون چشمه ساکن است، طول موج صوت تولیدی آن در تمام نقاط اطرافش یکسان است $(\lambda_A = \lambda_B)$.

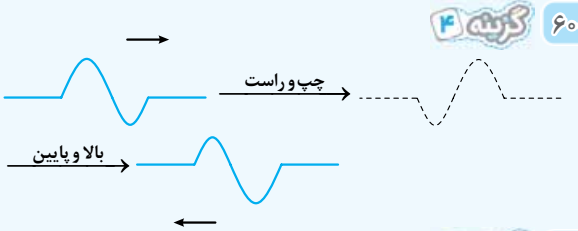
۵۹۹ گزینه ۳ اگر بسامد صوت تولیدی توسط چشمه f_o باشد، داریم:

$$\left.\begin{array}{l} \text{فاصلهٔ شنوندهٔ A از چشمه: افزایش} \Rightarrow f_A < f_o \\ \text{فاصلهٔ شنوندهٔ B از چشمه: کاهش} \Rightarrow f_B > f_o \end{array}\right\} \Rightarrow f_B > f_o > f_A$$

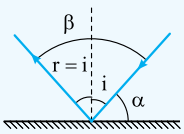
از طرفی، اگر طول موج صوت تولیدی توسط چشمه را در صورتی که ساکن باشد، با λ_o نشان دهیم، داریم:

$$\left.\begin{array}{l} \text{شنوندهٔ A پشت چشمه قرار دارد.} \Rightarrow \lambda_A > \lambda_o \\ \text{شنوندهٔ B جلوی چشمه قرار دارد.} \Rightarrow \lambda_B < \lambda_o \end{array}\right\} \Rightarrow \lambda_A > \lambda_o > \lambda_B$$

۶۰۰ گزینه ۴



۶۰۱ گزینه ۲ با توجه به شکل مقابل داریم:



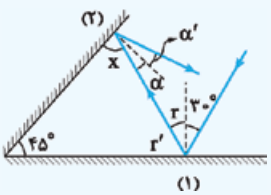
$$\text{زاویهٔ بین پرتوی تابش و پرتوی بازتاب} = \beta = r + i = i + i = 2i$$

$$\text{زاویهٔ بین پرتوی تابش و سطح آینه} = \alpha = 90^\circ - i$$

بنابراین با توجه به صورت تست: $\beta = 3\alpha \Rightarrow 2i = 3(90^\circ - i)$

$$\Rightarrow 2i = 270 - 3i \Rightarrow 5i = 270 \Rightarrow i = 54^\circ$$

۶۰۲ گزینه ۱ ابتدا در شکل مقابل مسیر حرکت پرتوی نور را رسم کرده و در محل‌های برخورد خط عمود بر آینه را رسم می‌کنیم.



در بازتاب (۱)، به کمک قانون بازتاب عمومی داریم: $r = 30^\circ$

در نتیجه: $r' = 90^\circ - r = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

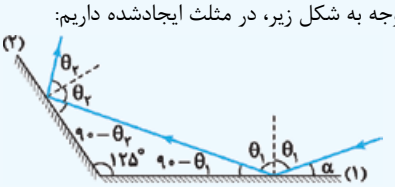
حالا در مثلث ایجادشده داریم:

$$x + r' + 45^\circ = 180^\circ \Rightarrow x + 60^\circ + 45^\circ = 180^\circ \Rightarrow x = 75^\circ$$

و در پایان: $\alpha = 90^\circ - x = 90^\circ - 75^\circ = 15^\circ$

$$\xrightarrow{\text{قانون بازتاب عمومی}} \alpha' = \alpha = 15^\circ$$

۶۰۳ گزینه ۴ با توجه به شکل زیر، در مثلث ایجادشده داریم:



$$(90^\circ - \theta_1) + (90^\circ - \theta_2) + 125 = 180^\circ \Rightarrow \theta_1 + \theta_2 = 125^\circ$$

از طرفی با توجه به دادهٔ تست $\theta_2 - \theta_1 = 15^\circ$، می‌نویسیم:

$$\left.\begin{array}{l} \theta_2 + \theta_1 = 125^\circ \\ \theta_2 - \theta_1 = 15^\circ \end{array}\right\} \xrightarrow{+} 2\theta_2 = 140^\circ \Rightarrow \theta_2 = 70^\circ \Rightarrow \theta_1 = 55^\circ$$

زاویهٔ α، متمم θ_1 است: $\alpha = 90^\circ - \theta_1 = 90^\circ - 55^\circ = 35^\circ$

۶۰۴ گزینه ۳ می‌دانیم در حالتی که پرتوی نور از هر یک از دو آینهٔ متقاطع یک بار بازتاب می‌کند، زاویهٔ انحراف برابر است با:

$$D = 2\alpha = 2 \times 50 = 100^\circ$$

↓ زاویهٔ بین دو آینه $(\alpha \le 90^\circ)$

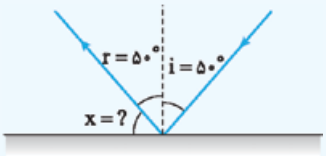
۶۰۵ گزینه ۳ دیدیم که در این حالت زاویهٔ انحراف برابر است با: $D = 360^\circ - 2\alpha \quad (\alpha > 90^\circ)$. بنابراین:

$$100^\circ = 360^\circ - 2\alpha \Rightarrow 2\alpha = 260^\circ \Rightarrow \alpha = 130^\circ$$

۶۰۶ گزینه ۴ دیدیم در حالتی که پرتوی نور به هر یک از دو آینهٔ متقاطع یک بار برخورد می‌کند، زاویهٔ انحراف، به زاویهٔ تابش پرتوی به آینهٔ اول بستگی ندارد.

۶۰۷ گزینه ۲ ابتدا پرتوی تابش را رسم می‌کنیم. با توجه به شکل روبه‌رو، زاویهٔ تابش برابر 50° است:

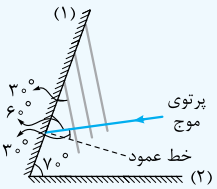
حالا می‌توانیم زاویهٔ بازتاب و سپس خواستهٔ مسئله را حساب کنیم:



$$r = i \Rightarrow r = 50^\circ$$

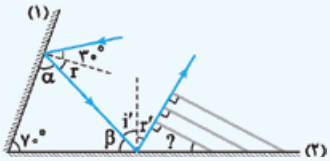
$$x = 90^\circ - r = 90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$$

۶۰۸ گزینه ۱ قبل از هر کاری، پرتوی موج مربوط به جبهه‌های موج تابیده را رسم می‌کنیم و کار را با آن ادامه می‌دهیم:



$$\text{زاویهٔ جبههٔ موج تابیده با سطح} = \text{زاویهٔ پرتوی موج تابیده با خط عمود} = 30^\circ$$

بنابراین در شکل دوم داریم:



قانون بازتاب عمومی: $r = 30^\circ$

α متمم r است: $\alpha = 90^\circ - r = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

در مثلث ایجادشده: $70^\circ + \alpha + \beta = 180^\circ$

$$\Rightarrow 70^\circ + 60^\circ + \beta = 180^\circ \Rightarrow \beta = 50^\circ$$

i' متمم β است: $i' = 90^\circ - \beta = 90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$

قانون بازتاب عمومی: $r' = i' \Rightarrow r' = 40^\circ$

در نهایت زاویهٔ بین جبهه‌های موج بازتابیده از سطح (۲) با این سطح، همان r' و برابر 40° است.

۶۰۹ گزینه ۱ خواستهٔ تست زاویهٔ انحراف است. می‌دانیم در این حالت زاویهٔ انحراف برابر است با:

$$\alpha \Rightarrow D = 360^\circ - 2\alpha = 360^\circ - 2 \times 120^\circ = 120^\circ$$ زاویهٔ بین دو مانع:

۶۱۰ گزینه ۱ از روشی که در درس‌نامه یاد گرفتیم، استفاده می‌کنیم.

$\alpha_1 = 30^\circ$ و $\theta = 40^\circ$ است. چون پرتو در حال نزدیک‌شدن به محل تقاطع دو آینه است، بازتاب به بازتاب جلو می‌رویم و ۴۰ درجه ۴۰ درجه به $\alpha_1 = 30^\circ$ اضافه می‌کنیم:

بازتاب اول از آینهٔ (۲): $\alpha_2 = 30^\circ + 40^\circ = 70^\circ$