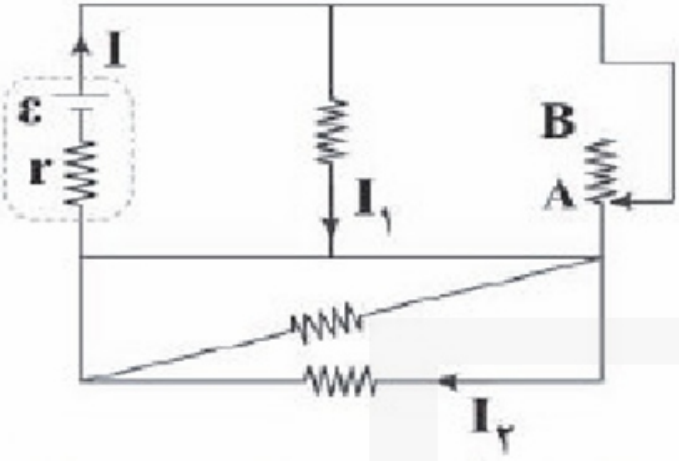
در شکل زیر، اگر لغزنده‌ی رئوستا را از A به سمت B ببریم، جریان‌های I، I_1 و I_2 به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کنند؟ (مقاومت‌ها مشابه هستند.)



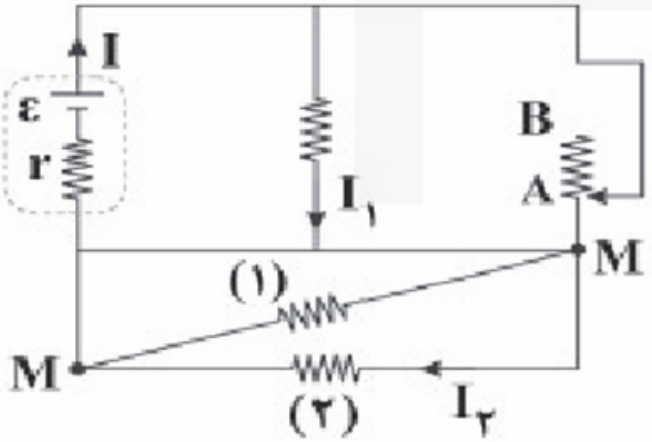
۱) کاهش، کاهش، ثابت

۲) افزایش، کاهش، افزایش

۳) کاهش، افزایش، ثابت

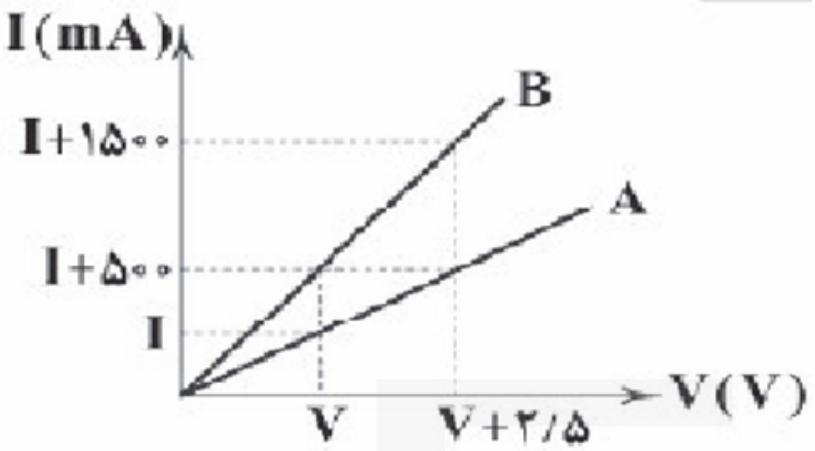
۴) افزایش، افزایش، افزایش

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. در این سؤال با کمک تکنیک نام‌گذاری، مقاومت ۱ و ۲ اتصال کوتاه شده‌اند و با انتقال رئوستا از A تا B جریان آن‌ها تغییر نمی‌کند. (I_2 ثابت و برابر صفر است).



در ادامه با افزایش مقاومت R_{AB}، به سادگی می‌توان ثابت کرد که جریان بیش‌تری از شاخه‌ی پایین می‌گذرد و جریان I_1 افزایش می‌یابد. از طرفی در این حالت مقاومت معادل مدار افزایش یافته و جریان کلی I کاهش می‌یابد.

$$R_{AB}\uparrow \Rightarrow R_{eq}\uparrow \Rightarrow I_{\text{کل}}\downarrow$$



نمودار شدت جریان الکتریکی عبوری از دو مقاومت A و B برحسب اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها مطابق شکل است. حاصل $R_A - R_B$ برحسب اهم کدام است؟

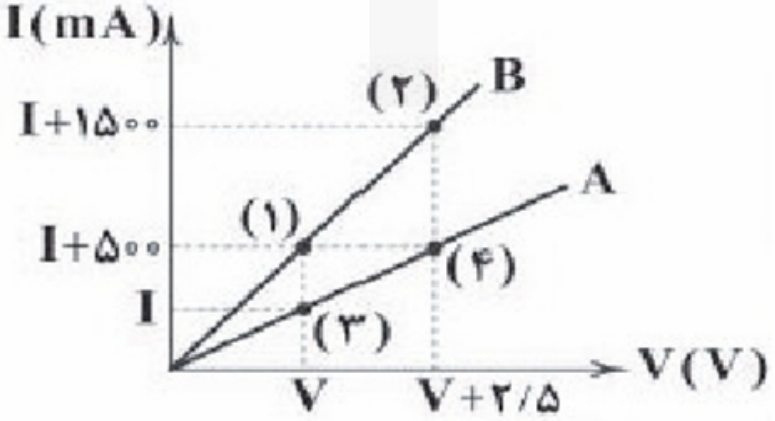
۱) ۱۰

۲) ۵

۳) ۲/۵

۴) ۱/۲۵

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای حل کافیست از رابطه‌ی $\Delta V = R\Delta I$ برای دو مقاومت استفاده کنیم. با توجه به این موضوع، داریم:



مقاومت A از روی نقاط ۳ و ۴ : $\Delta V_A = R_A \times \Delta I_A$

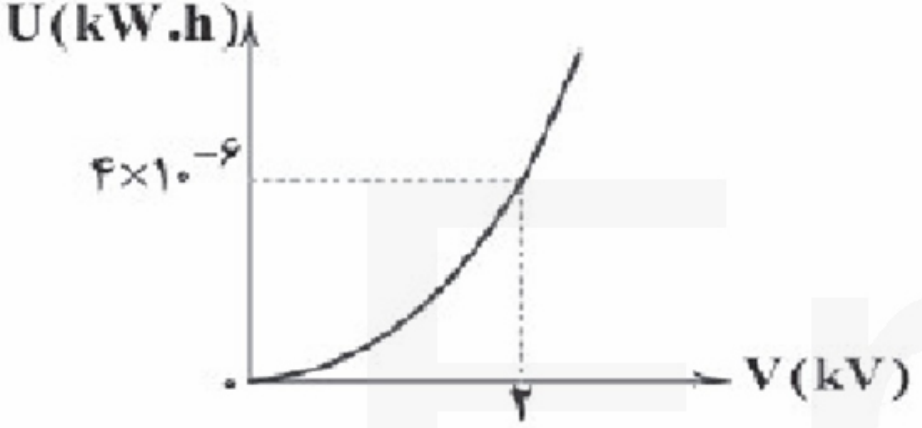
$$\Rightarrow (۲/۵) = R_A \times (۵۰۰ \times ۱۰^{-۳}) \Rightarrow R_A = ۵\Omega$$

مقاومت B از روی نقاط ۱ و ۲ : $\Delta V_B = R_B \times \Delta I_B$

$$\Rightarrow ۲/۵ = R_B \times (۱۰۰۰ \times ۱۰^{-۳}) \Rightarrow R_B = ۲/۵\Omega$$

خواسته مسئله $\Rightarrow R_A - R_B = ۲/۵\Omega$

نمودار انرژی الکتریکی ذخیره شده در یک خازن برحسب ولتاژ دو سر آن، به صورت داده شده است، ظرفیت این خازن چند پیکوفاراد است؟



۱) $۳/۶ \times ۱۰^{۶}$

۲) $۷/۲ \times ۱۰^{۶}$

۳) $۳/۶ \times ۱۰^{۵}$

۴) $۷/۲ \times ۱۰^{۵}$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با کمک اطلاعات استخراجی از نمودار داریم:

$$U = ۴ \times ۱۰^{-۶}\,kW.h = ۴ \times ۱۰^{-۶} \times (۱۰۰۰ \times ۳۶۰۰)J$$

$$U = \frac{۱}{۲}CV^{۲} \Rightarrow ۴ \times ۳۶ \times ۱۰^{-۱} = \frac{۱}{۲}C \times (۲ \times ۱۰^{۳})^{۲} \Rightarrow C = ۷/۲ \times ۱۰^{-۶}F$$

$$= ۷/۲ \times ۱۰^{۶}PF$$

در شکل زیر، در میدان الکتریکی یک‌نواخت $\vec{E}$ الکترونی در نقطه‌ی A رها شده و تا نقطه‌ی B جابه‌جا می‌شود. اگر تغییر انرژی پتانسیل الکترون برابر ΔU، تغییر انرژی جنبشی آن برابر ΔK و کار میدان الکتریکی برابر W باشد، کدام‌یک از رابطه‌های زیر صحیح است؟

۱) $\Delta K = \Delta U = -W$

۲) $\Delta K = -\Delta U = -W$

۳) $\Delta K = -\Delta U = W$

۴) $\Delta K = \Delta U = W$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

۱) با توجه به ثابت ماندن انرژی مکانیکی، تغییر انرژی پتانسیل قرینه‌ی تغییرات انرژی جنبشی می‌باشد و داریم:

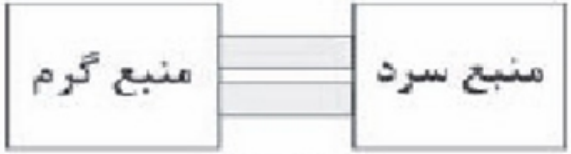
$$\Delta K = -\Delta U$$

۲) از سوی دیگر تغییر انرژی پتانسیل الکترون، قرینه‌ی کار نیروی میدان الکتریکی بوده و در نهایت می‌توان نوشت:

$$\Delta U = -W \Rightarrow \Delta K = -\Delta U = W$$

مطابق شکل ۱، میله‌ای فلزی بین دو منبع گرم و سرد قرار گرفته است و در مدت زمان t، گرمای Q را منتقل می‌کند. اگر مطابق شکل ۲ این میله را از وسط نصف کنیم و هر دو قطعه را دوباره بین همان منبع‌های گرم و سرد قرار دهیم، گرمای منتقل شده بین دو منبع در مدت زمان t چند برابر Q خواهد بود؟

شکل (۱)



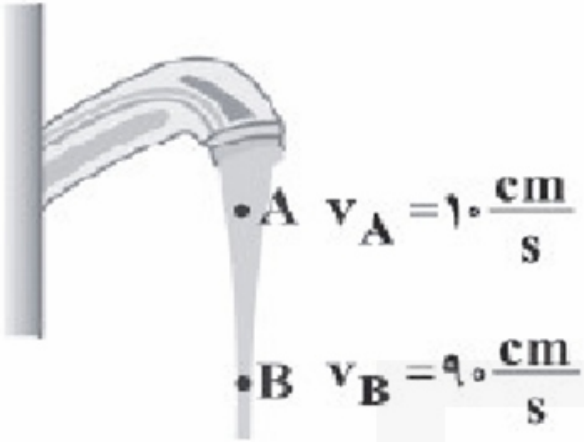
شکل (۲)

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

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با نصف کردن میله‌ی اولیه، طول میله‌های جدید نصف طول میله‌ی اولیه خواهد بود، ولی مساحت مقطع آن‌ها تغییری نخواهد کرد، یعنی:

$$Q = k\frac{A\Delta\theta t}{L}$$

$$Q = k\frac{A\Delta\theta t}{\frac{L}{۲}} \times \overbrace{۲}^{\text{۲ میله داریم}} = ۴k\frac{A\Delta\theta t}{L} = ۴Q$$



شکل زیر نحوه‌ی خروج آب از یک شیر آب را نشان می‌دهد و تندی حرکت آب در نقاط A و B نشان داده شده است. با فرض آن‌که سطح مقطع جریان آب در هر دو نقطه دایره‌ای‌شکل است، قطر مقطع جریان آب در نقطه‌ی A چند برابر نقطه‌ی B است؟ (جریان آب را لایه‌ای و پایا درنظر بگیرید.)

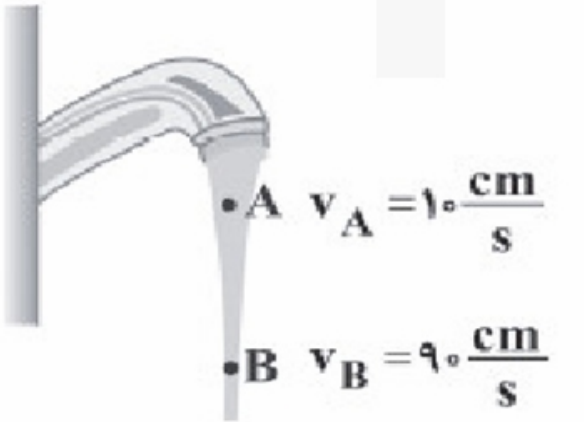
۱) ۳

۲) ۹

۳) ۶

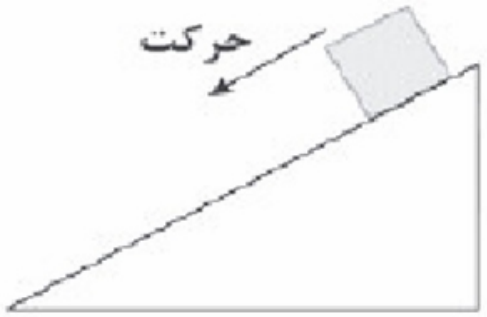
۴) ۱۲

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به معادله‌ی پیوستگی می‌توان نوشت:



$$A_A v_A = A_B v_B \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = \frac{v_B}{v_A} \xrightarrow[\text{D : قطر مقطع}]{\frac{A_A}{A_B} = \left(\frac{D_A}{D_B}\right)^۲}$$

$$\left(\frac{D_A}{D_B}\right)^۲ = \frac{v_B}{v_A} \Rightarrow \frac{D_A}{D_B} = \sqrt{\frac{v_B}{v_A}} = \sqrt{\frac{۹۰}{۱۰}} = \sqrt{۹} = ۳$$



مطابق شکل زیر، جسمی روی سطح شیبدار دارای اصطکاکی رها می‌شود و به سمت پایین حرکت می‌کند. کدام گزینه درباره‌ی این جسم نادرست است؟

۱) انرژی پتانسیل گرانشی جسم کاهش می‌یابد و انرژی جنبشی آن زیاد می‌شود.

۲) انرژی درونی سامانه‌ی جسم و سطح شیبدار به اندازه‌ی کار نیروی اصطکاک افزایش می‌یابد.

۳) مجموع انرژی‌های سامانه‌ی متشکل از جسم و سطح شیبدار در طول حرکت ثابت است.

۴) انرژی مکانیکی جسم در طول حرکت ثابت می‌ماند.

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. سطح شیب‌دار دارای اصطکاک است، بنابراین انرژی مکانیکی جسم پایسته نخواهد ماند و گزینه‌ی ۴ نادرست است. بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) جسم ضمن حرکت به سمت پایین سرعت می‌گیرد، بنابراین انرژی جنبشی آن زیاد می‌شود و انرژی پتانسیل گرانشی آن کاهش می‌یابد.

۲) کار نیروی اصطکاک به گرما تبدیل می‌شود و باعث افزایش انرژی درونی سامانه‌ی جسم و سطح شیب‌دار خواهد شد.

۳) سامانه‌ی جسم و سطح شیب‌دار یک سامانه‌ی منزوی است، به عبارت دیگر اگر چه انرژی مکانیکی جسم کم می‌شود، ولی این انرژی کاهش یافته به انرژی درونی جسم و سطح شیب‌دار تبدیل می‌شود.

در شکل زیر، یک دماسنج دیجیتال دمای محیط را نشان می‌دهد. دمای واقعی محیط برحسب درجه‌ی سلسیوس در چه محدوده‌ای قرار می‌گیرد؟

۱) $۲۰/۰۸ \pm ۰/۰۰۵^\circ C$
۲) $۲۰/۰۸ \pm ۰/۰۱^\circ C$
۳) $۲۰/۰۸۰ \pm ۰/۰۰۵^\circ C$
۴) $۲۰/۰۸۰ \pm ۰/۰۱^\circ C$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در دماسنج دیجیتال، خطای اندازه‌گیری به راحتی از روی مرتبه‌ی آخرین رقم، قابل اندازه‌گیری است و این یعنی می‌توان نوشت: $\text{دمای محیط} = ۲۰/۰۸ \pm ۰/۰۱^\circ C$

یکی از ذرات آلفا، بتا یا گاما که نفوذ کم‌تری دارد، توسط هسته‌ی آمرسیم $\left({}^{۲۴۱}_{۹۵}\mathrm{Am}\right)$ تابش می‌شود. پس از تابش این ذره، تعداد نوترون‌های هسته‌ی جدید ایجاد شده چه‌قدر می‌شود؟

۱) ۹۱ ۲) ۹۶ ۳) ۹۳ ۴) ۱۴۴

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با گسیل یک ذره‌ی آلفا $\left({}^{۴}_{۲}\alpha\right)$ که قدرت نفوذ کم‌تری نسبت به بتا و گاما دارد، دو عدد از عدد اتمی و چهار عدد از عدد جرمی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، با توجه به تساوی مجموع عدد اتمی و عدد جرمی در طرفین معادله‌ی واپاشی، می‌توان نوشت:

$$^{۲۴۱}_{۹۵}\mathrm{Am} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{۴}_{۲}\alpha$$

$$\begin{cases} \text{تساوی عدد اتمی} : ۹۵ = Z + ۲ \Rightarrow Z = ۹۳ \\ \text{تساوی عدد جرمی} : ۲۴۱ = A + ۴ \Rightarrow A = ۲۳۷ \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{تعداد نوترون} = \text{عدد جرمی} - \text{عدد اتمی} = ۲۳۷ - ۹۳ = ۱۴۴$$

بین اجزای سازنده‌ی هسته‌ی یک اتم، سه نیروی F_1، F_2 و F_3 وجود دارد. نیروی F_1 از نوع دافعه و F_2 و F_3 از نوع جاذبه بوده و نیروی F_2 خیلی قوی‌تر از نیروی F_3 است. در رابطه با این نیروها کدام‌یک از عبارت‌های زیر نادرست است؟

۱) نیروی F_2، نیرویی است که هر نوکلئون به نوکلئون‌های مجاور خود وارد می‌کند.

۲) نیروی F_1 در مقایسه با نیروی F_2، بلندبُرد و اغلب ضعیف‌تر است.

۳) با افزایش تعداد نوترون‌های هسته، نیروهای F_1 و F_3 افزایش می‌یابد.

۴) نیروی F_3 بین تمام نوکلئون‌های هسته برقرار است.

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به این‌که نیروی F_1 از نوع دافعه است، بنابراین نیروی F_1، نیروی کولنی بین پروتون‌های هسته می‌باشد. هم‌چنین با توجه به این‌که نیروهای F_2 و F_3 از نوع جاذبه بوده و $F_2 >> F_3$ است، بنابراین نیروی F_2، نیروی قوی هسته‌ای و نیروی F_3، نیروی گرانشی می‌باشد.

F_1 : نیروی کولنی

F_2 : نیروی قوی هسته ای

F_3 : نیروی گرانشی

بنابراین اگر تعداد پروتون‌های هسته ثابت بوده و تعداد نوترون‌های آن افزایش یابد، نیروهای F_2 و F_3 افزایش یافته و نیروی F_1 افزایش نمی‌یابد، بنابراین گزینه‌ی ۳ نادرست است.

چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف) طیف ناشی یک جسم جامد داغ، گسیلی پیوسته می‌باشد.

ب) طیف تابشی گازهای کم‌فشار و رقیق، طیفی خطی می‌باشد.

ج) اتم‌های هر گاز دقیقاً طول‌موج‌هایی از نور سفید را جذب می‌کنند که در صورت گرم شدن، به اندازه‌ی کافی آن طول‌موج‌ها را تابش می‌کنند.

د) تنها برخی از رشته‌های گسیلی طیف بالمر در اتم هیدروژن، در ناحیه‌ی فروسرخ قرار دارد.

۱) یک ۲) دو ۳) سه ۴) چهار

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. طول‌موج‌های طیف بالمر در ناحیه‌ی فرابنفش و مرئی قرار دارند و عبارت «د» نادرست است. از سوی دیگر، عبارت‌های «الف»، «ب» و «ج» صحیح می‌باشند و گزینه‌ی ۱ صحیح است.

طول موج پرتوی نور تک‌رنگ A در خلأ، ۲۵ درصد بیش‌تر از طول موج پرتوی نورتک‌رنگ B است. با ورود این دو پرتو به آب، انرژی هر بسته‌ی انرژی از موج A، چند برابر موج B می‌باشد؟ ($n = \frac{۴}{۳}$: ضریب شکست آب)

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

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به نسبت طول موج دو پرتوی A و B، به سادگی نسبت انرژی هر فوتون از A با انرژی هر فوتون از B در خلأ به صورت زیر قابل مقایسه است:

$$\lambda_A = \lambda_B + \frac{۲۵}{۱۰۰}\lambda_B = \frac{۵}{۴}\lambda_B$$

$$E \propto \frac{۱}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_A}{E_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{\lambda_B}{\frac{۵}{۴}\lambda_B} = \frac{۴}{۵}$$

دقت کنید: با ورود هریک از فوتون‌ها به آب، فرکانس و انرژی آن‌ها ثابت مانده و نسبت $\frac{E_A}{E_B}$ در آب نیز برابر $\frac{۴}{۵}$ می‌باشد.

به سر یک لوله‌ی بلند انتقال نفت ضربه‌ای وارد می‌کنیم. شنونده‌ای که در طرف دیگر لوله قرار دارد، دو صدا با فاصله‌ی زمانی ۸/۶s می‌شوند. اگر تندی انتشار صوت در هوا $۳۵۰\frac{m}{s}$ و تندی انتشار صوت در لوله $۲۵۰۰\frac{m}{s}$ باشد، طول این لوله چند متر است؟ (لوله‌ی انتقال نفت خالی فرض شود.)

۱) ۴۵۰۰ ۲) ۳۵۰۰ ۳) ۲۵۰۰ ۴) ۲۰۰۰

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با وارد کردن ضربه به یک سر لوله، صدا از دو طریق به گوش شخص در طرف دیگر لوله می‌رسد، یکی از راه هوا و دیگری از طریق دیواره‌ی لوله. در صورتی‌که طول لوله برابر L باشد، داریم:

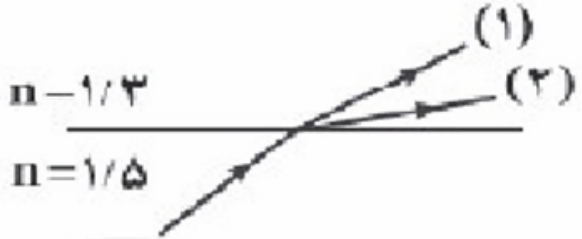
زمانی‌که صوت از طریق دیواره‌ی لوله به گوش شخص می‌رسد: $t_۱ = \frac{\text{طول لوله}}{\text{تندی صوت در لوله}} = \frac{L}{۲۵۰۰}$

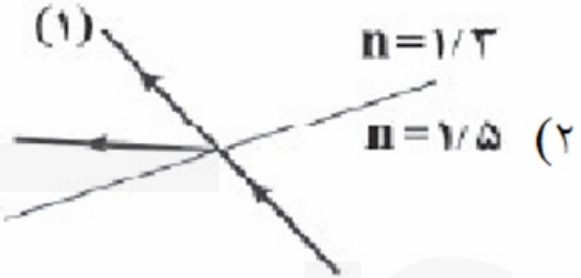
زمانی‌که صوت از طریق هوا به گوش شخص می‌رسد: $t_۲ = \frac{\text{طول لوله}}{\text{تندی صوت در لوله}} = \frac{L}{۳۵۰}$

اختلاف زمانی شنیده شدن صداها:

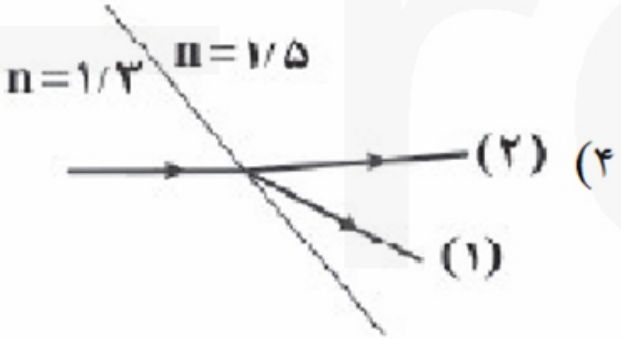
$$t_۲ - t_۱ = ۸/۶s \Rightarrow \frac{L}{۳۵۰} - \frac{L}{۲۵۰۰} = ۸/۶s \Rightarrow L = ۳۵۰۰m$$

در شکل‌های زیر، پرتوی نور فرودی شامل نورهای قرمز ۱ و آبی ۲ است که در سطح مشترک دو محیط با ضریب شکست‌های ۱/۳ و ۱/۵ شکست پیدا کرده‌اند. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟

۱)


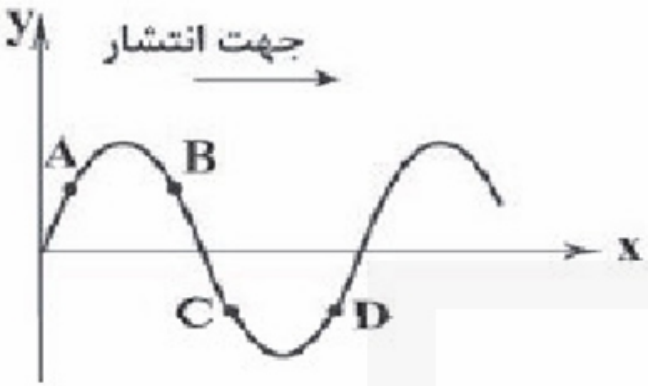
۲)


۳)

۴)


گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با وارد شدن نور از محیط غلیظ به رقیق، اولاً پرتوها از خط عمود بر سطح جداکننده‌ی دو محیط دور می‌شوند و ثانیاً پرتوی آبی که بسامد بیش‌تری دارد، نسبت به نور قرمز بیش‌تر منحرف می‌شود و گزینه‌ی ۱ وضعیت صحیح انحراف پرتوها را نشان می‌دهد.

شکل یک موج عرضی که در جهت محور x منتشر می‌شود، در یک لحظه به صورت زیر است. در این لحظه برای کدام ذره انرژی جنبشی در حال کاهش و علامت شتاب مثبت است؟



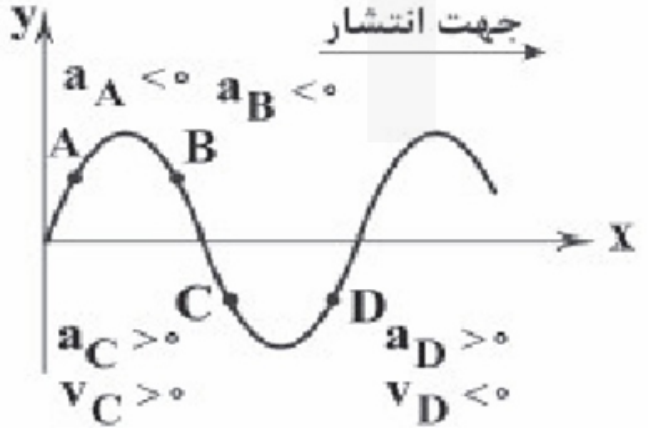
۱) D

۲) C

۳) B

۴) A

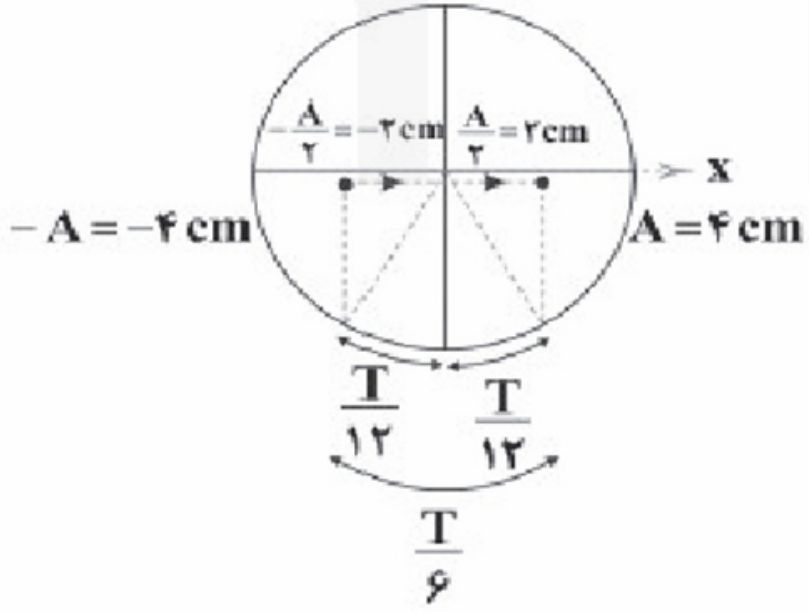
گزینه ۱ پاسخ صحیح است. همان‌طور که می‌دانید، هنگامی‌که یک نوسان‌گر در قسمت مثبت محور مکان قرار دارد، دارای شتاب منفی و هنگامی‌که در قسمت منفی محور مکان قرار دارد، دارای شتاب مثبت است. بنابراین نقاط C و D دارای شتاب مثبت می‌باشند. از طرف دیگر با توجه به جهت حرکت موج، نقطه‌ی D در حال دور شدن از حالت تعادل خود است و انرژی جنبشی آن در حال کاهش می‌باشد و جواب این سؤال گزینه‌ی ۱ می‌شود.



نوسان‌گری بر روی پاره‌خطی به طول $۸cm$، با دوره‌ی تناوب T حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر بیش‌ترین تندی متوسط این نوسان‌گر در یک بازه‌ی زمانی دلخواه به مدت $\frac{T}{۶}$ برابر $۲۰\frac{cm}{s}$ باشد، بیش‌ترین تندی لحظه‌ای این نوسان‌گر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

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

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. گام اول: در یک بازه‌ی زمانی معین، بیش‌ترین مسافت طی شده زمانی است که نوسان‌گر به مرکز نوسان نزدیک باشد. بنابراین بازه‌ی $\frac{T}{۶}$ را به صورت زیر درنظر می‌گیریم:



$$\Delta t=\frac{T}{۶}\Rightarrow\Delta\Phi=\frac{\pi}{۳}$$

توپی به جرم ۱۰۰ گرم از ارتفاع بلندی درشرایط خلأ رها می‌شود. تغییر تکانه‌ی گلوله در دو ثانیه‌ی اول حرکت، چند واحد SI است؟ $\left(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}\right)$

۱) ۰/۱ ۲) ۱ ۳) ۰/۲ ۴) ۲

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$F_{av} = mg = ۰/۱ \times ۱۰ = ۱N$$

$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t = ۲s]{} \Delta p = F_{av}\Delta t = ۱ \times ۲ = ۲\frac{kg.m}{s}$$

دو گلوله‌ی A و B با حجم یکسان از ارتفاع بسیار بلندی در هوا به طور هم‌زمان رها می‌شوند. اگر $\rho_A > \rho_B$ و تندی حد گلوله‌های A و B به ترتیب برابر s_A و s_B باشد، کدام مقایسه در مورد آن‌ها صحیح است؟

۱) $s_A = s_B$ ۲) $s_A > s_B$ ۳) $s_A < s_B$ ۴) نمی‌توان اظهارنظر کرد.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. گام اول: با توجه به یکسان بودن حجم دو گلوله، برای مقایسه‌ی جرم آن‌ها می‌توان نوشت:

$$m = \rho V \xrightarrow[\rho_A > \rho_B]{V_A = V_B} m_A > m_B$$

گام دوم: همان‌طور که می‌دانیم، هنگامی گلوله‌ها به تندی حد خود می‌رسند که نیروی مقاومت هوا برابر وزن آن‌ها شود. بنابراین نیروی مقاومت هوا در برابر گلوله‌ی A بیش‌تر است.

$$\text{در تندی حد} : mg = f_D \xrightarrow{m_A > m_B} f_{D_A} > f_{D_B}$$

گام سوم: با توجه به این‌که نیروی مقاومت هوا، به تندی حرکت جسم بستگی دارد (حجم دو جسم برابر است)، بنابراین تندی حد گلوله‌ی A بیش‌تر است.

چه تعداد از عبارت‌های زیر در رابطه با انرژی بستگی هسته، نادرست است؟

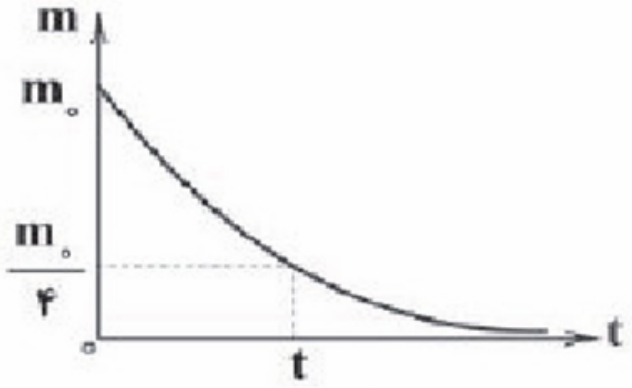
الف) انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته، برابر انرژی بستگی هسته است.

ب) مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهنده‌ی هسته، بیش‌تر از جرم هسته است.

ج) هر چه اختلاف جرم بین هسته‌ی یک اتم و مجموع جرم نوکلئون‌های آن بیش‌تر باشد، انرژی بستگی هسته بیش‌تر است.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. در رابطه با انرژی بستگی هسته، هر سه عبارت مطرح شده در این سؤال صحیح هستند. بنابراین گزینه‌ی ۱ صحیح است.



نمودار جرم باقی‌مانده برای یک ماده‌ی پرتوزا برحسب زمان مطابق شکل زیر است. پس از گذشت مدت زمان ۲t، تقریباً چند درصد جرم اولیه‌ی این ماده متلاشی می‌شود؟

۱) ۷۵ ۲) ۸۷

۳) ۹۴ ۴) ۹۷

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به نمودار داده شده، در مدت زمان t، جرم ماده‌ی پرتوزا از m_0 به $\frac{m_0}{4}$ رسیده است:

$$m = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow \frac{m_0}{4} = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow n = 2 \Rightarrow t = nT = 2T$$

بنابراین در این مدت زمان، دو نیمه‌عمر سپری شده است $(t = 2T)$.

حال با گذشت مدت زمان ۲t، در واقع ۴ نیمه‌عمر طی می‌شود، بنابراین می توان نوشت:

$$2t = 2 \times 2T = 4T \Rightarrow \text{۴ نیمه عمر}$$

$$\text{جرم باقی مانده} : m = \frac{m_0}{2^n} = \frac{m_0}{2^4} = \frac{1}{16}m_0 \Rightarrow \text{جرم متلاشی شده} = m_0 - \frac{1}{16}m_0 = \frac{15}{16}m_0$$

در نتیجه تقریباً ۹۴ درصد از جرم ماده‌ی اولیه متلاشی شده است.

در طیف اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین و بلندترین طول موجی که در رشته‌ی بالمر $(n' = ۲)$ گسیل می‌شوند، به‌ترتیب از راست به چپ، تقریباً چند نانومتر هستند؟ $(R \simeq ۰/۰۱ (nm)^{-۱})$

۱) ۲۰۰، ۵۰۰ ۲) ۴۰۰، ۷۲۰ ۳) ۴۰۰، ۵۰۰ ۴) ۲۰۰، ۷۲۰

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. می‌دانیم که مدار مقصد در رشته‌ی بالمر برابر $n' = ۲$ است. در این صورت داریم:

۱) کوتاه‌ترین طول موج در رشته‌ی بالمر، مربوط به حالتی است که الکترون از مدار خیلی دور $(n = \infty)$ به $n' = ۲$ منتقل می‌شود. در این حالت می‌توان نوشت:

$$\frac{۱}{\lambda_{min}} = R\left(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{n^{۲}}\right) = ۰/۰۱\left(\frac{۱}{۲^{۲}} - \frac{۱}{\infty^{۲}}\right) = \frac{۱}{۴۰۰} \Rightarrow \lambda_{min} = ۴۰۰\,nm$$

۲) بلندترین طول موج در رشته‌ی بالمر، مربوط به حالتی است که الکترون از مدار $n = ۳$ به $n' = ۲$ منتقل شود. بنابراین داریم:

$$\frac{۱}{\lambda_{max}} = R\left(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{n^{۲}}\right) = ۰/۰۱\left(\frac{۱}{۲^{۲}} - \frac{۱}{۳}\right) = \frac{۵}{۳۶۰۰} = \frac{۱}{۷۲۰} \Rightarrow \lambda_{max} = ۷۲۰\,nm$$

طول موج برای موج عرضی ایجاد شده توسط یک دیاپازون در یک تار برابر $3m$ است. نیروی کشش این تار را چند درصد و چگونه تغییر دهیم تا طول موج ایجاد شده در آن توسط همان دیاپازون، به اندازه‌ی $30\,cm$ افزایش یابد؟

۱) ۲۱، افزایش ۲) ۲۱، کاهش ۳) ۱۰، افزایش ۴) ۱۰، کاهش

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. طول موج ایجاد شده در حالت دوم برابر است با:

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda = 3 + 0/3 = 3/3m$$

از طرفی با توجه به ثابت بودن بسامد و روابط $\lambda = \frac{v}{f}$ و $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$، می‌توان نوشت:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{\text{بسامد ثابت است}} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \xrightarrow{v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} \Rightarrow \frac{3/3}{3} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}}$$

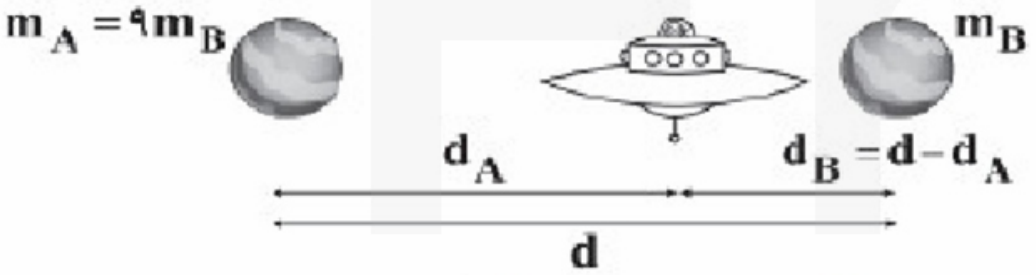
$$\Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = 1/21$$

بنابراین نیروی کشش تار باید ۲۱ درصد افزایش یابد.

سفینه‌ای به جرم ۱۰ تن در بین دو سیاره‌ی A و B به گونه‌ای قرار گرفته است که نیروی گرانشی وارد شده از طرف دو سیاره بر این سفینه، یک‌دیگر را خنثی می‌کنند. اگر جرم سیاره‌ی A، ۹ برابر جرم سیاره‌ی B بوده و فاصله‌ی دو سیاره از یک‌دیگر برابر d باشد، سفینه در چه فاصله‌ای از سیاره‌ی A قرار دارد؟

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

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. از آن‌جایی که نیروی گرانشی خالص وارد شده از طرف دو سیاره بر سفینه برابر صفر است، بنابراین نیروی گرانشی وارد شده از طرف سیاره‌ی B بر سفینه برابر نیروی گرانشی وارد شده از طرف سیاره‌ی A بر سفینه است.



$$F_{\text{گرانشی}} = G\frac{m_۱ m_۲}{r^۲} \Rightarrow \frac{Gm_A m_{\text{سفینه}}}{d_A^۲} = \frac{Gm_B m_{\text{سفینه}}}{d_B^۲} \Rightarrow \frac{۹m_B}{d_A^۲} = \frac{m_B}{(d - d_A)^۲} \xrightarrow{\text{جذر}}$$

$$\frac{۳}{d_A} = \frac{۱}{d - d_A} \Rightarrow ۳d - ۳d_A = d_A \Rightarrow d_A = \frac{۳}{۴}d$$

در یک آسانسور جسمی به جرم ۲ کیلوگرم به انتهای نیروسنجی آویزان است. اگر آسانسور با شتاب تندشونده‌ی a به سمت بالا برود، نیروسنج مقدار ۲F و اگر آسانسور با شتاب تندشونده‌ی ۲a به سمت پایین برود، نیروسنج مقدار F را نشان می‌دهد. بزرگی برایند نیروهای وارد بر جسم در حالت اول برابر چند نیوتون است؟ $\left(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}\right)$

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. حالت اول: اگر آسانسور تندشونده به سمت بالا حرکت کند، عدد نیروسنج برابر است با: رابطه‌ی I:

$$\text{عدد نیروسنج} = m(g + a_۱) \Rightarrow ۲F = m(g + a) \Rightarrow ۲F = ۲(۱۰ + a)$$

حالت دوم: اگر آسانسور تندشونده به سمت پایین حرکت کند، عدد نیروسنج برابراست با: رابطه‌ی II:

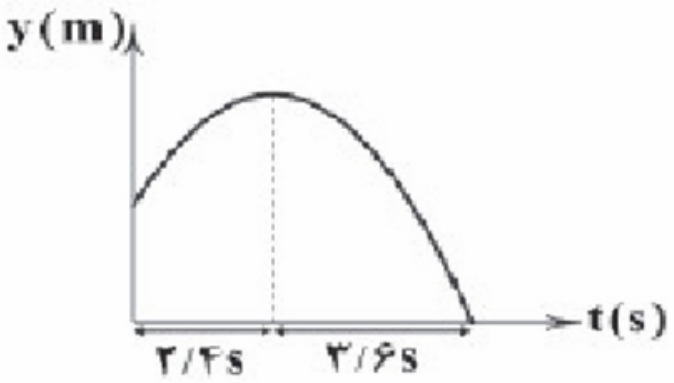
$$\text{عدد نیروسنج} = m(g - a_۲) \Rightarrow F = m(g - ۲a) \Rightarrow F = ۲(۱۰ - ۲a)$$

با توجه به روابط I و II، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} ۲F = ۲۰ + ۲a \\ F = ۲۰ - ۴a \end{cases} \Rightarrow F = ۱۲N,\ a = ۲ \frac{m}{s^۲}$$

برایند نیروهای وارد بر جسم در حالت اول برابر $F_{net} = ma_۱$ است.

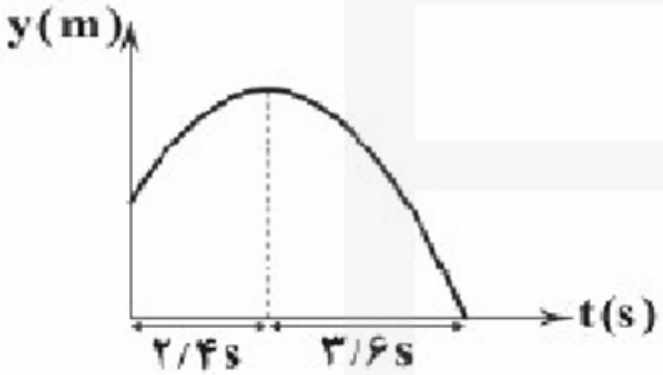
$$F_{net} = ma_۱ = ۲ \times ۲ = ۴N$$



نمودار مکان - زمان متحرکی که با شتاب ثابت $\vec{a} = -۱۰\vec{j}$ در SI بر روی محور y حرکت می‌کند. تا لحظه‌ی رسیدن به مبدأ به صورت زیر است. بزرگی سرعت متوسط متحرک از لحظه‌ی شروع حرکت تا لحظه‌ی رسیدن به مبدأ چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۶ ۲) ۱۸

۳) ۳۰ ۴) ۳۶

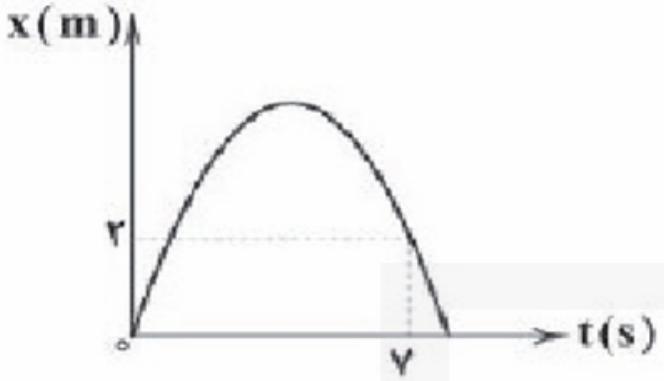


گزینه ۱ پاسخ صحیح است. گام اول: سرعت متحرک در لحظه‌ی $t = ۲/۴s$، برابر صفر است، بنابراین با توجه به مفهوم شتاب، سرعت متحرک در لحظه‌ی $t = ۰$ برابر $۲۴\frac{m}{s}$ است. هم‌چنین سرعت متحرک در لحظه‌ی عبور از مبدأ برابر $-۳۶\frac{m}{s}$ می باشد.

دیدگاه دیگر:

دیدگاه دیگر:

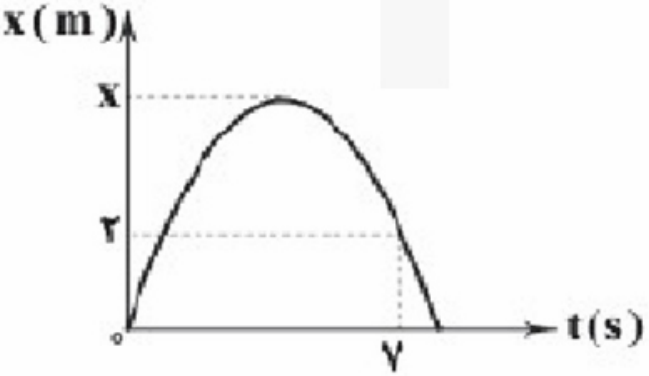
$$\begin{cases} v_۱ = at + v_۰ \Rightarrow ۰ = -۱۰ \times ۲/۴ \times v_۰ \Rightarrow v_۰ = ۲۴\frac{m}{s} \\ v_۲ = at + v_۰ \Rightarrow v_۲ = -۱۰ \times (۲/۴ + ۳/۶) + ۲۴ \\ \Rightarrow v_۲ = -۳۶\frac{m}{s} \end{cases}$$



نمودار مکان - زمان ذره‌ای که روی محور x در حال حرکت است، به صورت زیر می‌باشد. اگر در بازه‌ی زمانی صفر تا ۷s، تندی متوسط ۵ برابر اندازه‌ی سرعت متوسط متحرک باشد، بیش‌ترین فاصله‌ی ذره تا مبدأ مختصات چند متر است؟

۱) ۸
۲) ۶
۳) ۱۰
۴) ۴

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید، فرض می‌کنیم بیش‌ترین فاصله‌ی ذره تا مبدأ مختصات برابر x باشد. به این ترتیب داریم:



$$\text{مسافت طی شده در ۷ ثانیه اول} = l = (x) + (x - ۲) = ۲x - ۲$$

$$\text{اندازه جابه جایی در ۷ ثانیه اول} = |\Delta x| = ۲m$$

$$s_{av} = ۵|v_v| = \frac{l}{\Delta t} = ۵\frac{|\Delta x|}{\Delta t} \Rightarrow (۲x - ۲) = ۵ \times (۲)$$

$$\Rightarrow ۲x = ۱۲ \Rightarrow x = ۶m$$

شکل زیر، نمایی از انتقال برق از یک نیروگاه تا محل مصرف خانه های یک شهر را نشان می‌دهد. مبدل‌های A، B و C در این تصویر به‌ترتیب از راست به چپ چگونه‌اند؟

۱) افزاینده، کاهنده، افزاینده

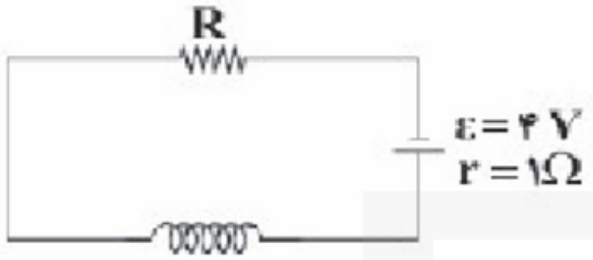
۲) کاهنده، افزاینده، افزاینده

۳) افزاینده، افزاینده، کاهنده

۴) افزاینده، کاهنده، کاهنده

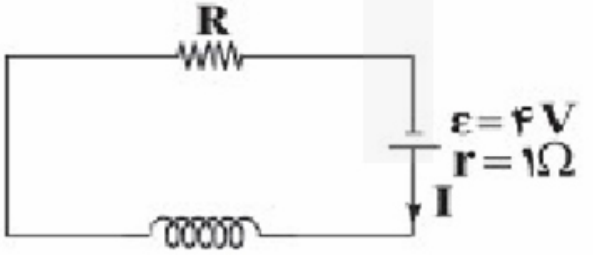
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. اگر توسط یک مبدل الکتریکی سطح ولتاژ را افزایش دهیم، به آن مبدل، مبدل افزاینده گویند. در این سؤال مبدل A ولتاژ ۱۲kV را به ولتاژ ۴۰۰kV تبدیل کرده است. بنابراین این مبدل، از نوع افزاینده است. از طرفی اگر مبدل، سطح ولتاژ را کاهش دهد، به آن مبدل، مبدل کاهنده گویند. بنابراین مبدل های B و C از نوع کاهنده است (مبدل B، ولتاژ ۴۰۰kV را به ۸kV و مبدل C، ۸kV را به ۲۲۰kV تبدیل کرده است).

در مدار زیر، توان خروجی از باتری بیشینه است. اگر سیم‌لوله‌ی آرمانی در هر متر ۳۰ دور حلقه داشته باشد، میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله و روی محور آن چند تسلا است؟ ($\mu_{\circ} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$، مقاومت درونی سیم‌لوله ناچیز است.)



۱) $2/4\pi \times 10^{-5}$
۲) $2/4\pi \times 10^{5}$
۳) $9/6\pi \times 10^{-5}$
۴) $9/6\pi \times 10^{5}$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. همان‌طور که می‌دانیم، توان خروجی از باتری زمانی بیشینه است که $R_{eq} = r$ باشد. بنابراین جریان عبوری از سیم‌لوله برابر است با:



$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۴}{۱ + ۱} = ۲A$$

بزرگی میدان مغناطیسی داخل سیم لوله برابر است با:

$$\begin{cases} B = \mu_{\circ} nI = 4\pi \times 10^{-7} \times ۳۰ \times ۲ = 2/4\pi \times 10^{-5} T \\ n = \frac{N}{L} = ۳۰ \end{cases}$$

در یک آذرخش، $۳\times۱۰\,J$ انرژی تحت اختلاف پتانسیل $۵MV$ در بازه‌ی زمانی $۰/۳s$ آزاد می‌شود. شدت جریان الکتریکی متوسط در طی رخ دادن این حادثه چند آمپر است؟

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۲۰۰

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به رابطه‌ی $U = VIt$، می‌توان به راحتی شدت جریان الکتریکی متوسط را به دست آورد:

$$U = VIt \Rightarrow ۳\times۱۰^{۸} = \underbrace{(۵\times۱۰^{۶})}_{\text{تبدیل مگاولت به ولت}}\times I\times ۰/۳ \Rightarrow I = ۲۰۰\,A$$

در یک میکروفنِ خازنی مطابق شکل زیر، بیش‌ترین ظرفیت خازن مورد استفاده ۲۵ درصد بیش‌تر از کم‌ترین ظرفیت آن است. بیش‌ترین فاصله‌ی بین صفحات این خازن، چند برابر کم‌ترین فاصله‌ی بین صفحات آن است؟

۱) $\frac{۵}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۳}$

۳) $\frac{۳}{۴}$ ۴) $\frac{۴}{۵}$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به رابطه‌ی $C = \kappa\varepsilon_{۰}\frac{A}{d}$ در مقایسه‌ی دو حالت می‌توان نوشت:

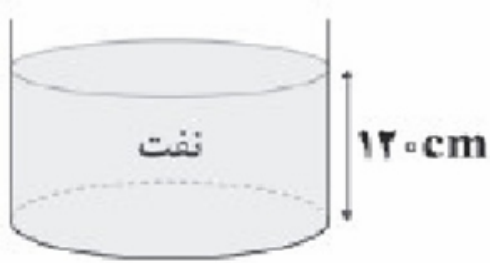
$$C_{max} = C_{min} + \frac{۲۵}{۱۰۰}C_{min} = \frac{۱۲۵}{۱۰۰}C_{min} = \frac{۵}{۴}C_{min}$$

$$C_{max} = \kappa\varepsilon_{۰}\frac{A}{d_{min}}\ ,\ C_{min} = \kappa\varepsilon_{۰}\frac{A}{d_{max}} \Rightarrow \frac{C_{max}}{C_{min}} = \frac{d_{max}}{d_{min}} \Rightarrow \frac{d_{max}}{d_{min}} = \frac{۵}{۴}$$

دو قطعه‌ی توپر و هم‌جرم از مس و آلومینیم را به طور کامل وارد آب می‌کنیم. اگر چگالی مس سه برابر چگالی آلومینیم باشد. نیروی شناوری که آب به قطعه‌ی آلومینیمی وارد می‌کند، ..... نیروی شناوری وارد بر قطعه‌ی مسی است.

۱) سه برابر
۲) $\frac{۱}{۳}$ برابر
۳) برابر با
۴) بستگی به شکل هندسی قطعه‌ها دارد.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. مطابق قانون شناوری، نیروی شناوری وارد بر جسم برابر با وزن مایع جابه‌جا شده است.
با توجه به این‌که جرم دو قطعه با هم برابر بوده و چگالی مس ۳ برابر آلومینیم است، حجم قطعه‌ی مس $\frac{۱}{۳}$ برابر حجم قطعه‌ی آلومینیم خواهد بود و با قرار گرفتن این دو جسم به طور کامل در آب، حجم مایع جابه‌جا شده برای قطعه ی آلومینیمی نیز سه برابر قطعه‌ی مسی است و در نتیجه نیروی شناوری وارد بر آن نیز سه برابر است.
دقت کنید: نیروی شناوری وارد بر یک جسم به شکل هندسی و چگالی آن ربطی ندارد.



مطابق شکل زیر، ظرف استوانه‌ای شکل را تا ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر از نفت به چگالی $۰/۸\frac{g}{cm^۳}$ پر کرده‌ایم و فشار هوای محیط برابر ۸۶/۴ کیلوپاسکال است. برای آن‌که فشار کل وارد بر کف ظرف یک درصد کم شود، چند سانتی‌متر از ارتفاع نفت را باید کم کنیم؟ $\left(g = ۱۰\frac{m}{s^۲}\right)$

۱) ۱/۲ ۲) ۲/۴ ۳) ۱۲ ۴) ۲۴

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. گام اول: می‌دانیم که فشار کل وارد بر کف ظرف به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \rho gh + P_۰ = ۸۰۰ \times ۱۰ \times ۱/۲ + ۸۶/۴ \times ۱۰^۳ = ۹۶ \times ۱۰^۳ Pa$$

گام دوم: حال اگر یک درصد از فشار اولیه کم کنیم، خواهیم داشت:

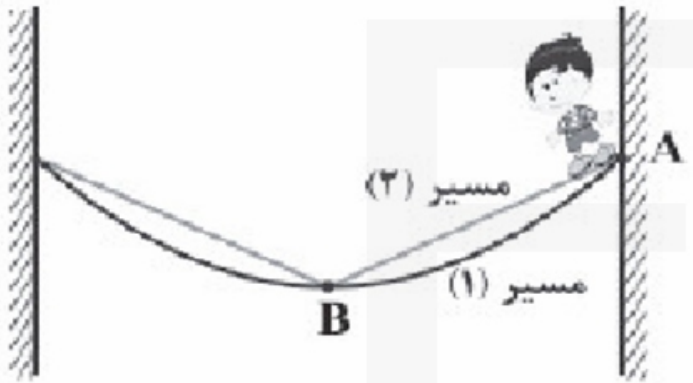
$$P' = ۰/۹۹P = ۰/۹۹ \times ۹۶ \times ۱۰^۳ = ۹۵/۰۴ \times ۱۰^۳ Pa$$

$$P' = \rho gh' + P_۰ \Rightarrow h' = \frac{P' - P_۰}{\rho g} = \frac{(۹۵/۰۴ - ۸۶/۴)}{۸۰۰ \times ۱۰} \times ۱۰^۳ = ۱/۰۸m = ۱۰۸cm$$

لذا تغییرات ارتفاع ستون نفت به صورت زیر است:

$$\Delta h = h' - h = ۱۰۸ - ۱۲۰ = -۱۲cm$$

مطابق شکل زیر، یک بندباز یک بار از مسیر ۱ از نقطه‌ی A به B و بار دیگر از مسیر ۲ روی طناب از نقطه‌ی A به B می‌رود. اگر مقدار کار نیروی وزن در مسیرهای ۱ و ۲ به‌ترتیب W_1 و W_2 باشد، کدام مقایسه بین W_1 و W_2 صحیح است؟



۱) $W_1 = W_2$

۲) $W_1 > W_2$

۳) $W_2 > W_1$

۴) بستگی به جرم بندباز دارد.

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. کار نیروی وزن، مستقل از مسیر حرکت بوده و فقط وابسته به تغییرات ارتفاع است. در این سؤال چون در هر مسیر، بندباز به یک اندازه پایین آمده است (تغییرات ارتفاع یکسان است) ، بنابراین کار نیروی وزن در هر دو مسیر با هم برابر است $(W_1 = W_2)$.

کولیس مدرج وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری طول با دقت بالا استفاده می‌شود و معمولاً کمینه‌ی تقسیم‌بندی آن ۰/۱mm است. کدام‌یک از گزینه‌های زیر، می‌تواند گزارش یک اندازه‌گیری با کولیس باشد؟

۱) $۶/۹mm \pm ۰/۱mm$ ۲) $۶/۹mm \pm ۰/۰۵mm$

۳) $۶/۹۰mm \pm ۰/۱mm$ ۴) $۶/۹۰mm \pm ۰/۰۵mm$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. دقت کولیس برابر ۰/۱mm است، بنابراین خطای اندازه‌گیری آن در حالت مدرج برابر $\frac{\pm ۰/۱}{۲} = \pm ۰/۰۵mm$ می‌باشد. از طرفی برای گزارش عدد اندازه‌گیری شده توسط این وسیله، باید رقم غیرقطعی متناسب با خطای اندازه‌گیری داشته باشیم، پس گزینه‌ی ۴ می‌تواند حاصل گزارش اندازه‌گیری با این وسیله باشد.

$۶/۹۰mm \pm ۰/۰۵mm$

رقم غیرقطعی — خطای اندازه گیری

اگر توان یک لامپ ۶۰ میلی‌وات و طول‌موج نور خروجی لامپ ۶۰۰ نانومتر باشد، در هر ثانیه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟ ($e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C, h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV.s, c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$)

۱) $۱/۸۷۵ \times ۱۰^{۲۰}$ ۲) $۱/۵۶۲۵ \times ۱۰^{۲۰}$ ۳) $۱/۵۶۲۵ \times ۱۰^{۱۷}$ ۴) $۱/۸۷۵ \times ۱۰^{۱۷}$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$E_{out} = nhf = nh\frac{c}{\lambda} \Rightarrow ۶۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۱ = n \times ۴ \times ۱۰^{-۱۵} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۶۰۰ \times ۱۰^{-۹}} \Rightarrow n = ۱/۸۷۵ \times ۱۰^{۱۷} \text{ فوتون}$$

تراز شدت صوتی در یک نقطهٔ مشخص به اندازهٔ β_1 دسی‌بل است. اگر ۴ چشمهٔ صوتی دیگر مشابه صوتی اول اضافه کنیم.تراز شدت صوت در همان نقطه چند دسی‌بل بیش‌تر می‌شود؟ ($\text{Log}\,۲ = ۰/۳\,,\ \text{Log}\,۳ = ۰/۵\,,\ \text{Log}\,۵ = ۰/۷$ و از اتلاف انرژی صرف‌نظر شود.)

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۷ ۴) ۶

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$\beta_۲ = ۱۰\text{Log}\frac{۵I}{I_۰} = ۱۰\text{Log}\frac{I}{I_۰} + ۱۰\text{Log}\,۵ \Rightarrow \beta_۲ = \beta_۱ + ۱۰(۰/۷)$$

$$\Rightarrow \beta_۲ - \beta_۱ = ۷\,\text{dB}$$

چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

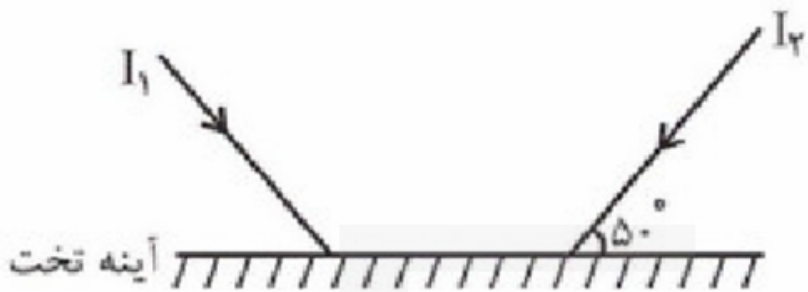
- ضریب شکست هر محیطی برای نورهای مختلف به طول‌موج نور بستگی دارد.
- ضریب شکست یک محیط معین شفاف مثلث شیشه برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیش‌تر است.
- ضریب شکست منشور برای نور سبز بیش‌تر از ضریب شکست منشور برای نور آبی است.
- در داخل منشور، تندی نو بنفش بیش‌تر از تندی نور قرمز است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. بررسی موارد مطرح شده:

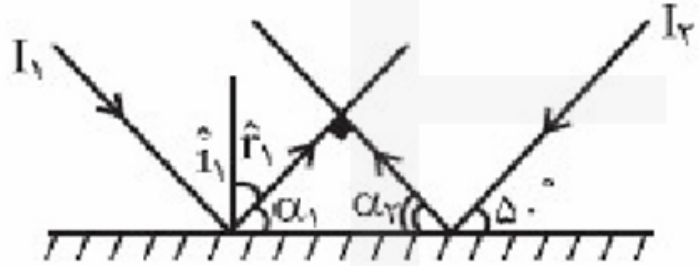
- ضریب شکست هر محیطی به جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد.
- مورد دوم صحیح است.
- طول موج نور سبز بیش‌تر از نور آبی است پس ضریب شکست برای نور سبز کم‌تر از آبی است.
- در داخل منشور، تندی نور بنفش کم‌تر از نور قرمز است زیرا طول موج نور بنفش کم از نور قرمز است.

در شکل زیر، زاویهٔ بین پرتوهای بازتاب با یکدیگر برابر ۹۰° است. زاویهٔ تابش پرتوی $I_۱$ چند درجه است؟



۱) ۳۰°
۲) ۴۰°
۳) ۴۵°
۴) ۵۰°

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. در شکل مقابل، پروهای بازتاب رسم شده‌اند. طبق گفتهٔ سؤال، زاویهٔ بین این پرتوها ۹۰° است.



طبق قوانین بازتاب زاویهٔ $\alpha_۲$ برابر با ۵۰° است. پس در مثلث ایجاد شده توسط پرتوهای بازتاب می‌توان نوشت:

$$\hat{\alpha}_۱ + ۹۰^\circ + ۵۰^\circ = ۱۸۰^\circ \Rightarrow \alpha_۱ = ۴۰^\circ$$

از طرفی طبق قانون بازتاب، داریم:

$$\hat{r}_۱ + ۴۰^\circ = ۹۰^\circ \Rightarrow \hat{r}_۱ = ۵۰^\circ \Rightarrow \hat{i}_۱ = \hat{r}_۱ = ۵۰^\circ$$

امواج الکترومغناطیسی از ..... در ..... گسیل می‌شود که به آن تابش گرمایی گفته می‌شود.

۱) بعضی اجسام - هر دمای
۲) همهٔ اجسام - هر دمایی
۳) بعضی اجسام - بعضی از دماها
۴) همهٔ اجسام - بعضی از دماها

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. همهٔ اجسام در هر دمایی که باشند از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند (نشر می‌کنند) که به آن تابش گرمایی گفته می‌شود.