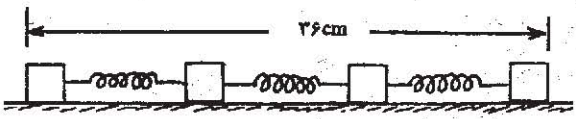
Institute Of Physics & Mathematics

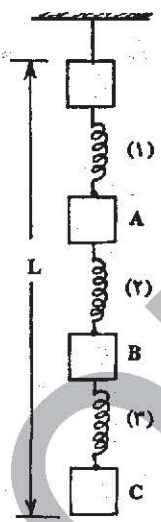
پاسخ سؤالهای چندگزینه‌ای

۱ ـ هنگامی که وزنه‌ها و فنرهای میان آنها را روی میز افقی بدون اصطکاک قرار می‌دهیم، وضعیت دستگاه مانند شکل (۹ ـ ۲۹) خواهد شد. چون میان وزنه‌ها و میز افقی نیروی اصطکاک وجود ندارد،



شکل (۹ ـ ۲)

فنرها در این حالت نه کشیده هستند و نه فشرده‌اند، بلکه طول عادی خود را دارند. زیرا چنانچه هر کدام از فنرها کشیده و یا فشرده باشند، به وزنه‌های متصل به آن نیرو وارد می‌شود و وزنه‌ها حرکت می‌کنند که در نتیجه دستگاه در حالت تعادل نخواهد بود. در شکل (۹ ـ ۲۹) طول کل دستگاه برابر با طول عادی سه فنر و پهنای ۴ وزنه در نظر گرفته شده است. هنگامی که دستگاه را از سقف بیاویزیم، فنرها دیگر طول عادی خود را نخواهند داشت و کش می‌آیند. دستگاه آویخته درشکل (۹ ـ ۳۰) نشان داده شده است. نقطه A، انتهای فنر (۱) را در نظر می‌گیریم. به این نقطه نیرویی معادل وزن سه وزنه و دو فنر که سبک هستند وارد می‌شود. بنابراین افزایش طول این فنر چنین است.



شکل (۹ ـ ۳۰)

$$\Delta x_1 = \frac{3\,mg}{K} = \frac{3 \times 2 \times 10}{20} = 3\ cm$$

برای به دست آوردن افزایش طول فنر (۲)، نقطه B را در نظر می‌گیریم. در این نقطه به فنر (۲) نیرویی معادل وزن دو وزنه وارد می‌شود داریم:

$$\Delta x_2 = \frac{2\,mg}{K} = \frac{2 \times 2 \times 10}{20} = 2\ cm$$

به همین ترتیب برای فنر (۳) داریم:

$$\Delta x_1 = \frac{mg}{20} = \frac{2 \times 10}{20} = 1\ cm$$

iopm.ir

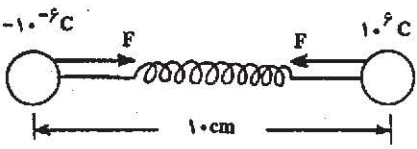
Institute Of Physics & Mathematics

بنابراین دستگاه هر طولی داشت، طول آن مجموعاً به اندازه افزایش طول فنرها، بیشتر شده است. داریم:

$$\ell = ۳۶ + ۳ + ۲ + ۱ = ۴۲ \text{ cm}$$

دقت شود که در اینجا دانستن ابعاد وزنه‌ها اهمیت ندارد و طول اولیه دستگاه را به هر نحوی که به حساب آوریم، پاسخ نهایی تفاوت نمی‌کند. به این ترتیب گزینهٔ (ب) درست است.

۲ ـ گلوله‌های بسته شده به دو سر فنر، به علت دارا بودن بار الکتریکی مخالف هم، یکدیگر را جذب می‌کنند. این نیرو فنر را فشرده و طول آن را نسبت به حالت عادی کمتر می‌کند. در شکل (۹ ـ ۳۱) نیروهای وارد بر دو سر فنر نشان داده شده است. ابتدا نیروی الکتریکی میان بارها را به دست می‌آوریم. از قانون کولن داریم:



شکل (۹ ـ ۳۱)

$$F = K\frac{q_1 q_2}{d^2} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{۱۰^{-۶} \times ۱۰^{-۶}}{(۰/۱)^۲} = ۰/۹ \text{ N}$$

کاهش طول فنر در اثر چنین نیرویی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

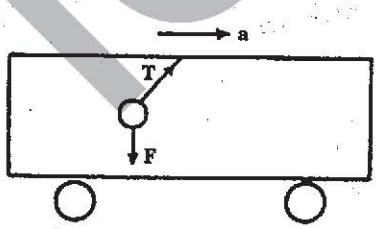
$$\Delta\ell = \frac{F}{K} = \frac{۰/۹}{۱۰۰} = ۹ \times ۱۰^{-۳} \text{ m} = ۰/۹ \text{ cm}$$

چون فنر فشرده شده است، طول اولیه آن به همین مقدار بیشتر بوده است.

$$\ell_۰ = \ell + \Delta\ell = ۱۰ + ۰/۹ = ۱۰/۹ \text{ cm}$$

بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

۳ ـ چون واگن با سرعت ثابت در حال حرکت است، می‌توان آن را ساکن درنظر گرفت و فرض کرد که زمین با همان سرعت ولی در جهت مخالف حرکت می‌کند. به عبارت دیگر اگر شخصی درون این واگن باشد و به بیرون از واگن نگاه نکند، حرکت واگن برای او مشهود نیست. فرض کنید واگن حرکتش شتابدار باشد، دراین‌صورت می‌توان در واگن آزمایشی انجام داد که حرکت شتابدار واگن را معیّن کند. مثلاً گلوله‌ای که با یک نخ از سقف واگن آویخته شده‌است. مطابق شکل (۹ ـ ۳۲) نخ با راستای قائم زاویه‌ای خواهد



شکل (۹ ـ ۳۲)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

ساخت. زیرا باید برآیند نیروهای کشش نخ و وزن گلوله،برابر با جرم گلوله در شتاب آن که همان شتاب واگن است باشد. اما اگر حرکت واگن با سرعت ثابت انجام شود، چنین ابزاری در اختیار نیست و نمی‌توان حرکت واگن را آشکار ساخت. به این ترتیب می‌توان مسأله را با حالتی که واگن ساکن است یکسان گرفت.

چون دو سطح شیبدار در وسط واگن قرار دارند و حرکت گلوله‌ها به طرف دو دیواره واگن کاملاً یکسان است، بنابراین زمان رسیدن گلوله‌ها به دو نقطه A و B یکسان است و اختلاف زمان آنها صفر است. به این ترتیب گزینهٔ (ج) درست است.

۴ـ آبی راکه در لوله افقی به طول ۱۰ cm است در نظر می‌گیریم. این مقدار آب نیز همراه لوله U شکل با شتاب $۳\ m/s^۲$ به سمت راست حرکت می‌کند. این آب در شکل (۹ ـ ۳۳) نشان داده شده است. بر این آب در راستای افقی دو نیروی $F_۱$ از طرف مایع درون لولهٔ قائم سمت چپ و نیروی $F_۲$ از طرف مایع درون لولهٔ سمت راست وارد می‌شود. طبق قانون دوم نیوتون داریم:

شکل (۹ ـ ۳۳)

$$F_۱ - F_۲ = ma = \rho s l a = \rho s \times ۰/۱ \times ۳ = ۰/۳\rho s$$

اگر ارتفاع مایع درون لوله سمت چپ h_A و سمت راست h_B باشد، چون نیروهای $F_۱$ و $F_۲$ ناشی از فشار مایع در پایین لوله‌های قائم هستند، داریم:

$$p_۰ + \frac{F_۱}{S} = \rho g h_A \qquad p_۰ + \frac{F_۲}{S} = \rho g h_B$$

که در آن $p_۰$ فشار هوای بالای مایع در دو لولهٔ قائم است. با استفاده از رابطه‌های بالا داریم:

$$۰/۳\ ps = \rho g s\ (h_A - h_B)$$

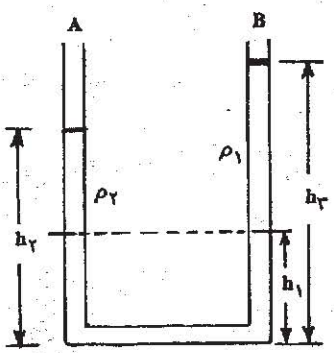
$$h_A - h_B = \frac{۰/۳}{g} = ۰/۰۳\ m = ۳\ cm$$

بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۵ ـ لولهٔ U شکل و مایعهای درون آن در شکل (۹-۳۴) نشان داده شده است. یک سطح افقی در ارتفاع h_1 در نظر می‌گیریم. چون در این سطح افقی در دو لوله، یک مایع قرار دارد، فشار در این سطح در دو لوله یکسان است. بنابراین از ارتفاع $y=0$ تا $y=h_1$، فشار دو طرف یکسان و $p_A - p_B = 0$ است. بالای این سطح افقی، در لولهٔ سمت چپ به اندازه $h_2 - h_1$ مایع با چگالی ρ_2 و در لولهٔ سمت راست به اندازه $h_3 - h_1$ مایع با چگالی ρ_1 قرار دارد. چون فشار در سطح آزاد دو مایع یکسان و برابر فشار جو است و $h_2 > h_3$ است، بنابراین $\rho_1 > \rho_2$ است، زیرا مایع با ارتفاع کمتر همان فشار مایع با ارتفاع بیشتر را ایجاد کرده است. در ارتفاع بالاتر از h_1، فشار در دو لوله کم می‌شود تا در سطح آزاد مایع به مقدار p_0 برسد. با افزایش ارتفاع Δy، تغییر فشار در دو لوله چنین است.



شکل (۹ ـ ۳۴)

$$\Delta P_A = -\rho_2 g\Delta y \qquad \Delta P_B = -\rho_1 g\Delta y$$

علامت (−) به این دلیل است که با افزایش ارتفاع ($\Delta y > 0$)، فشار کم می‌شود، یعنی $\Delta P < 0$ است. از دو رابطهٔ بالا داریم:

$$\Delta (P_A - P_B) = -g\Delta y (\rho_2 - \rho_1) = g\Delta y (\rho_1 - \rho_2) < 0 \qquad (۹-۱)$$

بنابراین با افزایش ارتفاع $P_A - P_B < 0$ خواهد شد. در ارتفاع $y = h_2$ فشار لولهٔ سمت چپ برابر p_0 خواهد شد و ثابت می‌ماند، ولی فشار در لوله سمت راست، همچنان کم می‌شود. پس $P_A - P_B$، بزرگتر خواهد شد تا در ارتفاع $y = h_3$، هر دو فشار به p_0 رسیده و $P_A - P_B = 0$ می‌شود. می‌توان در لوله سمت چپ بالای مایع را هوا با چگالی ρ' در نظر گرفت و از همان رابطهٔ کلی (۹ ـ ۱) بعد از ارتفاع h_2 نیز استفاده کرد. دراین صورت رابطهٔ (۹ ـ ۱) به صورت زیر در می‌آید.

$$\Delta(P_A - P_B) = g\Delta y (\rho_1 - \rho') > 0$$

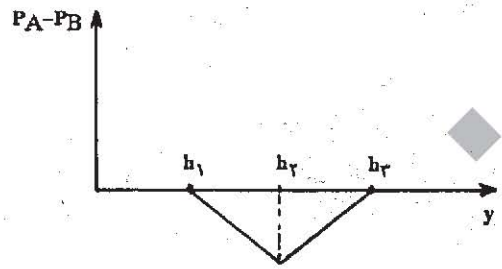
یعنی با افزایش ارتفاع فشار بیشتر می‌شود.

نموداری که با تمام این توضیحات سازگار است، نمودار شکل (۹ ـ ۳۵) خواهد بود.

iopm.ir

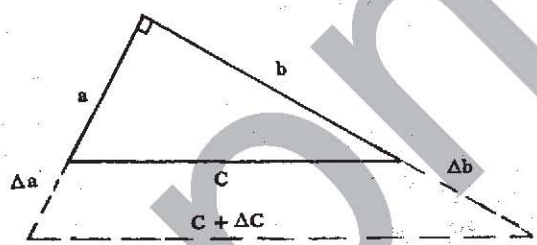
Institute Of Physics & Mathematics

بنابراین گزینهٔ (د) درست است.



شکل (۹ ـ ۳۵)

۶ ـ در یک دمای اختیاری، طول هر کدام از اضلاع مثلث تغییر می‌کند. اگر دمای میله بالا رفته باشد، طول اضلاع بزرگتر می‌شود که در شکل (۹ ـ ۳۶) نشان داده شده است.



شکل (۹ ـ ۳۶)

در دمای اولیه میان طول میله‌ها رابطهٔ زیر برقرار است.

$$a^۲ + b^۲ = c^۲$$

در دمای بالاتر طول اضلاع مثلث چنین است.

$$a' = a\,(۱ + \alpha\Delta t)$$
$$b' = b\,(۱ + \alpha\Delta t)$$
$$c' = c\,(۱ + \alpha_c\Delta t)$$

اگر قرار باشد مثلث در دمای جدید نیز قائم‌الزاویه باشد، باید رابطهٔ زیر میان اضلاع a'، b' و c' برقرار باشد.

$$a'^۲ + b'^۲ = c'^۲$$
$$a^۲\,(۱ + \alpha\Delta t)^۲ + b^۲\,(۱ + \alpha\Delta t)^۲ = c^۲\,(۱ + \alpha_c\Delta t)^۲$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$$(a^2 + b^2)\alpha^2\Delta t^2 = c^2\alpha_c^2\Delta t^2 = (a^2 + b^2)\alpha_c^2\Delta t^2$$

چون رابطهٔ بالا باید در هر دمایی صادق باشد، پس داریم:

$$\alpha_c = \alpha \longrightarrow \frac{\alpha_c}{\alpha} = 1$$

در نتیجه گزینهٔ (ج) درست است.

۷ـ هنگامی که مکعب عایق‌بندی نشده است، از ۶ سطح آن، گرما به خارج داده می‌شود. گرمای داده شده از هر سطح در این حالت چنین است.

$$\Delta Q_1 = \frac{1500}{6} = 250\ J/s$$

با عایق‌بندی کردن سطوح مکعب از دست دادن گرما کم می‌شود ولی به علت این که هیچ ماده‌ای کاملاً عایق نیست، هنوز از ۶ سطح آن ۶۰ J گرما به خارج داده می‌شود. گرمای داده شده از هر سطح در این حالت چنین است.

$$\Delta Q_2 = \frac{60}{6} = 10\ J/s$$

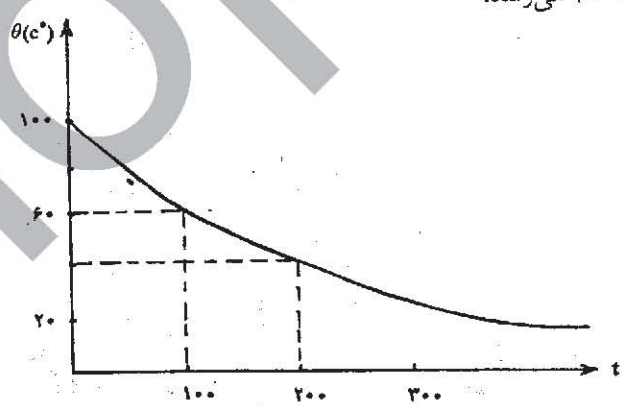
اگر یکی از سطوح مخزن باز و بقیه عایق‌بندی شود برای میزان گرمایی که در هر ثانیه از دست می‌رود، داریم:

$$\Delta Q = \Delta Q_1 + 5\Delta Q_2 = 250 + 50 = 300\ J/s$$

بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۸ـ نمودار تغییرات دمای جسم مورد نظر با زمان در شکل (۹ـ۳۶) نشان داده شده است. هر یک از گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم.

در ۱۰۰ ثانیهٔ اول دمای جسم از ۱۰۰ °C به ۶۰ °C می‌رسد و در ۱۰۰ ثانیه دوم دما از ۶۰ °C به ۴۰ °C می‌رسد.



شکل (۹ـ۳۶)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

چون تفاوت دما در ۱۰۰ ثانیه‌های اول و دوم یکسان نیست، پتن گرمایی که جسم در ۱۰۰ ثانیهٔ اول و دوم از دست می‌دهد، یکسان نخواهد بود. بنابراین گزینهٔ (الف) درست نیست.
چون کاهش دما در ۱۰۰ ثانیهٔ اول (۶۰ – ۱۰۰) دو برابر کاهش دما در ۱۰۰ ثانیه دوم است (۴۰ – ۶۰)، پس گرمایی که جسم در ۱۰۰ ثانیهٔ اول از دست می‌دهد، دو برابر گرمایی است که در ۱۰۰ ثانیهٔ دوم از دست می‌دهد. به این ترتیب گزینهٔ (ب) درست است.
چون میزان از دست دادن گرما، به تفاوت دمای جسم با دمای محیط بستگی دارد، با کاهش دما، میزان از دست دادن گرما کم می‌شود. هنگامی که دمای جسم به دمای محیط نزدیک می‌شود میزان از دست دادن گرما بسیار کم است و کاهش دمای جسم بسیار کند است. بنابراین وقتی در ۱۰۰ ثانیهٔ دوم دمای جسم ۲۰ °C کم می‌شود، در ۱۰۰ ثانیهٔ سوم دمای جسم همان مقدار کم نمی‌شود تا به ۲۰ °C برسد. در نتیجه گزینهٔ (ج) درست نیست.
همان‌طور که گفته شد در ۱۰۰ ثانیهٔ اول دمای جسم ۴۰ °C کم می‌شود و سرانجام نیز دمای جسم پس از یک مدت طولانی به دمای محیط می‌رسد. در این مدت طولانی بعد از ۱۰۰ ثانیهٔ اول نیز کاهش دمای جسم ۴۰ °C است (۲۰ – ۶۰) بنابراین گرمایی که جسم در ۱۰۰ ثانیهٔ اول از دست می‌دهد، با گرمایی که پس از آن و تا هم دما شدن با محیط از دست می‌دهد، برابر است. در نتیجه گزینهٔ (د) نیز درست است.

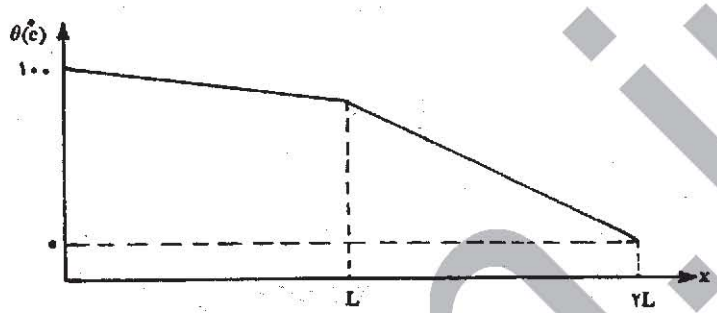
۹ ـ اگر یک قاشق فلزی را در دست بگیرید و سپس آن را در آب جوش بگذارید، به فاصله کمی دستتان خواهد سوخت. این به معنای آن است که آن سر قاشق که در دست شماست، دمایش بالا رفته و با دمای آب جوش تفاوت کمی خواهد داشت. اما اگر با یک قاشق چوبی همین آزمایش را انجام دهید، هیچگاه دستتان نمی‌سوزد، یعنی در حالی که دمای یک سر قاشق، همان دمای آب جوش است، دمای سر دیگرش با دمای آب جوش تفاوت بسیاری دارد. فلزات را رسانای گرما و چوب را عایق گرما می‌نامیم. فلزات به یک اندازه رسانای گرما نیستند، مثلاً مس بیش از آلومینیوم رسانای گرماست. این بدان معناست که اگر دو قاشق مسی و آلومینیومی مشابه را در آب جوش قرار دهید، انتهای قاشق مسی داغ‌تر از انتهای قاشق آلومینیومی خواهد بود.
دو میله مورد بحث در شکل (۹ ـ ۳۷) نشان داده شده است.

شکل (۹ ـ ۳۷)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

چون همان مقدار گرمایی که از میله مسی می‌گذرد، باید از آلومینیوم نیز بگذرد، با توضیحاتی که قبلاً داده شد، آشکار است که تفاوت دمای دو سر میله مسی از تفاوت دمای دو سر میله آلومینیومی کمتر است. بنابراین تغییرات دما در طول میله‌ها مانند شکل (۹ ـ ۳۸) خواهد بود. بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.



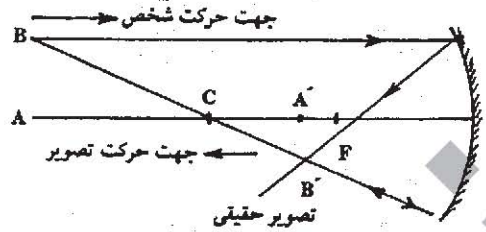
شکل (۹ ـ ۳۸)

۱۰ ـ می‌دانید که چگالی آب در ۴ °C بیشترین است، یعنی آب با دمای پایین‌تر یا بالاتر از آن، چگالی کمتری دارد. هنگامی که ظرف آب محتوی صفر درجه را از بالا گرم می‌کنیم، ابتدا لایهٔ نازکی از بالای آب کمی گرم می‌شود. چون چگالی این لایه بیشتر از آب صفر درجه سلسیوس است، پایین می‌رود و جای آن را آب صفر درجه سلسیوس می‌گیرد. اگر لایهٔ گرم شده، با بقیه آب ظرف گرما مبادله نکند، این لایه به علت آنکه چگالیش از بقیه آب ظرف بیشتر است، تا ته ظرف خواهد رفت ولی عملاً این طور نیست، بلکه به علت مبادله گرما دمای بقیه آبها نیز به مقدار کمی بالا خواهد آمد. به هر حال به علت آنکه چگالی آب با دمای صفر درجه سلسیوس از همه کمتر است، به بالاترین سطح خواهد آمد و تا موقعی که آب صفر درجه در ظرف وجود دارد، همواره جای آن در بالاترین ارتفاع است. بنابراین اگرچه سطح آب با دریافت تابش گرم می‌شود، ولی با جابه‌جا شدن آب‌های گرم‌تر، عملاً بقیه آب گرم می‌شود. هنگامی که دمای سطح آب به ۱۰ °C می‌رسد، هیچ جای ظرف آب صفر درجه وجود ندارد، زیرا اگر وجود داشت، قبل از آنکه آب در سطح ظرف به دمای بالایی برسد، جای آن را گرفته بود. بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۱۱ ـ هنگامی که شخصی در فاصله دوری از آینه مقعر قرار دارد، تصویر حقیقی او مطابق شکل (۹ ـ ۳۹) در فاصله مرکز تا رأس آینه تشکیل می‌شود. چنانچه در محل تصویر حقیقی

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۹ ـ ۳۹)

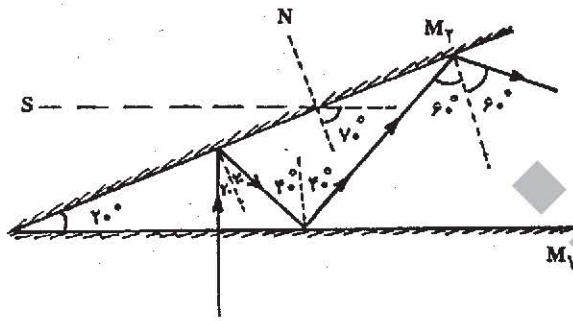
$A'B'$، یک پرده قرار گیرد (پرده نباید مانع رسیدن پرتوها از شخص به آینه باشد) تصویر خود را روی پرده می‌بیند. چنانچه در محل تصویر پرده‌ای نباشد، باز هم نورهای بازتابیده از آینه که در نقطهٔ مثلاً B' به هم می‌رسند. ادامه یافته و ممکن است به چشم شخص برسند. در این حالت شخص احساس می‌کند که در نقطهٔ B' چشمه‌ای قرار دارد که پرتوهای نور از آن به چشمش رسیده است. یعنی تصویر را در فضا و بدون آنکه روی پرده افتاده باشد می‌بیند.

هنگامی که شخص به آینه نزدیک می‌شود، تصویرش از آینه دور شده و به تدریج به مرکز آینه نزدیک می‌شود. هنگامی که فاصله شخص با مرکز آینه حدود حداقل فاصلهٔ رؤیت باشد (این فاصله برای چشم معمولی حدود ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر است) فاصله تصویر تا شخص در همین حدود است. چنانچه شخص بیش از این به آینه نزدیک شود، فاصله تصویرش از وی کمتر از حدّی است که شخص بتواند راحت آن را ببیند. با توضیحات داده شده معلوم است که در این حالت شخص نزدیک مرکز آینه است و فاصله‌اش تا آینه کمی بیش از R شعاع آینه است. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۱۲ ـ در شکل (۹ ـ ۴۰) دو آینهٔ تخت که با یکدیگر زاویه ۲۰° می‌سازند نشان داده شده است. زاویه تابش نوری که برای اولین بار به آینه M_2 می‌تابد، ۲۰° است و با توجه به شکل نیازی به توضیح ندارد. در شکل بازتابهای بعدی پرتو نور از آینه‌های M_1 و M_2 نشان داده شده است و ملاحظه می‌شود که هر بار بازتاب زاویه تابش به هر یک از دو آینه را ۲۰° افزایش می‌دهد. خط S را به موازات آینه M_1 رسم کرده‌ایم. زاویه‌ای که خط عمود بر آینه M_2 (خط N) با خط S می‌سازد، ۷۰° است. از روی شکل پیداست که اگر نور بازتابیده از آینه M_2 زیرخط S باشد، این پرتو به آینه M_1 تابیده و از آن بازتابیده می‌شود ولی اگر پرتو بازتابیده از آینه

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۹ ـ ۴۰)

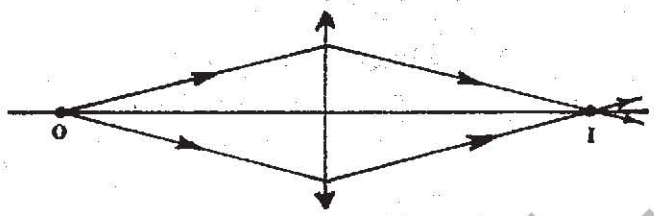
M_2 بالای خط S قرار گیرد، این پرتو به آینه M_1 نخواهد رسید و در این حالت آخرین بازتاب از روی آینه M_2 صورت گرفته است. به بیان دیگر اگر زاویه تابش پرتو نور با آینه M_2 بیش از ۷۰° باشد، این پرتو به آینه M_1 نخواهد رسید همچنین از شکل (۹ ـ ۴۰) پیداست که اگر زاویه بازتاب یک پرتو از آینه M_1 بیش از ۷۰° باشد، این پرتو به آینه M_2 نخواهد رسیدو در این حالت آخرین بازتاب از روی آینه M_1 انجام شده است. به این ترتیب هرگاه زاویه تابش پرتو با هر یک از دو آینه M_1 و یا M_2 بیش از ۷۰° شود، آخرین بازتاب انجام شده است. در شکل (۹ ـ ۴۰) سه بازتاب متوالی از آینه‌ها نشان داده شده است. با توضیحات قبلی آشکار است که زاویه تابش مربوط به بازتاب بعدی که با آینه M_1 صورت می‌گیرد ۸۰° است و در نتیجه بازتاب چهارم، آخرین بازتاب خواهد بود و پرتو بازتابیده، به آینه‌ها نخواهد خورد. در نتیجه تعداد بازتابها ۴ است و گزینهٔ (ب) درست است.

۱۳ ـ در شکل (۹ ـ ۴۱) یک عدسی همگرا که از یک نقطه نورانی o تصویر حقیقی I را داده، نشان داده شده است.

پرتوهای نور پس از عبور از عدسی در نقطه I به هم می‌رسند و سپس از هم دور می‌شوند. اگر پرده را در محل I قرار دهیم، روی پرده یک نقطه روشن دیده می‌شود ولی اگر پرده قبل و یا بعد از I باشد، یک قرص روشن خواهیم دید. اگر پرده قبل از I باشد، با حرکت آن هم می‌توان قرص روشن با قطر کوچکتر (پرده به طرف I) و هم با قطر بزرگتر (پرده دور از I) به‌دست آورد. اگر پرده بعد از I هم باشد، این دو وضعیت به وجود می‌آید. بنابراین گزینه‌های (الف) و (ب) درست نیستند. اگر پرده قبل از I باشد و به طرف I رفته و از آن بگذرد، ابتدا

iopm.ir

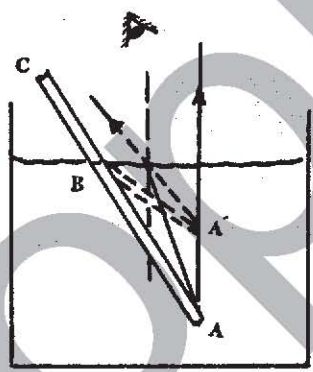
Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۹ ـ ۴۱)

قطر قرص روشن کم شده و سپس زیاد می‌شود. اگر پرده بعد از I باشد و به طرف آن رفته و از آن بگذرد نیز همین وضعیت پیش می‌آید. پس گزینهٔ (د) درست نیست و گزینهٔ (ه) درست است. علاوه‌بر آن اگر پرده پس از I باشد و از آن دور شود و یا قبل از I باشد و به عدسی نزدیک شود، قطر قرص روشن زیاد می‌شود. پس گزینهٔ (ج) نیز درست است.

۱۴ ـ گزینه‌ها به نحوی کشیده شده‌اند که ظرف آب هم از نمای بالا و هم از نمای روبرو و هم از نمای سمت راست دیده شوند. برای یافتن گزینهٔ درست وضعیت میله را از دو نمای بالا و روبرو (مایل به راست) جداگانه بررسی می‌کنیم.



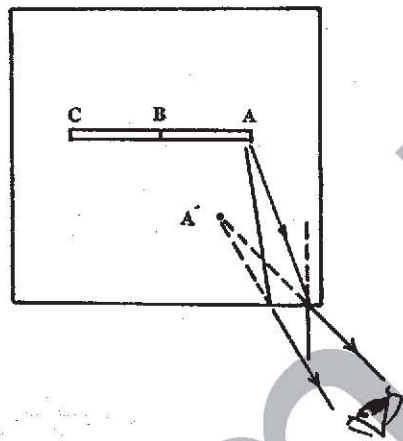
شکل (۹ ـ ۴۲)

نمای بالا ـ در شکل (۹ ـ ۴۲) مسیر پرتوها از روبرو نشان داده شده است و فردی میله درون ظرف را از بالا نگاه می‌کند. میله ABC در آب نشان داده شده است. برای دیده شدن نقطه A دو پرتو یکی عمود بر سطح آب و دیگری مایل در نظر گرفته‌ایم. پرتو مایل پس‌از خروج از سطح آب، از خط عمود بر سطح آب دور شده و همراه‌با پرتویی که عمود بر سطح آب بوده و به همان صورت از آب خارج شده است، به چشم می‌رسد. اگر این دو پرتو واقعاً در یک محیط همگن از نقطه A خارج شده و به چشم می‌رسیدند، احساسی که برای چشم به وجود می‌آمد، با این حالت تفاوت نداشت. بنابراین چشم جای انتهای میله را در نقطه A′ که به سطح آب نزدیک‌تر است احساس می‌کند و به‌جای میلهٔ مستقیم ABC، میلهٔ شکسته A′BC را

iopm.ir

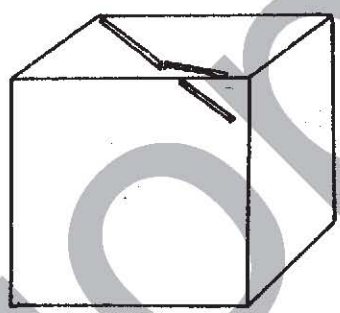
Institute Of Physics & Mathematics

می‌بیند. بنابراین در دیدن نمای بالای ظرف، نوک میله که در آب است بالاتر دیده می‌شود.



شکل (۹ ـ ۴۳)

نمای روبرو ـ در شکل (۹ ـ ۴۳) مسیر پرتوها از بالا نشان داده شده است و فردی میلهٔ درون ظرف را از پهلو نگاه می‌کند. قسمت CB بیرون آب و قسمت AB درون آب است. برای آنکه مشاهده کننده نمای روبروی مایل به راست را ببیند، چشم کاملاً روبرو کشیده نشده، بلکه قدری به سمت راست رفته است. برای دیدن نقطهٔ A که در آب هست، دو پرتو نور از آن خارج شده و با خروج از آب، از خط عمود دور می‌شوند.



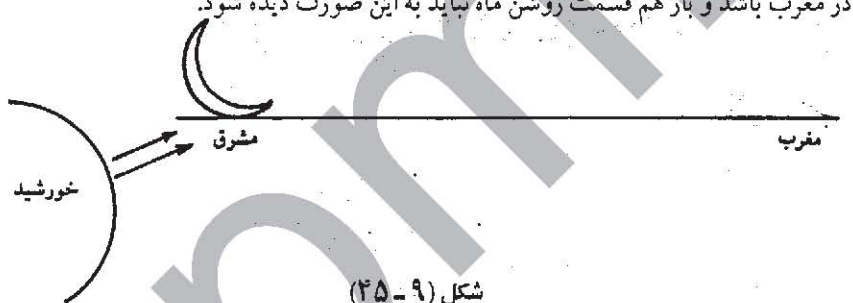
شکل (۹ ـ ۴۴)

تقاطع این دو پرتو که کمی به‌طرف چپ نقطه A قرار دارد، تصویری است که چشم مشاهده می‌کند. بنابراین تصویر نقطه A، یعنی A′، قدری به طرف چپ مایل شده است. بنابراین شخصی که از گوشه بالا و سمت راست ظرف، میله را مشاهده می‌کند، انتهای آن را بالاتر و کمی به طرف چپ خواهد دید. نقاط دیگر قسمت BA از میله نیز هر کدام کمی بالاتر و به طرف چپ دیده خواهند شد. بنابراین میله مشابه آنچه در شکل (۹ ـ ۴۴) آمده است دیده می‌شود. در نتیجه پاسخ درست گزینهٔ (الف) است.

iopm.ir

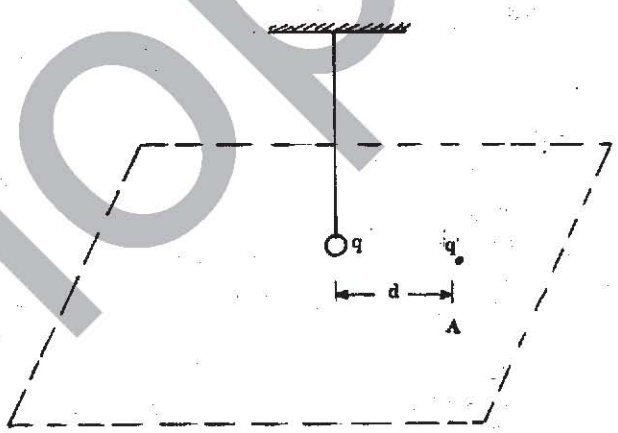
Institute Of Physics & Mathematics

۱۵ ـ می‌دانید که طلوع و غروب خورشید به علت حرکت زمین به دور محورش است. اگر کرهٔ زمین را از بالای قطب شمال نگاه کنیم، کره زمین در خلاف جهت عقربه‌های ساعت به دور محورش می‌گردد و طلوع و غروب خورشید به وجود می‌آید. به همین دلیل همه ستارگان و ماه نیز از نظر ساکنان روی کره زمین از مشرق طلوع و در مغرب غروب می‌کنند. در شکل (۹ ـ ۴۵) منظره ماه، لحظاتی پس از طلوع آن نشان داده شده است. آشکار است که ماه در این لحظه در مشرق قرار دارد. قسمت روشن ماه از خورشید نور گرفته است و بنابراین خورشید در مشرق و کمی زیر افق است. بنابراین لحظه‌ای که در شکل نشان داده شده است کمی قبل از طلوع خورشید است و در نتیجه پاسخ درست گزینهٔ (ج) است. اگر خورشید طلوع کرده باشد، یعنی زودتر از ماه از افق مشرق پدیدار شده باشد، باید هلال ماه بر عکس دیده شود زیرا نور خورشید از بالا بر ماه خواهد تابید. به این ترتیب گزینهٔ (د) درست نیست. نادرستی گزینه‌های (الف) و (ب) نیز آشکار است زیرا هنگام غروب، خورشید باید در مغرب باشد و باز هم قسمت روشن ماه نباید به این صورت دیده شود.



شکل (۹ ـ ۴۵)

۱۶ ـ در شکل (۹ ـ ۴۶) گلولهٔ کوچک دارای بار الکتریکی q که با یک نخ از نقطه‌ای آویخته شده، نشان داده شده است. نیرویی که بر بار q_0 وارد می‌شود چنین است.



شکل (۹ ـ ۴۶)

$$F = K\frac{qq_0}{d^2}$$

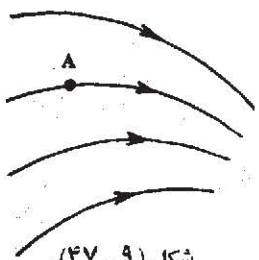
$$E = \frac{F}{q_0} = k\frac{q}{d^2}$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

هنگامی که بار q_0 را در نقطه A قرار می‌دهیم، بار q در جای خود نمی‌ماند بلکه به علت نیروی وارد به آن از طرف q_0، از جای خود منحرف می‌شود. در نتیجه فاصله بار q تا نقطه A از آنچه که قبل از آوردن بار q_0 وجود دارد تغییر خواهد کرد. بنابراین با آوردن بار q_0 در نقطه A، میدان الکتریکی در آن نقطه، تغییر خواهد کرد. اگر بارهای q_0 و q همنام باشند فاصله d از آنچه بود بیشتر می‌شود و در نتیجه میدان به دست آمده از آزمایش کمتر از میدان مورد نظر خواهد بود. اگر دو بار q_0 و q نا همنام باشند، فاصله d به علت نیروی جاذبه میان بارها کم شده و میدان به دست آمده از آنچه مورد نظر بود بیشتر خواهد شد. بر این اساس ملاحظه می‌شود که گزینه‌های (الف) و (ب) هر دو درست هستند.

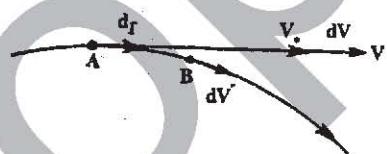
۱۷ ـ خطوط میدان مورد نظر در شکل (۹ ـ ۴۷) نشان داده شده است. هنگامی که بار q_0 در نقطه A قرار می‌گیرد، نیرویی برابر با $F = q_0 E$ بر آن وارد می‌شود. چون در هر نقطه از فضا، میدان الکتریکی E بر خط میدان مماس است، نیروی وارد بر بار q_0 نیز بر خط میدان مماس خواهد بود. اگر جرم ذره باردار را m بگیریم، شتاب بارالکتریکی چنین است.



شکل (۹ ـ ۴۷)

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{F}{m} = \frac{q_0}{m} E$$

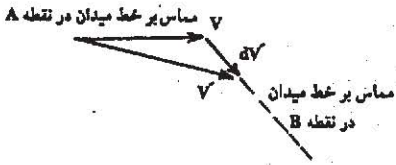
بنابراین شتاب‌ذره بار دار و در نتیجه تغییر سرعت آن dV نیز بر خطوط میدان مماس خواهد بود. اکنون فرض کنید در یک لحظه خاص سرعت ذره که آن را V_0 می‌گیریم، برخطوط میدان مماس‌است. چون تغییر سرعت ذره نیزباخطوط میدان مماس است، سرعت لحظهٔ بعد نیز بر خطوط میدان مماس خواهد بود. در شکل (۹ ـ ۴۸) یکی از خطوط میدان و سرعت در دو لحظه پیاپی به فاصلهٔ زمانی dt نشان داده شده است. در مدت زمان کوتاه dt، مکان ذره برابر با dr خواهد بود که بر V منطبق است، بسته به شدت میدان، جرم و بار ذره باردار، و سرعت V_0، ممکن است dr کوچک و یا بزرگ باشد. در صورتی که V بزرگ باشد، در پایان فاصله زمانی dt، ذره از خط میدانی که ابتدا روی آن بود خارج شده است. در یک dt بعد، مجدداً تغییر سرعتی برابر با dV′ به وجود می‌آید که بر



شکل (۹ ـ ۴۸)

iopm.ir

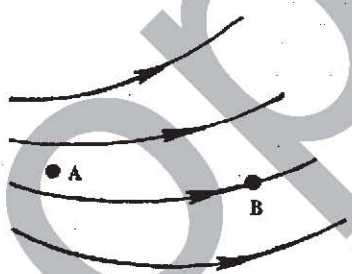
Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۹ – ۴۹)

خط میدان مثلاً در نقطه B مماس است. از آنجا که سرعت V مماس بر خط میدان در این نقطه نیست، (سرعت V با خط میدان در نقطه A مماس است). هنگامی که با $d\,V'$ جمع برداری شود، سرعت بعدی یعنی V' با خط میدان در نقطه B مماس نخواهد بود. با توجه به تعریف سرعت، تغییر مکان ذره همواره در جهت سرعت است و در نتیجه در لحظهٔ بعد تغییر مکان جسم مماس بر خط میدان در نقطه B نخواهد بود. در شکل (۹ ـ ۴۹) بردارهای سرعت V، $d\,V'$ و V نشان داده شده‌اند. از این شکل پیداست که هر چه V نسبت به $d\,V'$ بزرگتر باشد، جهت V' به جهت V نزدیک‌تر است و برعکس هرچه V نسبت به $d\,V'$ کوچکتر باشد، جهت V' به جهت $d\,V'$ نزدیک‌تر است. بنابراین اگر به فرض در نقطه‌ای مانند A، سرعت ذره بر خط میدان منطبق باشد، لحظات بعدی دیگر بر خط میدان منطبق نخواهد بود. اگر از ابتدا فرض کنیم سرعت ذره بر خط میدان منطبق نیست، مانند آن است که حرکت ذره را از نقطه B دنبال کرده باشیم. با توجه به توضیحات داده شده آشکار است که در هیچ شرایطی بار q_0 روی خط میدان ادامه حرکت نخواهد داد. به این ترتیب گزینهٔ (د) درست است.

۱۸ ـ خطوط میدان الکتریکی مورد نظر در شکل (۹ ـ ۵۰) رسم شده است. در فضایی که میدان الکتریکی وجود دارد، خطوط میدان براساس قرار دادهای زیر رسم می‌شوند.



شکل (۹ ـ ۵۰)

الف) در هر نقطه راستای میدان الکتریکی بر خط میدان در آن نقطه مماس است و با خط میدان هم جهت است.

ب) اگر سطحی به مساحت واحد سر راه خطوط میدان و عمود بر آنها قرار دهیم، هرچه میدان در آنجا قوی‌تر باشد خطوطی را که از آن سطح می‌گذرد به تعداد بیشتری می‌کشند.

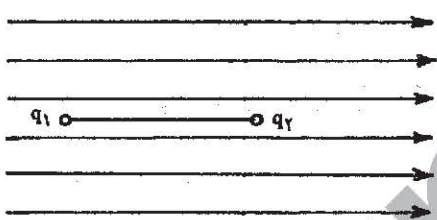
با این قرارداد، از شکل (۹ ـ ۵۰) پیداست که میدان الکتریکی در نقطه A از میدان الکتریکی در نقطه B بزرگتر است. بنابراین اگر بار الکتریکی نقطه‌ای q را در این دو نقطه قرار دهیم، اندازه نیرویی که در نقطه A بر بار وارد می‌شود، از اندازه نیرو هنگامی که در نقطه B قرار گیرد، بیشتر است. با این توضیحات پیداست که گزینهٔ (ب) درست‌است. این توضیح نیز سودمند است که

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

نباید تصوّر شود میدان الکتریکی در نقطهٔ A به علت آنکه خطی از آن نقطه رسم نشده، صفر است. آشکار است که اگر قرار باشد از همهٔ نقاط فضایی که میدان الکتریکی در آن وجود دارد خطی برای نشان دادن میدان در آن نقطه رسم شود، باید تمام صفحه شکل را سیاه کرد و تنظیم فاصله خطوط بر اساس شدت و ضعف میدان دیگر میسّر نیست. برای آنکه جهت میدان الکتریکی در نقطهٔ A را به دست آوریم، از دو خطی که نزدیک آن نقطه است استفاده می‌کنیم و به تقریب جهت میدان را در آن نقطه به دست می‌آوریم.

۱۹ ـ میدان الکتریکی و بارهای مورد نظر در شکل (۹ ـ ۵۱) رسم شده است. می‌دانیم نیروی وارد بر بار مثبت هم جهت با میدان الکتریکی و نیروی وارد بر بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است. اگر بارهای q_1 و q_2 هر دو مثبت و یا هر دو منفی باشند، نیروی وارد بر هر دو بار در یک جهت است و چون



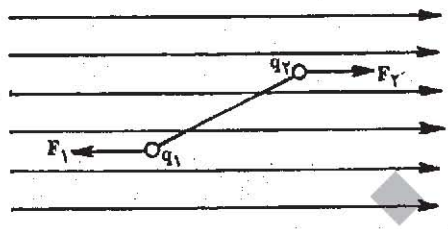
شکل (۹ ـ ۵۱)

برآیند نیروهای وارد بر مجموعه صفر نیست، مجموعه تعادل ندارد. بنابراین گزینه‌های (ب) و (د) نادرست و گزینهٔ (ه) درست است. از شکل (۹ ـ ۵۱) پیداست که میدان الکتریکی یکنواخت است یعنی همه‌جا اندازه یکسانی دارد، زیرا در همه جا فاصلهٔ خطوط میدان یک اندازه است. از آنجا که اندازه بارهای q_1 و q_2 یکسان است، بنابراین اندازه نیروی وارد بر دو بار برابر است. برای آنکه مجموعه دارای تعادل باشد، باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد و برای این کار لازم است بارهای q_1 و q_2 علامت مخالف هم داشته باشند تا دو نیروی هم اندازه و در خلاف جهت هم بر مجموعه وارد شود.

اگر مجموعه را دور محوری که از وسط آن می‌گذرد و بر میله نارسانای متصل کننده دوبار عمود باشد، از حالتی که در شکل (۹ ـ ۵۱) نشان داده شده است بگردانیم، ممکن است مجموعه به حالت اول برگردد و یا برنگردد. در حالت اول تعادل آن پایدار و در حالت دوم تعادل، آن ناپایدار است. در شکل (۹ ـ ۵۲) میدان الکتریکی و مجموعه که کمی نسبت به حالت اول چرخیده است، نشان داده شده است. در این شکل بار q_2 مثبت و بار q_1 منفی اختیار شده است و با گزینهٔ (الف) انطباق دارد. در این شکل مجموعه را دور محوری که بر صفحه کاغذ عمود است کمی

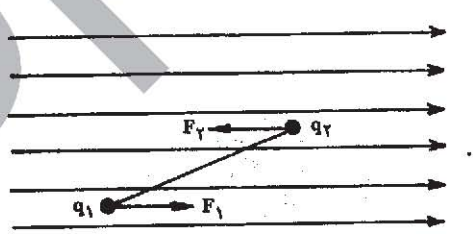
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۹ ـ ۵۲)

در خلاف جهت عقربه‌های ساعت گردانده‌ایم. نیروهای F_1 و F_2 که از طرف میدان الکتریکی بر بارهای q_1 و q_2 وارد می‌شود، مجموعه را در جهت عقربه‌های ساعت می‌گردانند، یعنی می‌خواهند مجموعه را به حالت اول برگردانند. پس با انتخاب بارهای الکتریکی مطابق با گزینهٔ (الف)، مجموعه دارای تعادل پایدار است. پس گزینهٔ (الف) درست است. در شکل (۹ – ۵۳) علامت بارهای الکتریکی را مطابق با گزینهٔ (ج) انتخاب کرده و باز هم مجموعه را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت کمی گردانده‌ایم. در این حالت نیروهای F_1 و F_2 وارد شده بر مجموعه از طرف میدان الکتریکی، مجموعه را باز هم در خلاف جهت عقربه‌های ساعت می‌گرداند و در نتیجه تعادل مجموعه ناپایدار است. پس گزینهٔ (ج) نیز درست است.

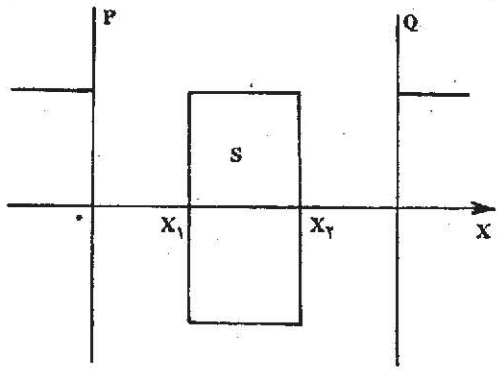


شکل (۹ ـ ۵۳)

۲۰ ـ صفحات خازن و قطعه فلزی مورد نظر در شکل (۹ ـ ۵۴) نشان داده شده است. اگر قطعه فلزی S میان صفحات خازن قرار نداشت، میدان الکتریکی میان صفحات (با فرض آنکه به لبه‌های صفحات نزدیک نشویم) یکنواخت بود، یعنی E تابع x نخواهد بود. از طرفی داخل

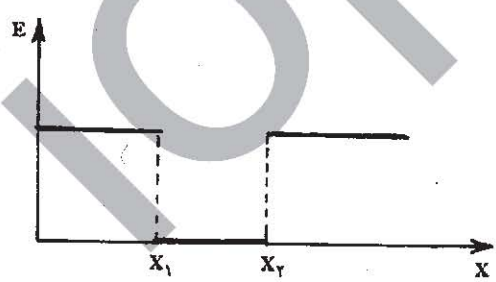
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۹ ـ ۵۴)

یک فلز در شرایط الکتروستاتیک، میدان الکتریکی صفر است، زیرا در غیر این صورت بارهای الکتریکی آزاد موجود در فلز، تحت تأثیر میدان الکتریکی حرکت می‌کنند، در حالی که فرض کرده بودیم شرایط الکتروستاتیک برقرار است. با این توضیحات میدان الکتریکی در فاصله $x = 0$ تا $x = x_1$ و نیز در فاصلهٔ $x = x_2$ تا صفحه Q که فضای میان صفحات خازن است، یکنواخت و از x_1 تا x_2 که درون قطعه فلزی است صفر است. به این ترتیب نمودار تغییرات میدان الکتریکی مطابق شکل (۹ ـ ۵۵) مشابه گزینهٔ (ج) است. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.



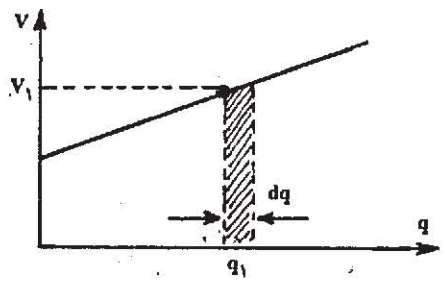
شکل (۹ ـ ۵۵)

اگر قطعهٔ فلزی میان صفحات خازن را برداریم و به فرض صفحه P دارای بار مثبت و صفحه Q دارای بار منفی باشد، اختلاف پتانسیل نقاط مختلف محور x از بیشترین مقدار در $x = 0$ (روی صفحه P) تا کمترین مقدار روی صفحهٔ Q به طور خطی تغییر می‌کند. خطی بودن تغییرات اختلاف پتانسیل

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۲۱ ـ نمودار اختلاف پتانسیل یک جسم فلزی معیّن (نسبت به یک نقطه خاص) بر حسب بار الکتریکی آن در شکل (۹ ـ ۵۷) نشان داده شده است. در حالی که بار جسم q_1 است، اختلاف پتانسیل آن V_1 است. اگر بخواهیم بار الکتریکی جسم را اضافه کنیم، می‌توان بار الکتریکی کوچک dq را از نقطه‌ای که اختلاف پتانسیل جسم را نسبت به آن سنجیده‌ایم به جسم منتقل کرد. با این کار مختصات بار ـ اختلاف پتانسیل جسم، کمی جابه‌جا می‌شود. اگر از تغییر اختلاف پتانسیل جسم در اثر اضافه‌شدن بار کوچکی به آن، به تقریب چشم‌پوشی کنیم و آن را همچنان V_1 بگیریم، بار dq، مسیری با اختلاف پتانسیل V_1 را پیموده است و برای انتقال این بار به جسم، یک عامل خارجی باید کار $V_1\,dq$ را انجام دهد. این مقدار کار که به افزایش انرژی الکتریکی جسم فلزی می‌انجامد، با مساحت نوار هاشور خورده در شکل (۹ ـ ۵۷) برابر است. برای انتقال بارهای کوچک بعدی به جسم، همین روش را می‌توان تکرار کرد و هر بار معادل مساحت کوچکی از زیر نمودار بار ـ اختلاف پتانسیل به انرژی جسم فلزی افزوده می‌شود. بنابراین مساحت زیر نمودار یاد شده با انرژی الکتریکی جسم برابر است و به این ترتیب گزینهٔ (ب) درست است. از راه دیگری نیز می‌توان به این نتیجه رسید. مساحت زیر نمودار حاصل ضرب دو کمیت بار در اختلاف پتانسیل است. با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل (کار انجام شده برای انتقال واحد بار میان دو نقطه با اختلاف پتانسیل معیّن) این حاصلضرب از جنس کار یعنی انرژی است.



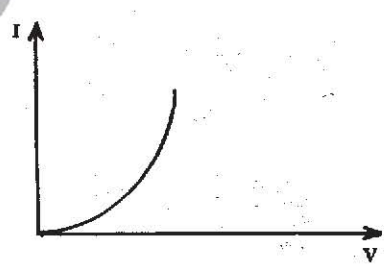
شکل (۹ ـ ۵۷)

۲۲ ـ با هر اختلاف پتانسیل معیّن در سر یک مقاومت کربنی، جریان الکتریکی معیّنی از آن می‌گذرد و در مقاومت گرما به وجود می‌آید. چنانچه مقاومت کربنی عایق پوش نشده باشد، به علت اختلاف دمای آن با دمای محیط در واحد زمان مقداری گرما از دست می‌دهد. چنانچه اختلاف پتانسیل ثابت نگاهداشته شود، پس از مدتی تعادل گرمایی میان مقاومت و

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

محیط به وجود می‌آید، یعنی به هر میزان که گرما بر اثر عبور جریان در مقاومت ایجاد شود، به همان میزان به محیط گرما داده می‌شود. از آنجا که گرمایی که به محیط داده می‌شود به دمای مقاومت بستگی دارد، در یک محیط مشخص، دمای مقاومت نیز معیّن و ثابت خواهد ماند. در این حالت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به جریانی که از آن می‌گذرد، مقدار مشخصی است که مقاومت جسم را در آن دما به دست می‌دهد. اگر اختلاف پتانسیل را کمی افزایش دهیم و مدت کافی صبر کنیم، باز هم مقاومت با محیط اطراف خود به تعادل گرمایی می‌رسد. در ابتدا که اختلاف پتانسیل را افزایش می‌دهیم، چون دما هنوز تغییر چندانی نکرده است، مقاومت همان مقدار قبلی را دارد و با استفاده از رابطهٔ $P = \frac{V^2}{R}$ می‌توان دریافت که در واحد زمان گرمای بیشتری در مقاومت به وجود می‌آید. آشکار است که برای رسیدن به تعادل گرمایی با محیط، باید گرمای بیشتری به محیط داده شود که تنها با بالارفتن دمای جسم امکان پذیر است، زیرا هرچه تفاوت دمای جسم با محیط بیشتر باشد، جسم گرمای بیشتری در واحد زمان از دست می‌دهد. با افزایش دمای مقاومت کربنی، مقاومت آن پایین می‌آید و گرمای تولید شده در واحد زمان باز هم بیشتر می‌شود. بنابراین با افزایش اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت کربنی، دمای آن بالا رفته و مقاومت آن پایین می‌آید. اگر افزایش اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به آرامی انجام شود، این پدیده تکرار می‌شود و در نمودار اختلاف پتانسیل ـ جریان باید نسبت $R = \frac{V}{I}$ با افزایش V کم شود. چنین نموداری مطابق شکل (۹ ـ ۵۸) خواهد بود که شبیه نمودار گزینهٔ (ج) است. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است و سایر گزینه‌ها که با این نمودار تطابق ندارد درست نیست.

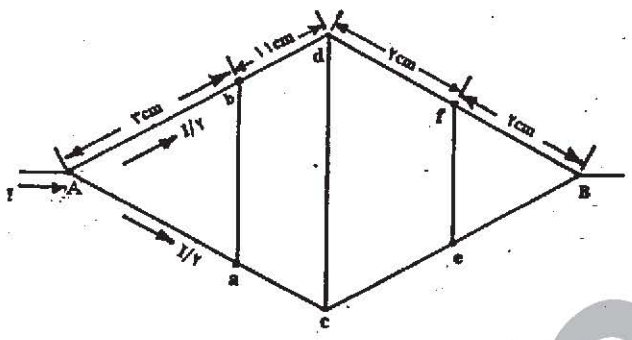


شکل (۹ ـ ۵۸)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۲۳ ـ مدار مورد نظر در شکل (۹ ـ ۵۹) رسم شده است. مدار از یک لوزی تشکیل شده است که سه قطعه سیم قائم قسمت بالایی لوزی را به قسمت پایینی آن متصل کرده است. اگر این سه رشته سیم قائم را حذف کنیم، تنها یک لوزی باقی می‌ماند و جریان I که به نقطه A می‌رسد به دو قسمت مساوی $\frac{I}{۲}$ تقسیم می‌شود. برای تعیین اثر افزودن سیمهای قائم به مدار، اختلاف پتانسیل میان دو نقطه d و c را حساب می‌کنیم. داریم:



شکل (۹ ـ ۵۹)

$$V_{Ad} = V_A - V_d = \frac{I}{۲} r_{Ad}$$

$$V_{Ac} = V_A - V_c = \frac{I}{۲} r_{Ac}$$

$$\Rightarrow V_d - V_c = \frac{I}{۲}(r_{Ac} - r_{Ad}) = ۰$$

نتیجه نهایی بر این اساس به دست آمده است که مقاومت دو ضلع لوزی با یکدیگر برابر است. اگر سیم dc را جای خود قرار دهیم، هیچ جریانی از آن نمی‌گذرد، زیرا اختلاف پتانسیل دو سر آن صفر است. بنابراین با قراردادن سیم dc، باز هم جریان در شاخه بالایی و پایینی لوزی یکسان است. با همین استدلال می‌توان دریافت که قراردادن سیمهای ab و ef تأثیری در مدار ندارد و عملکرد مدار به همان صورت لوزی باقی می‌ماند. برای محاسبه مقاومت معادل میان دو نقطه A و B داریم:

$$\frac{۱}{R} = \frac{۱}{R_{AdB}} + \frac{۱}{R_{AcB}}$$

$$R_{AdB} = R_{AcB} = ۸ \times ۱۰ = ۸۰\ \Omega$$

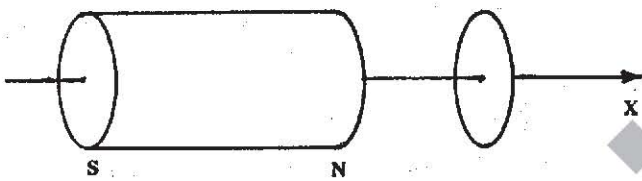
$$R = ۴۰\ \Omega$$

بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۲۴ ـ آهنربا و حلقهٔ مورد نظر در شکل (۹ ـ ۶۰) رسم شده است. هنگامی که قطب N به حلقه نزدیک می‌شود شار مغناطیسی که از حلقه می‌گذرد تغییر می‌کند و به این دلیل

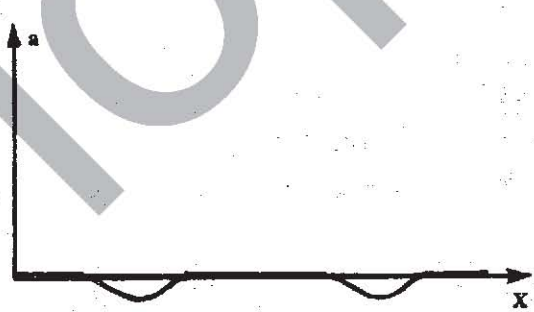


شکل (۹ ـ ۶۰)

جریان القایی در حلقه به وجود می‌آید. این جریان بنا به قانون لنز در جهتی است که با عامل مولد آن که نزدیک‌شدن قطب N است مخالفت می‌کند. به این ترتیب حرکت آهنربا کند می‌شود. چون سرعت آهنربا در جهت مثبت محور x است و علامت شتاب حرکت کند شونده باید مخالف علامت سرعت باشد، پس شتاب آهنربا در این قسمت منفی است.

هنگامی که قسمت میانی آهنربا از حلقه می‌گذرد، شار مغناطیسی که از حلقه عبور می‌کند، تقریباً ثابت است. بنابراین جریان القایی در حلقه در این زمان صفر است و با حرکت آهنربا مخالفتی نمی‌شود، یعنی شتاب حرکت در این موقع صفر است.

هنگام خروج آهنربا از سمت راست حلقه، باز هم شار مغناطیسی که از حلقه می‌گذرد تغییر می‌کند و جریان القایی در حلقه به وجود می‌آید. آشکار است که باز هم شتاب حرکت آهنربا کند شونده خواهد بود و در این قسمت از حرکت هم شتاب منفی است. به این ترتیب نمودار شتاب آهنربا در قسمتهای مختلف محور x مانند شکل (۹ ـ ۶۱) یعنی مشابه گزینهٔ (الف) خواهد بود. پس در این سؤال گزینهٔ (الف) درست است و سایر گزینه‌ها که با این شکل مغایر است درست نیست.

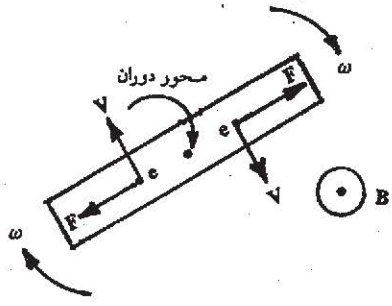


شکل (۹ ـ ۶۱)

۲۵ ـ در شکل (۹ ـ ۶۲) میلهٔ رسانا و میدان مغناطیسی یکنواخت نشان داده شده است. در دو

iopm.ir

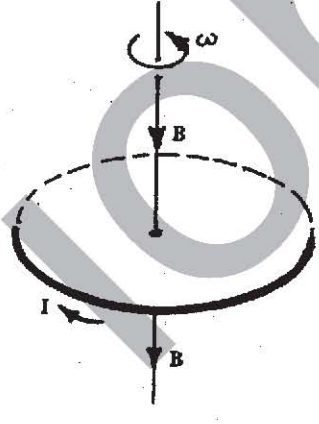
Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۹ ـ ۶۲)

طرف محور دوران که از وسط میله می‌گذرد و با میدان مغناطیسی B موازی است، دو الکترون آزاد که در رساناها وجود دارد، در نظر گرفته شده است. سرعت این الکترونها با V نشان داده شده است. بر این بارهای الکتریکی متحرک در میدان‌مغناطیسی نیروی لورنتس وارد می‌شود که جهت آن با قاعده دست راست معیّن می‌شود و با F نشان داده است. بنابراین الکترونها به طرف دو انتهای میلهٔ رسانا رانده می‌شوند و جای خالی آنها در اطراف محور دوران بار مثبت ظاهر می‌شود. پس از مدتی که مقداری بار منفی در دو طرف میله و مقداری بار مثبت در وسط میله ظاهر شد، حالت تعادل به وجود می‌آید. زیرا در آن موقع علاوه بر نیروی مغناطیسی وارد بر الکترونهای متحرک، نیروی الکتریکی مربوط به بارهای منفی دو سر میله و بارهای مثبت وسط آن نیز بر الکترونهای متحرک اثر می‌کند و برآیند نیروهای وارد بر آن صفر می‌شود. با این توضیحات آشکار است که گزینهٔ (ب) درست است.

۲۶ ـ چون حلقهٔ مورد نظر نارسانا است، با دوران آن، توزیع بارهای الکتریکی روی آن به هم نمی‌خورد و به همان صورت یکنواخت روی حلقه می‌ماند هر قسمت از حلقه بار الکتریکی کمی دارد و با دوران حلقه، این قسمت روی یک دایرهٔ افقی می‌گردد و یک حلقه جریان افقی به وجود می‌آید. یکی از این حلقه‌ها در شکل (۹ ـ ۶۳) نشان داده شده است. جهت جریان در این حلقه با توجه به منفی بودن بار الکتریکی تعیین شده است. می‌دانیم جریان الکتریکی در یک حلقه، میدان مغناطیسی به وجود می‌آورد و این میدان در نقاط مختلف محور حلقه، بر محور حلقه منطبق است و جهت آن با قاعدهٔ دست راست معیّن می‌شود. در شکل (۹ ـ ۶۳) جهت میدان مغناطیسی با این قاعده مشخص شده است. هریک از حلقه‌های دیگر جریان که به این ترتیب به وجود



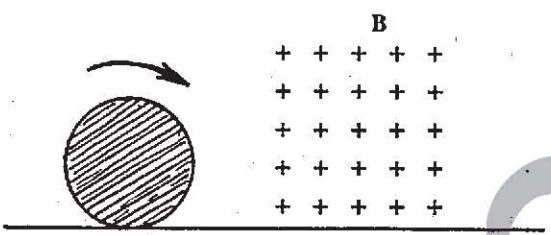
شکل (۹ ـ ۶۳)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

می‌آید، میدان مغناطیسی مشابهی روی محور دوران درست می‌کند و در نتیجه میدان مغناطیسی کل در مرکز حلقه باردار روی محور دوران و به طرف پایین خواهد بود. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۲۷ ـ قرص مسی و میدان مغناطیسی در شکل (۹ ـ ۶۴) نشان داده شده است. تا هنگامی که کنارهٔ قرص مسی به لبه چپ میدان مغناطیسی می‌رسد، هیچ شار مغناطیسی از صفحهٔ مسی نمی‌گذرد. با واردشدن صفحهٔ مسی به ناحیه‌ای که در آن میدان مغناطیسی وجود دارد، شار معیّنی از صفحهٔ مسی می‌گذرد و در نتیجه شار مغناطیسی که از صفحه می‌گذرد تغییر می‌کند. با تغییر شار مغناطیسی جریان القایی در صفحه به وجود می‌آید. بنا به قانون لنز جهت جریان القایی به نحوی است که با عامل مولد آن که همان واردشدن صفحهٔ مسی در میدان مغناطیسی است، مخالفت کند، یعنی باید حرکت صفحهٔ مسی را کُند کند.



شکل (۹ ـ ۶۴)

در زمانی که تمام صفحهٔ مسی در میدان مغناطیسی قرار دارد، شار مغناطیسی که از صفحهٔ مسی می‌گذرد تغییر نمی‌کند و این حالت تا لحظه‌ای که کناره صفحه به لبه راست میدان مغناطیسی برسد ادامه دارد. هنگام خروج صفحهٔ مسی از کناره راست میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی شروع به کاهش می‌کند و با همان استدلال قبلی می‌توان دریافت که حرکت صفحهٔ مسی باز هم کُند می‌شود. بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

۲۸ ـ در شکل (۹ ـ ۶۴)، هنگام ورود صفحهٔ مسی به ناحیه‌ای که در آن میدان مغناطیسی وجود دارد، شار مغناطیسی که از صفحهٔ مسی می‌گذرد زیاد می‌شود. باید جریان القایی ایجاد شده در صفحهٔ مسی به نحوی باشد که میدان مغناطیسی حاصل از آن، برخلاف جهت میدان مغناطیسی خارجی باشد، تا با افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند. یعنی جهت جریان القایی طوری باشد که میدان مغناطیسی حاصل از آن به طرف بیرون باشد با قاعده دست راست می‌توان دریافت که در این حالت جریان القایی در خلاف جهت عقربه‌های ساعت

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

است. هنگام بیرون آمدن صفحهٔ مسی از میدان مغناطیسی شار مغناطیسی در حال کم شدن است و باید جهت جریان القایی طوری باشد که با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند، یعنی میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی با میدان مغناطیسی خارجی هم جهت باشد. آشکار است که جهت جریان القایی در این هنگام در جهت عقربه‌های ساعت خواهد بود. بنابراین گزینهٔ (د) درست است.

امام صادق علیه السلام به نقل از پیامبر اکرم (ص) فرمود:

أَعْلَمَ النّاسِ مَنْ جَمَعَ عِلْمَ النّاسِ إلیٰ عِلْمِهِ وَ أَكْثَرَ النّاسِ قيمَةً أَكْثَرُ هُمْ عِلْماً، وَ أَقَلَّ النّاسِ قيمَةً أَقَلُّهُمْ عِلماً.

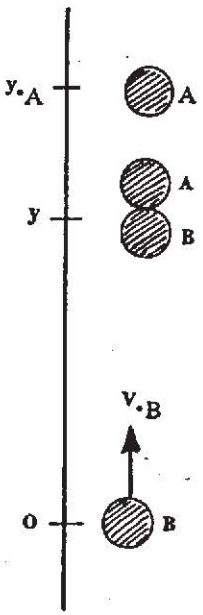
داناترین مردمان کسی است که دانش دیگران را با دانش خویش جمع کند و ارزشمندترین مردم کسی است که علم بیشتر داشته باشد و کم ارزشمندترین آنان کسی است که دانش کمتر داشته باشد.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

پاسخ مسأله‌های کوتاه

۲۹ ـ در شکل (۹ ـ ۶۵) محور مختصات قائم y نشان داده شده است. مبدأ مختصات را روی سطح زمین می‌گیریم و معادله حرکت دو گلوله را می‌نویسیم. داریم:



شکل (۹ ـ ۶۵)

$$y_A = -\frac{1}{2}gt^2 + y_{\circ A}$$

$$y_B = -\frac{1}{2}gt^2 + V_{\circ B}t$$

در معادله بالا y_A و y_B فاصله گلوله‌ها از مبدأ مختصات، یعنی زمین در هر لحظه است. هنگامی که دو گلوله به هم می‌رسند، یعنی هر دو در یک فاصله از مبدأ قرار دارند، داریم:

$$y_A = y_B \Rightarrow y_{\circ A} = V_{\circ B}t = ۲۴ \Rightarrow V_{\circ B} = \frac{۲۴}{t}$$

رابطهٔ سرعت دو گلوله به ترتیب زیر است:

$$V_A = -gt + \circ$$

$$V_B = -gt + V_{\circ B}$$

در لحظه برخورد سرعت گلوله A دو برابر سرعت گلوله B است ولی باید توجه داشت که گلولهٔ B در حال بالارفتن و گلولهٔ A در حال پایین آمدن است. داریم:

$$V_A = -۲V_B \Rightarrow -gt = ۲gt - ۲V_{\circ B}$$

$$V_{\circ B} = \frac{۳}{۲}gt = \frac{۲۴}{t} \Rightarrow \frac{gt^2}{۲} = ۸$$

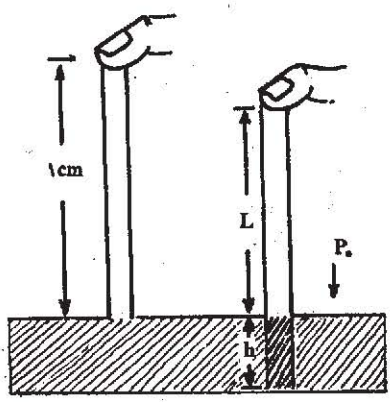
$$y_A = -۸ + ۲۴ = ۱۶\,m$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

بنابراین محل برخورد گلوله‌ها ۱۶ m از مبدأ مختصات که بر زمین منطبق است، فاصله دارد. بنابراین پاسخ درست بر حسب متر (۱۶) است.

۳۰ـ در شکل (۹ ـ ۶۶) وضعیت لوله در دو حالت نشان داده شده است. در سمت چپ لبه پایینی لوله مماس با آب قرار گرفته و دهان لوله را با انگشت بسته‌ایم. به این ترتیب هوای معیّنی با فشار P_0 داخل لوله قرار گرفته‌است. در سمت راست، لوله را در حالی که دهانه آن بسته است در آب فرو برده‌ایم به طوری که آب در لوله هم سطح آب بیرون است. اگر در این حالت انگشت خود را از دهانهٔ لوله برداریم، فشار هوای درون لوله به P_0 می‌رسد و به علت مویینگی آب تاارتفاع ۱۰ cm در لوله بالا می‌آید. بنابراین درحالتی که دهانهٔ لوله بسته است، فشار هوای درون لوله از P_0، به اندازه فشار ستونی از آب، به ارتفاع ۱۰ cm بیشتر است که آب درون لوله هم سطح آب بیرون شده است.برای هوای درون لوله در شکل سمت چپ و راست، معادله گازها را می‌نویسیم. داریم:



شکل (۹ ـ ۶۶)

$$P_0 \times 1 \times s = (P_0 + 0/1)\ell \times s$$

در رابطهٔ بالا فشار را برحسب ارتفاع آب‌نوشته‌ایم. با قراردادن مقدار P_0 برحسب ارتفاع آب داریم:

$$10 \times 1 = 1/1\ell \Rightarrow \ell = 0/9900\ \text{m}$$

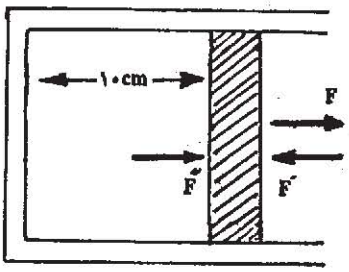
$$h = \ell - 0/99 = 1 - 0/99 = 0/01\ \text{m} = 10\ \text{mm}$$

بنابراین انتهای پایینی لوله باید ۱۰ mm در آب فرو رود.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۳۱ ـ استوانهٔ محتوی گاز و پیستون آن در شکل (۹ ـ ۶۷) نشان داده شده است. چون پیستون بدون اصطکاک است و در نتیجه با کمترین نیرو حرکت می‌کند، در حالت تعادل برآیند نیروهای وارد بر پیستون صفر است. بر پیستون دو نیروی F'' از طرف گاز درون استوانه و F' از طرف هوای بیرون وارد می‌شود.



شکل (۹ ـ ۶۷)

نیرویی که پیستون بر هوای بیرون وارد می‌کند، با F نشان داده شده و عکس‌العمل نیروی F' است. هنگامی که پیستون در اثر گرم کردن گاز به راست حرکت می‌کند، هوا را پس می‌زند و روی آن کار انجام می‌دهد. چون پیستون به آرامی حرکت می‌کند، باز هم برآیند نیروهای وارد بر آن را می‌توان صفر گرفت. بنابراین هنگام حرکت پیستون نیروی F ثابت می‌ماند. کار انجام شده روی هوا چنین است.

$$W = Fd = Psd = ۱۰^{۵} \times ۲۲۴ \times ۱۰^{-۴} \times ۰/۰۱ = ۲۲/۴\,J$$

چون باید پاسخ را گرد کرد، پاسخ درست ۲۲ ژول است.

۳۲ ـ ابتدا با استفاده از معادله حالت گاز کامل، دمای بعدی گاز را محاسبه می‌کنیم. چون تغییر دما در فشار ثابت انجام شده است، داریم:

$$\frac{V_۱}{T_۱} = \frac{V_۲}{T_۲}$$

$$\frac{۱۰s}{۲۷۳} = \frac{۱۱s}{T_۲} \Rightarrow T_۲ = ۲۷۳ \times ۱/۱ = ۳۰۰\,K$$

می‌دانیم هر مول گاز در شرایط متعارفی (دمای ۲۷۳K و فشار $۱۰^{۵}Pa$) ۲۲/۴ لیتر است. گاز موجود در استوانه در شرایط متعارفی $۲۲۴۰\,cm^{۳}$ یعنی ۲/۲۴ لیتر، حجم دارد و در نتیجه ۰/۱ مول است.

$$\Delta T = ۳۰۰ - ۲۷۳ = ۲۷K$$

$$Q = C\Delta T = ۰/۱ \times ۱۰ \times ۲۷ = ۲۷J$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۳۳ ـ در شکل (۹ ـ ۶۸) عدسی دوربین نشان داده است و گلوله عمود بر محور عدسی با سرعت V حرکت می‌کند. تصویر

شکل (۹ ـ ۶۸)

گلوله در هر لحظه به صورت نقطه‌ای روی فیلم ثبت خواهد شد. هنگامی که گلوله پیش می‌رود تصاویر پیاپی از آن روی فیلم ثبت و تصویر نهایی به صورت خط درخواهد آمد. اگر مدت زمانی که دریچه دوربین باز است، t باشد، در این مدت گلوله فاصله Vt را پیموده و طول تصویر از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$i = Vt\frac{q}{p} \Rightarrow t = \frac{Pi}{Vq}$$

در رابطهٔ بالا q و p به ترتیب فاصله گلوله و تصویر از عدسی دوربین است و برای محاسبه p داریم:

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۲۶۰۰} - \frac{۱}{۱/۳} = \frac{۱}{q} \Rightarrow q = ۱/۳\,cm$$

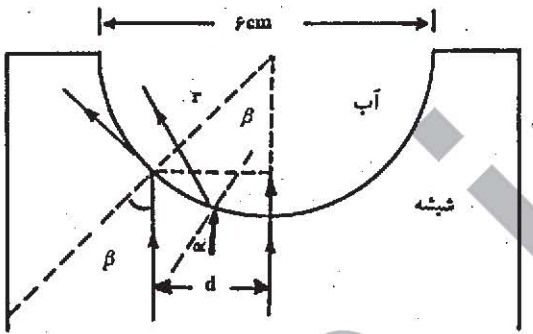
$$t = \frac{۲۶۰۰ \times ۰/۲}{\frac{۷۲۰ \times ۱۰^۵}{۳۶۰۰} \times ۱/۳} = ۰/۰۲\,s = ۲۰\,ms$$

۳۴ ـ در شکل (۹ ـ ۶۹) گودی نیمکره شکل شیشه‌ای که با آب پر شده نشان داده شده است. پرتویی که راستای آن از مرکز نیمکره می‌گذرد، بدون شکست وارد آب می‌شود، زیرا در این نقطه زاویه تابش صفر است. پرتو دیگری که با زاویه تابش α به سطح جدایی شیشه و آب برمی‌خورد، نیز در شکل نشان داده شده است و این پرتو وارد آب می‌شود. پرتویی با زاویه تابش β در شکل نشان داده شده که زاویه شکست ۹۰° شده است. پرتویی که با زاویه تابش بزرگتر از β به سطح جدایی شیشه و آب بتابد، وارد آب نشده و روی این سطح بازتاب می‌کند. بنابراین دسته پرتویی که از شیشه وارد آب می‌شود، قطرش d ۲ است. برای محاسبه d داریم:

$$n_g \,Sin\beta = n_w \,Sin\frac{\pi}{۲}$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

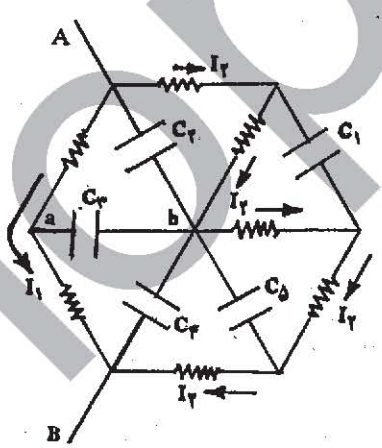


شکل (۹ ـ ۶۹)

در رابطهٔ بالا n_g و n_w به ترتیب ضریب شکست شیشه و آب است. از شکل (۹ ـ ۶۹) پیداست که $\text{Sin}\beta = \frac{d}{r}$

$$۱/۵\frac{d}{۳} = ۱/۳ \times ۱ \Rightarrow d = ۲/۶\,cm$$
$$۲d = ۵/۲\,cm = ۵۲\,mm$$

۳۵ ـ مدار مورد نظر در شکل (۹ ـ ۷۰) نشان داده شده است. پس از مدتی خازنها پر شده و دیگر جریانی از آنها نمی‌گذرد. میان دو نقطهٔ A و B، دو مسیر برای عبور جریان الکتریکی از مقاومتها وجود دارد و جریانهای $I_۱$ و $I_۲$ که در شکل نشان داده شده است از آنها می‌گذرد. برای محاسبهٔ بار خازن $C_۳$ لازم است اختلاف پتانسیل دو سر آن یعنی نقاط a و b را به دست آوریم. نقطه a وسط مسیری است که جریان $I_۱$ از آن می‌گذرد. بنابراین اختلاف پتانسیل میان a و A، نصف اختلاف میان B و A، یعنی ۱۱۰ ولت است. در مسیری که جریان $I_۲$



شکل (۹ ـ ۷۰)

iopm.ir

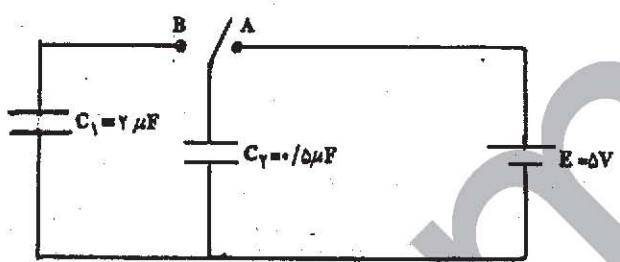
Institute Of Physics & Mathematics

می‌گذرد، ۵ مقاومت یکسان وجود دارد. بنابراین اختلاف پتانسیل میان b و A، $\frac{۲}{۵}$ اختلاف پتانسیل میان B و A، یعنی $\frac{۲}{۵} \times ۲۲۰ = ۸۸\,V$ است. اکنون می‌توان V_{ba} و در نتیجه بار خازن $C_۳$ را حساب کرد. داریم:

$$V_{ba} = V_b - V_a = ۸۸ - ۱۱۰ = -۲۲\,V$$

$$Q_۳ = C_۳ V_{ba} = ۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۲۲ = ۴۴ \times ۱۰^{-۶}\,C = ۴۴\mu C$$

۳۶ ـ مدار مورد نظر در شکل (۹ ـ ۷۱) رسم شده است. هنگامی که کلید به نقطهٔ A وصل می‌شود، خازن $C_۲$ تا اختلاف پتانسیل ۵ V پر می‌شود. با اتصال کلید به نقطهٔ B، بخشی از بار



شکل (۹ ـ ۷۱)

خازن $C_۲$ به خازن $C_۱$ می‌رود تا اختلاف پتانسیل هر دو خازن یکسان شود. چون بار خازن $C_۲$ کم می‌شود، اختلاف پتانسیل دو سر آن و در نتیجه دو سر خازن $C_۱$، از ۵ V کمتر خواهد شد. با اتصال مجدد کلید به نقطهٔ A، خازن $C_۲$ دوباره تا اختلاف پتانسیل ۵ V پر می‌شود و با اتصال کلید به نقطهٔ B، اختلاف پتانسیل خازن $C_۱$ کمی بالا می‌رود. اگر اتصال کلید به نقطهٔ A و سپس B، ادامه یابد، هر مرتبه بار خازن $C_۱$ زیاد می‌شود و این کار تا هنگامی که خازن $C_۱$ با خازن $C_۲$ هم پتانسیل شود ادامه می‌یابد. بنابراین در نهایت اختلاف پتانسیل خازن $C_۱$ نیز همان ۵ V خواهد شد و بار نهایی خازن $C_۱$ از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$Q_۱ = ۵ \times ۲ \times ۱۰^{-۶}\,C = ۱۰\mu C$$

iopm.ir