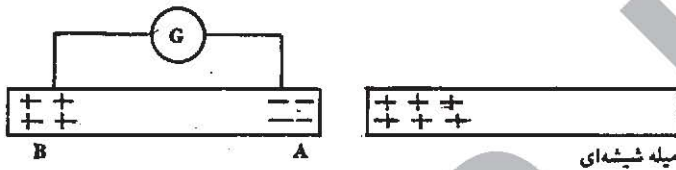


پاسخ سؤالهای چندگزینه‌ای

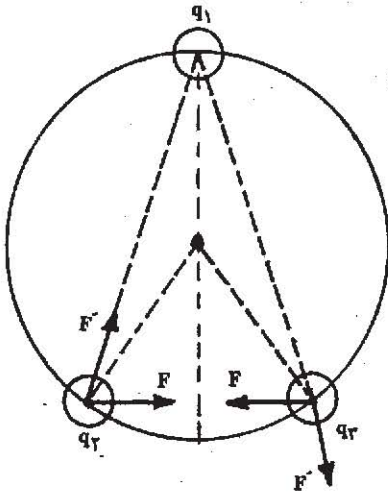
۱- میلهٔ باردار و میلهٔ رسانای AB در شکل (۱۰ - ۳۷) نشان داده شده است.



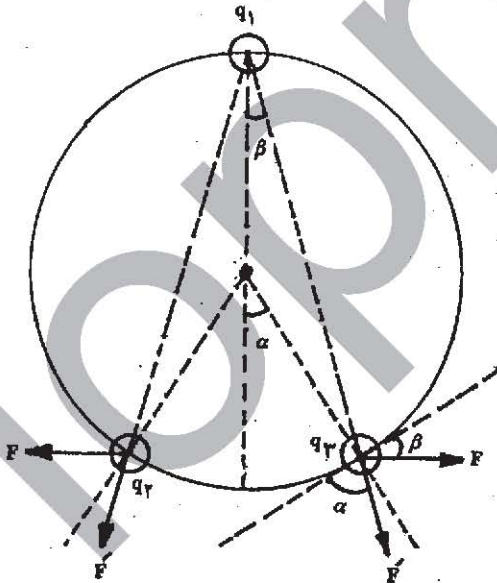
شکل (۱۰ - ۳۷)

هنگامی که میلهٔ شیشه‌ای باردار را به میلهٔ فلزی (میلهٔ فلزی باید روی پایه نارسانا قرار داشته باشد) نزدیک می‌کنیم، الکترونهای آزاد موجود در فلز به طرف بار مثبت شیشه کشیده می‌شوند و جای خالی آنها، به صورت بارهای مثبت در سر B می‌ماند. در حال تعادل توزیع بار در میلهٔ AB، به نحوی است که تمام نقاط آن هم پتانسیل شوند. زیرا اگر نقاط مختلف میلهٔ فلزی، هم پتانسیل نباشد، بارهای آزاد موجود در آن از نقاط با پتانسیل پایین به نقاط با پتانسیل بالاتر می‌روند و جریانی در میله وجود خواهد داشت که مغایر حالت تعادل است. نحوهٔ توزیع بار برای هم پتانسیل شدن نقاط مختلف، به شکل هندسی میلهٔ فلزی بستگی دارد و با تغییر شکل هندسی، توزیع بارها در حالت تعادل تغییر خواهد کرد. هنگامی که گالوانومتر را به دو نقطهٔ A و B وصل می‌کنیم، در حقیقت شکل هندسی میلهٔ فلزی را تغییر داده‌ایم و با این کار توزیع بار کمی تغییر خواهد کرد تا مجدداً نقاط مختلف میله و گالوانومتر هم پتانسیل شود. بنابراین قسمت‌های مختلف گالوانومتر نیز در حالت تعادل است و جریانی از آن نمی‌گذرد. به این ترتیب گزینهٔ (ب) پاسخ درست است. گزینهٔ (الف) با اصل بقای انرژی سازگار نیست. زیرا در صورتی که جریان دائمی از گالوانومتر بگذرد، می‌توان دائماً از مدار انرژی گرفت.

۲- در شکل (۱۰ - ۳۸) حلقه و مهره‌های تسبیح در حال تعادل نشان داده شده است. اگر فرض کنیم $q_۲$ و $q_۳$ علامت مخالف هم دارند. نیروی میان آنها جاذبه خواهد بود که در شکل با F



شکل (۱۰-۳۸)



شکل (۱۰-۳۹)

مشخص شده است. بار q_1 هر علامتی داشته باشد، بر یکی از بارهای q_2 و q_3 نیروی جاذبه وارد می‌کند و دیگری را می‌راند.

این نیروها با F' مشخص شده است. چون مهره‌های تسبیح در حال تعادل هستند، باید برآیند نیروی وارد بر آنها، در راستای مماس بر دایره مؤلفه‌ای نداشته باشد. زیرا مؤلفه مماس بر دایره به علت نبودن نیروی اصطکاک،

مهره‌ها را روی حلقه جابه‌جا می‌کند. از شکل (۱۰-۳۸)

پیداست که اگر نیروهای وارد بر بار q_2 یعنی F و F' با داشتن اندازه مناسب، مؤلفه مماس بر دایره نداشته باشد، در مورد نیروهای وارد بر بار q_3 چنین چیزی ممکن نیست. بنابراین باید علامت بارهای q_2 و q_3 یکسان باشد. در

شکل (۱۰-۳۹)

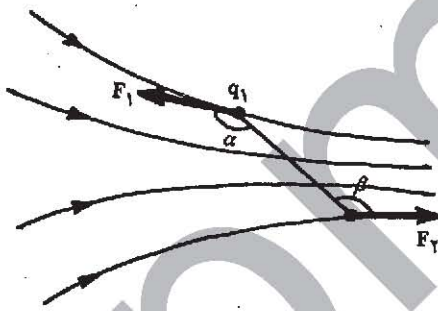
مهره‌ها با این فرض نشان داده شده‌اند. از این شکل نیز پیداست که اگر بار q_1 با بارهای q_2 و q_3 هم علامت نباشد، مؤلفه نیروهای وارد بر بارهای q_2 و q_3 در راستای مماس بر دایره

صفر نخواهد شد. برای صفر شدن مؤلفه مماس بر دایره باید رابطه زیر برقرار باشد.

$$F' \cos \alpha = F \cos \beta$$

$$\beta < \alpha \rightarrow \cos \beta > \cos \alpha \rightarrow F < F'$$

چون فاصله بار q_p از q_m که نیروی F را بر آن وارد می‌کند، از فاصله بار q_1 تا q_p که نیروی F' را بر آن وارد می‌کند، کمتر است، لازم است بار q_1 از بار q_p بزرگتر باشد. بنابه تقارن بار q_p و q_1 باید برابر باشد. در نتیجه بار q_1 نیز از بار q_p باید بزرگتر باشد. در گزینه‌های (الف) و (ج) هم علامت بودن هر سه بار وجود دارد ولی رابطه درست میان اندازه بارها تنها در گزینه (ج) مشاهده می‌شود. بنابراین گزینه (ج) درست است.



شکل (۱۰ - ۴۰)

۳ - میدان الکتریکی

مورد نظر و بارهای

الکتریکی q_1 و q_2

در شکل (۱۰ - ۴۰)

نشان داده شده

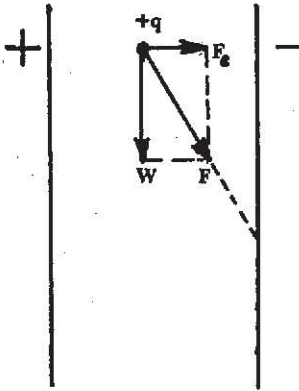
است. چون در

محل بار q_1 ،

خطوط میدان

فاصله بیشتری دارند، میدان الکتریکی در این ناحیه از جایی که بار q_p قرار دارد، کوچکتر است. علاوه بر آن چون اندازه بار q_1 از اندازه بار q_p بزرگتر است، ممکن است اندازه نیروی وارد بر دو بار الکتریکی یکسان باشد. ولی این دو نیرو هیچگاه هم راستا نخواهد بود، زیرا جهت میدان در محل دو بار، با هم تفاوت دارد. چون برآیند دو نیروی غیر هم جهت، حتی اگر اندازه‌شان یکی باشد، ممکن نیست صفر باشد. پس $F \neq 0$ است.

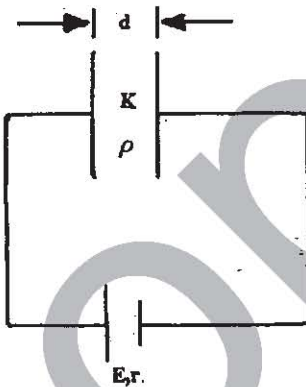
از شکل (۱۰ - ۴۰) پیداست که هر کدام از دو نیروی F_1 و F_2 گشتاوری نسبت به وسط میله بر آن وارد می‌کنند که جهت هر دو عمود بر صفحه کاغذ به طرف بالا است. بنابراین گشتاور τ نیز ممکن نیست صفر باشد. بنابراین نیروی وارد بر میله و نیز گشتاور وارد بر آن هر دو غیر صفراند و در نتیجه گزینه (الف) درست است.



شکل (۱۰-۴۱)

۴- در شکل (۱۰-۴۱) بار الکتریکی $+q$ میان صفحات رسانا نشان داده شده است. بر این بار دو نیروی وزن w و نیروی الکتریکی F_e وارد می شود و برآیند آنها با F نشان داده شده است. چون بار الکتریکی را میان صفحات رها می کنیم، سرعت اولیه ندارد. در این حالت بار در راستای شتاب که همان راستای F است. سرعت می گیرد و مسیر مستقیمی را منطبق بر راستای F می پیماید و به طرف صفحه منفی می رود. بنابراین گزینه (ج) درست است.

۵- مدار مورد نظر در شکل (۱۰-۴۲) رسم شده است. اگر دی الکتریک میان صفحات خازن کاملاً عایق بود، بار الکتریکی روی صفحات خازن جمع می شد ولی هیچ جریانی از دی الکتریک نمی گذشت. در حالتی که دی الکتریک کاملاً عایق نباشد، علاوه بر آنکه بار الکتریکی روی صفحات خازن جمع می شود، جریانی هم از دی الکتریک می گذرد. در این حالت دی الکتریک میان صفحات مانند مقاومتی عمل می کند که دو صفحه خازن را به یکدیگر متصل کرده باشد. مدار معادل برای چنین مداری در شکل (۱۰-۴۳) رسم شده است.



شکل (۱۰-۴۲)

مقاومت دی الکتریک با طول d و سطح مقطع A و مقاومت ویژه ρ چنین است.

$$R = \rho \frac{d}{A}$$

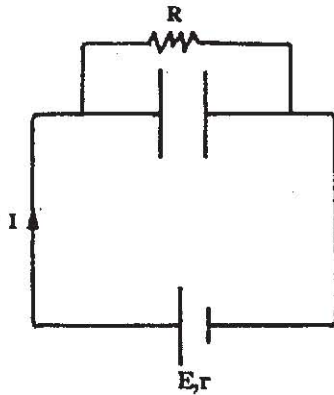
برای جریانی که از مدار می گذرد داریم:

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{E}{r + \frac{\rho d}{A}}$$

بار الکتریکی روی صفحات خازن چنین است.

$$Q = CV = \frac{\epsilon_0 KA}{d} IR$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 KA}{d} \frac{EA}{rA + \rho d} \frac{\rho d}{A} = \frac{E \rho \epsilon_0 KA}{Ar + \rho d}$$



شکل (۱۰-۴۳)

این پاسخ در گزینه (ب) آمده است.

۶- بارهای نقطه‌ای q_1 و q_2

و میدان حاصل از آنها

در شکل (۱۰-۴۴)

مشخص شده است.

میدان حاصل از بار q_1

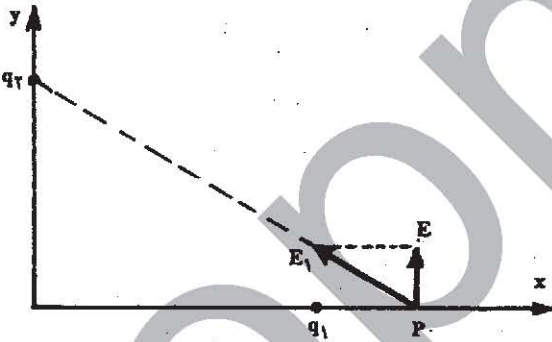
در نقطه P، تنها دارای

مؤلفه x است و مؤلفه y

ندارد. بنابراین مؤلفه y

میدان الکتریکی

برآیند، تنها ناشی از بار



شکل (۱۰-۴۴)

q_2 است. برای آنکه بار q_2 میدان الکتریکی در جهت محور y ایجاد کند، باید

منفی باشد. پس داریم $q_2 < 0$. چون مؤلفه x میدان برآیند صفر است، باید میدان حاصل از

بار q_1 مؤلفه x میدان الکتریکی حاصل از بار q_2 را خنثی کند. از شکل (۱۰-۴۴) پیداست

که باید میدان الکتریکی حاصل از بار q_1 در جهت مثبت محور x باشد، یعنی $q > 0$ باشد.

چون فاصله بار q_1 تا نقطه P از فاصله بار q_2 از نقطه P بیشتر است و علاوه بر آن میدان

حاصل از بار q_1 باید با مؤلفه‌ای از میدان حاصل از بار q_2 برابر باشد، باید اندازه بار q_2 از

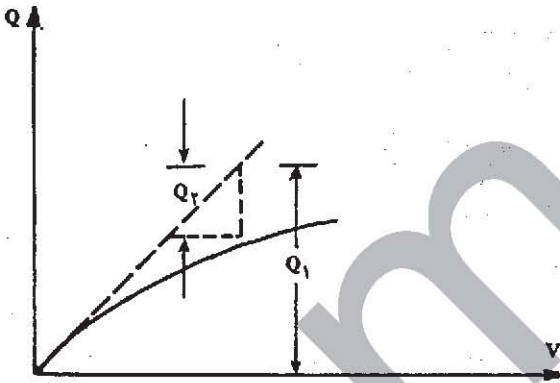
اندازه بار q_1 بزرگتر باشد. یعنی $|q_2| > |q_1|$. از مقایسه گزینه‌ها با این پاسخ، معلوم

می‌شود که گزینه (و) درست است.

۷- اگر اختلاف پتانسیل دو سر خازن را V بگیریم، میدان الکتریکی میان صفحات خازن $\frac{V}{d}$ خواهد بود که d فاصله صفحات است. ابتدا ظرفیت خازن را حساب می‌کنیم.

$$C = \frac{\epsilon_0 KA}{d} = \frac{\epsilon_0 \left(a + \frac{bV}{d}\right) A}{d}$$

$$Q = CV = \frac{\epsilon_0 A}{d} \left(aV + \frac{b}{d} V^2\right)$$

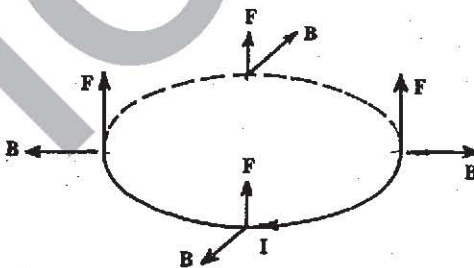


شکل (۱۰-۴۵)

شده است. چون b منفی است، نمودار زیر خط چین قرار می‌گیرد.

در V معین، بار خازن به صورت $Q_1 = \frac{\epsilon_0 Aa}{d} V$ و $Q_2 = \frac{\epsilon_0 Ab}{d^2} V^2$ نشان داده شده است که

$Q_1 > 0$ و $Q_2 < 0$ است و سبب شده است نمودار زیر خط راست قرار گیرد. بنابراین گزینه (ج) درست است.



شکل (۱۰-۴۶)

بار الکتریکی خازن چنین است.

نمودار تغییرات بار

خازن برحسب اختلاف

پتانسیل دو سر خازن در

شکل (۱۰-۴۵) نشان

داده شده است. اگر در

رابطه بالا $b = 0$ بود،

نمودار به صورت خط

راستی بود که از مبدأ

می‌گذشت و به صورت

خط چین نمایش داده

۸- در شکل (۱۰-۴۶) حلقه‌ای که

جریان I از آن می‌گذرد و نیروی F

عمود بر صفحه حلقه به آن وارد

می‌شود، رسم شده است میدان

مغناطیسی لازم برای آنکه چنین

نیرویی به حلقه وارد شود، باید در

راستای شعاع حلقه که هم عمود بر

قسمت کوچکی از حلقه و هم عمود

بر نیرو است باشد. میدان مغناطیسی شعاعی نیز در شکل نشان داده شده است و جهت آن با قاعده دست راست تعیین شده است. قطب شمال آهنربایی که چنین میدان مغناطیسی را به وجود می‌آورد، باید در وسط حلقه و قطب جنوب آن پیرامون حلقه باشد. چنین قطب‌هایی در گزینه (الف) رسم شده است. بنابراین گزینه (الف) درست است.

۹- هنگامی که گلوله‌ای آزادانه سقوط می‌کند، تنها نیروی وزن بر آن اثر می‌کند. اگر در لحظه‌ای که سرعت گلوله V است، نیرویی معادل وزن و در خلاف جهت آن به گلوله وارد شود، برآیند نیروهای وارد گلوله صفر شده و شتاب آن از بین می‌رود. در این حالت گلوله با همان سرعت ثابت V به سقوط خود ادامه می‌دهد. برای آنکه گلوله متوقف شود، باید شتابی به طرف بالا داشته باشد تا سرعت آن را از V به صفر برساند. یعنی برآیند نیروهای وارد بر گلوله به طرف بالا باشد. براین اساس باید نیرویی که در خلاف جهت وزن بر گلوله وارد می‌شود بیش از وزن آن باشد تا گلوله را که به طرف پایین سقوط می‌کند، متوقف کند. بنابراین گزینه (الف) درست است.

۱۰- مدار مورد نظر در

شکل (۱۰-۴۷) و

نمودار تغییرات جریان

چشمه S با زمان در

شکل (۱۰-۴۸) رسم

شده است. باتری یک

چشمه ولتاژ است،

یعنی میان دو قطب آن

اختلاف پتانسیل معینی

وجود دارد و جریانی که

از آن می‌گذرد، بستگی

به مداری دارد که به

باتری بسته شده است.

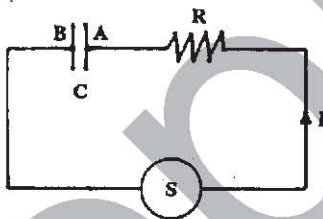
چشمه جریان که به

روش الکترونیکی آن را

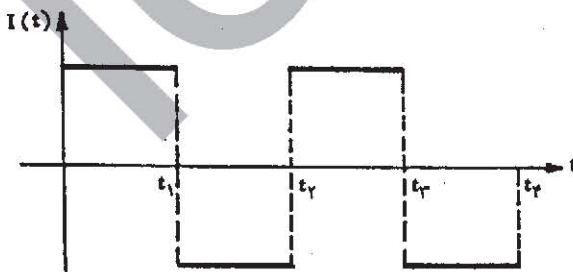
ایجاد می‌کنند، جریان

مشخص را در مدار

می‌فرستد و اختلاف



شکل (۱۰-۴۷)



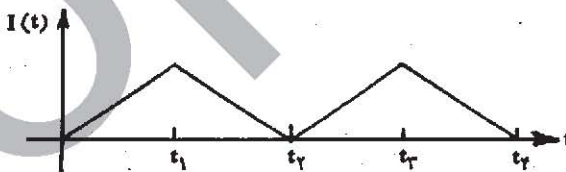
شکل (۱۰-۴۸)

پتانسیل دو سر آن بستگی به مشخصات مدار دارد.

در فاصله زمانی $t = 0$ تا $t = t_1$ جریان ثابتی در جهتی که روی شکل (۱۰ - ۴۷) مشخص شده است از مدار می‌گذرد. در این مدت بار مثبت روی صفحه A خازن انباشته شده و بار منفی روی صفحه B جمع می‌شود. چون جریان مدار ثابت است، باری که بر اثر این جریان روی صفحه A جمع می‌شود از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Q = It$$

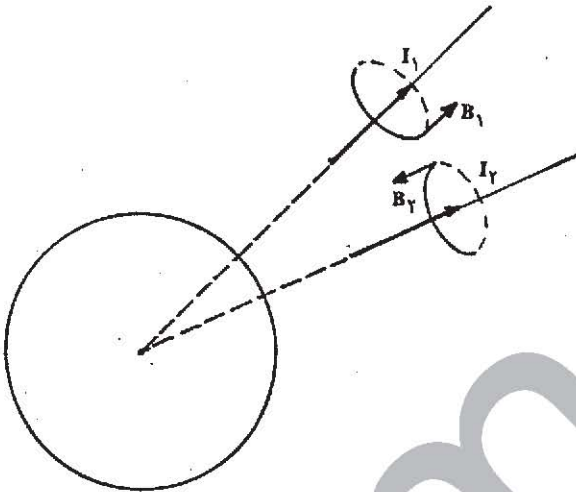
بنابراین در این مدت بار و در نتیجه اختلاف پتانسیل خازن به طور خطی با زمان زیاد می‌شود. در لحظه $t = t_1$ اختلاف پتانسیل خازن به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در لحظه $t = t_1$ تا $t = t_2$ ، جریان ثابتی اما در خلاف جهت قبلی از مدار می‌گذرد. در این مدت بارهای مثبت جمع شده روی صفحه A کم می‌شود و بارهای منفی جمع شده روی صفحه B نیز کاهش می‌یابد. چون در این حالت نیز جریان ثابت است، کاهش بارهای مثبت روی صفحه A و نیز بارهای منفی روی صفحه B ، متناسب با زمان است و به طور خطی انجام می‌شود. چون بازه زمانی صفر تا t_1 با بازه زمانی t_1 تا t_2 برابر است و جریان مدار در دو جهت نیز یک اندازه است، در پایان بازه زمانی t_1 تا t_2 بار خازن و در نتیجه اختلاف پتانسیل آن صفر می‌شود. تمام این فرایند در بازه زمانی t_2 تا t_3 تکرار می‌شود. بنابراین تغییرات اختلاف پتانسیل دوسر خازن مانند شکل (۱۰ - ۴۹) یعنی مشابه گزینه (ب) است. بنابراین گزینه (ب) درست است.



شکل (۱۰ - ۴۹)

۱۱ - بارالکتریکی

اجسام رسانا، همواره روی سطح خارجی آنان قرار می‌گیرد. هنگامی که بار سطح یک کره در راستای شعاع از کره دور شود، درون کره هیچ حرکتی از بارهای الکتریکی وجود ندارد. بارهایی که در راستای شعاع حرکت



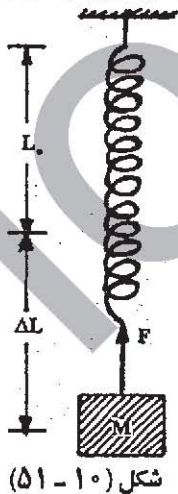
شکل (۱۰ - ۵۰)

می‌کنند معادل با یک جریان الکتریکی در راستای شعاع کره است. در شکل (۱۰ - ۵۰) جریانهای I_1 و I_2 با این فرض که بارهای مثبت از کره دور می‌شوند نشان داده شده است. اگر به همان روشی که میدان مغناطیسی اطراف یک سیم راست حامل جریان را تعیین می‌کنیم، در این مورد نیز عمل کنیم، در یک نقطه از فضا، به سبب جریان I_1 ، میدان مغناطیسی B_1 و به سبب جریان I_2 میدان مغناطیسی B_2 به دست می‌آید. از شکل پیداست که این دو میدان خلاف جهت یکدیگرند. اگر جریان در راستای شعاعهای دیگر در اطراف این نقطه را در نظر بگیریم. (شعاعهایی که بالا یا زیر صفحه کاغذ هستند) میدان مغناطیسی حاصل از آن جریانها در جهتهای دیگر قرار خواهند گرفت. آشکار است که این جهتهای متفاوت برای میدان مغناطیسی در یک نقطه با یکدیگر ناسازگار هستند. تنها در صورتی که فرض کنیم میدان مغناطیسی در همه جا صفر است، ناسازگاری از میان می‌رود. می‌توان به روش دیگری نیز صفر بودن میدان مغناطیسی را در تمام نقاط فضا نشان داد. اگر کره مورد نظر را دور محوری که از مرکز آن می‌گذرد بچرخانیم، نباید این تغییر وضعیت قابل تشخیص باشد، زیرا دو وضعیت کره کاملاً با هم یکسان است. اگر میدان مغناطیسی در نقطه‌ای از فضا مؤلفه‌ای عمود بر شعاع کره داشته باشد، با تغییر جهت این مؤلفه، می‌توان به تغییر وضعیت

کره پی برد. بنابراین تنها در صورتی که میدان مغناطیسی در جهت شعاع باشد. تغییر وضعیت کره قابل تشخیص نیست. اما چنین میدانی در جهت شعاع نیز نمی تواند وجود داشته باشد، زیرا میدان مغناطیسی باید عمود بر جریان الکتریکی و نه هم جهت با آن باشد. پس میدان مغناطیسی شعاعی نیز وجود ندارد. بنابراین گزینه (ج) درست است.

در اینجا توضیح یک نکته سودمند است. چرا با وجود آنکه در نقاط مختلف فضا و بیرون از کره جریانهای الکتریکی وجود دارد، میدان مغناطیسی وجود ندارد. ماکسول فیزیکدان برجسته انگلیسی نشان داد علاوه بر جریان الکتریکی معمولی ناشی از حرکت بارهای الکتریکی، عامل دیگری نیز می تواند میدان مغناطیسی تولید کند و نام آن را جریان جابه جایی گذارد. جریان جابه جایی به تغییر میدان الکتریکی با زمان مربوط است. چون کره بارش را از دست می دهد. میدان الکتریکی در اطراف آن ثابت نیست، بلکه با گذشت زمان کم می شود. در اینجا طبق نظریه ماکسول جریان جابه جایی وجود دارد و مقدار آن دقیقاً با جریان ناشی از حرکت بارها در راستای شعاع برابر و در خلاف جهت آن است. بنابراین مجموع دو جریان صفر و در نتیجه میدان مغناطیسی نیز صفر است. ابداع ماکسول اثر شگرفی در نظریه الکترومغناطیسی داشت.

۱۲- اگر در زمین وزنه ای را به یک فنر بیاوریم، فنر مقداری کش می آید تا نیروی کشش فنر با وزن جسم آویخته به فنر برابر شود. در سقیته فضایی که از میدان گرانش زمین و سیارات



دیگر دور است، به اجسام نیروی وزن وارد نمی شود و در نتیجه آویختن اجسام به فنر آن راکش نمی آورد و فنر همان طول عادی خود را حفظ می کند. اکنون اگر وزنه آویخته به فنر را مطابق شکل (۱۰ - ۵۱) کمی پایین بیاوریم، نیروی کشش فنر به وزنه وارد می شود. با رها کردن وزنه، نیروی کشش فنر وزنه را بالا می برد و وزنه حول نقطه تعادل، یعنی جایی که فنر طول بار دارد، نوسان می کند. دوره نوسان وزنه از رابطه زیر که در کتابهای درسی اثبات شده است، به دست می آید که در آن K ثابت فنر است.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

با ساعتی که در اختیار داریم، می توان دوره نوسان وزنه آویخته به فنر را برای هر یک از دو

گلوله موجود اندازه گىرى كرد. اگر دوره نوسان وزنه‌ها را به يكديگر تقسيم كنيم داريم:

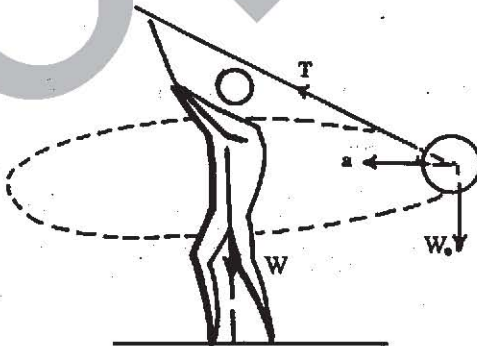
$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$$

بنابراين مى توان نسبت جرم دو گلوله را در چنين سفينه‌اى اندازه گىرى كرد. كه در گزىنه (الف) آمده است. اين تنها عددى است كه مى توان به دست آورد، زيرا به دست آوردن ثابت فنر موكول به دانستن جرم گلوله‌ها و جرم گلوله موكول به دانستن ثابت فنر است. بنابراين دو گزىنه ديگر نادرست است.

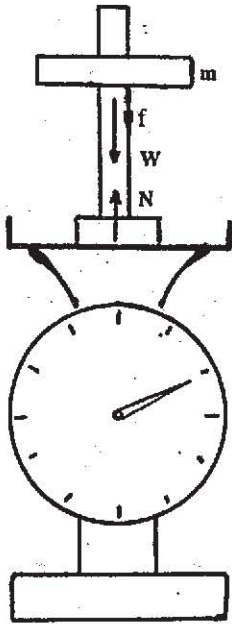
۱۳- در شكل (۱۰ - ۵۲) شخصى نشان داده شده است كه گلوله‌اى را با يك نخ كه به آن بسته شده است، روى صفحه افقى مى چرخاند. شتاب گلوله در حركت دايره‌اى يكسواخت در راستاى شعاع است و چون دايره روى يك صفحه افقى قرار دارد، شتاب a نيز همواره افقى است. اگر شخص و گلوله را يكجا در نظر بگيريم، اين مجموعه شتابى در راستاى قائم ندارد، بنابراين برآيند نيروهاى وارد بر آنها در راستاى قائم صفر است. نيروهاى كه خارج از اين مجموعه در راستاى قائم به آن وارد مى شود، نيروهاى وزن w مربوط به گلوله، w مربوط به شخص و w_1 كف ترازو به پاى شخص است. در نتيجه بايد رابط زير ميان اين سه نيرو برقرار باشد.

$$w_1 = w + w_0$$

ملاحظه مى شود كه گزىنه (ج) درست است.



شكل (۱۰ - ۵۲)



شکل (۱۰ - ۵۳)

۱۴ - در شکل (۱۰ - ۵۳) ترازوی فنری که پایه‌ای روی آن قرار دارد و مهره‌ای روی پایه می‌لغزد نشان داده شده است. اگر مهره به جرم $m = ۰/۵ \text{ kg}$ با میله‌ی قائم پایه اصطکاک نداشت، با شتاب g پایین می‌آمد. اما به دلیل اصطکاک شتاب آن $a = ۲ \text{ m/s}^2$ است. نیروهای وارد بر مهره عبارت از وزن آن به طرف پایین و اصطکاک به طرف بالاست و داریم:

$$mg - f = ma$$

$$f = mg - ma = ۰/۵ (۱۰ - ۲) = ۴ \text{ N}$$

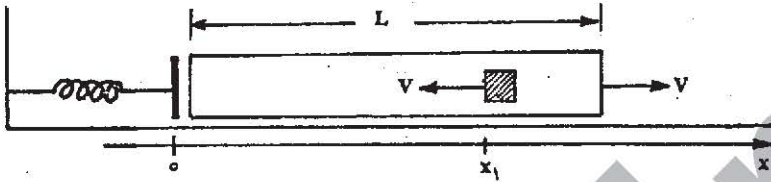
عکس‌العمل نیروی اصطکاک‌کی که به مهره وارد شده و حرکت آن را کند می‌کند، به میله وارد می‌شود. چون میله قائم و پایه آن در حال سکون قرار دارد، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است.

این نیروها w وزن آن، f اصطکاک توسط مهره و N نیروی کف ترازو بر پایه هستند که در شکل (۱۰ - ۵۳) مشخص شده است. داریم:

$$N = w + f = ۱/۵ \times ۱۰ + ۴ = ۱۹ \text{ N}$$

بر ترازو عکس‌العمل نیروی N وارد می‌شود که با آن هم اندازه است و همان است که ترازو نشان می‌دهد. بنابراین ترازو عدد ۱۹ N را نشان می‌دهد و در نتیجه گزینه (ب) درست است.

۱۵ - پس از برخورد جعبه به انتهای آزاد فنر، جعبه کند شده و فنر فشرده می‌شود. سرانجام هنگامی که فنر بیشترین فشردگی را دارد، جعبه متوقف شده و پس از آن به طرف راست برمی‌گردد. هنگامی که فنر طول عادی خود را می‌یابد، جعبه با همان سرعت v که به فنر خورده بود، از فنر جدا می‌شود، زیرا فرض شده است که از همه اصطکاک‌ها بتوان چشم پوشید. در مدتی که جعبه با فنر تماس دارد (مدتی که از سرعت v به طرف چپ، به سرعت v به طرف راست می‌رسد) جرم m درون جعبه با همان سرعت v که به علت همراهی با جعبه داشت، به حرکت خود ادامه می‌دهد، زیرا نیرویی که سرعت آن را تغییر دهد، بر آن وارد نمی‌شود. بنابراین فاصله جرم m از کناره چپ جعبه کمتر از L است. این وضعیت در شکل (۱۰ - ۵۴) نشان داده شده است.



شکل (۱۰-۵۴)

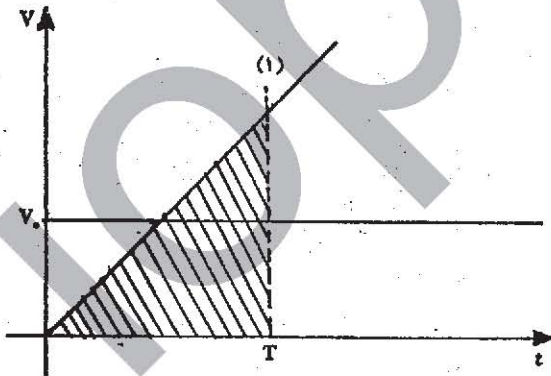
از شکل پیداست که جرم \$m\$ با سرعت \$v\$ به کناره چپ جعبه نزدیک می‌شود، زیرا جرم \$m\$ نسبت به زمین سرعت \$v\$ دارد و کناره جعبه نیز دارای سرعت \$v\$ به طرف راست است. پس از مدت \$t\$ جرم \$m\$ به کناره چپ جعبه می‌خورد. این مدت از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$t = \frac{x_1}{2v}$$

در این مدت کناره جعبه به اندازه \$x\$ از سر آزاد فنر، یعنی مبدأ مختصات فاصله گرفته است که از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$x = tv = \frac{x_1}{2}$$

چون \$x_1 < L\$ پس \$x < \frac{L}{2}\$ خواهد بود و گزینه (ج) درست است.



شکل (۱۰-۵۵)

آن با مساحت زیر خط افقی، یعنی سرعت زمان کامیون، برابر باشد. در شکل (۱۰-۵۵) این نمودار رسم شده است. در این شکل مساحت مثلث هاشور خورده با مساحت مستطیل به اضلاع \$T\$ و \$v_0\$ برابر است. ملاحظه می‌شود که نمودار (۱) باید انتخاب شود به این ترتیب

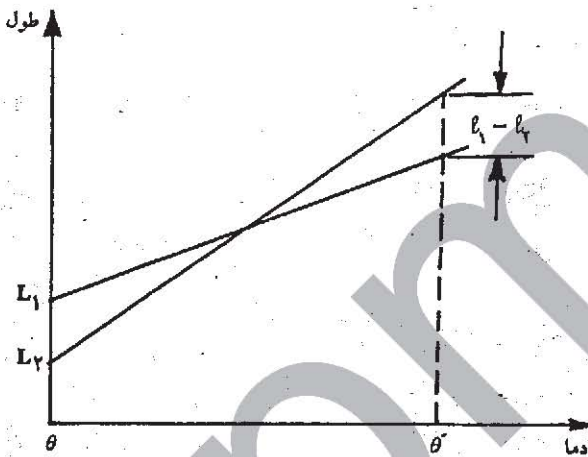
۱۶- در مدت \$T\$، باید جابه‌جایی کامیون و اتومبیل یکسان باشد. زیرا هر دو به یک جا رسیده‌اند چون مساحت زیر نمودار سرعت زمان برابر جابه‌جایی است، باید برای اتومبیل خطی را به عنوان تغییرات سرعت زمان انتخاب کرد، که مساحت زیر

گزینه (الف) درست است.

۱۷ - اگر طول میله‌ای در دمای معین θ ، l باشد، با افزایش دما طول آن زیاد می‌شود. ضریب انبساط خطی α را می‌توان به ترتیب زیر تعریف کرد.

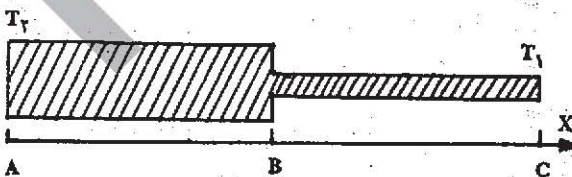
$$\alpha = \frac{\Delta l}{l \Delta \theta} \rightarrow \frac{\Delta l}{\Delta \theta} = l \alpha$$

اگر طول یک میله را برحسب دما در یک دستگاه مختصات رسم کنیم، شیب نمودار $\frac{\Delta l}{\Delta \theta}$ خواهد بود که با توجه



شکل (۱۰-۵۶)

به ثابت فرض کردن α شیب نمودار مقدار ثابتی است و نمودار به صورت یک خط راست می‌باشد. در شکل (۱۰-۵۶) برای میله آهنی و میله مسی نمودار تغییرات طول برحسب دما رسم شده است. اگر برای دو میله $\alpha_1 l_1 \neq \alpha_2 l_2$ باشد، دو خط مانند آنچه در شکل آمده است، شیب‌های متفاوت داشته و با هم موازی نیستند. در این صورت در دمای θ' نیز تفاوت طول دو میله با $l_1 - l_2$ برابر خواهد بود. به این ترتیب گزینه (ج) درست است. نادرست بودن گزینه‌های دیگر آشکار است.



شکل (۱۰-۵۷)

۱۸ - میله‌های مورد نظر در

شکل (۱۰-۵۷) نشان داده

شده است. به علت تفاوت

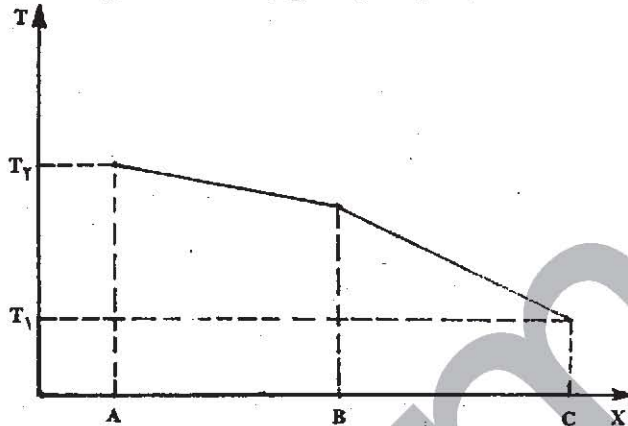
دو دمای T_1 و T_2 ، گرما از

چشمه با دمای بالاتر (T_2)

به چشمه با دمای پایین‌تر

(T_1) شارش می‌کند. درحالت

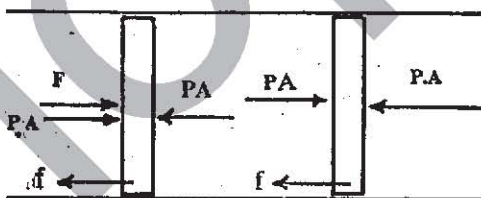
تعادل به هر میزانی که گرما از چشمه T_1 وارد میله‌ها شود، باید به همان اندازه گرما به چشمه با دمای T_1 داده شود. اگر چنین نشود، مثلاً گرمای کمتری به چشمه با دمای T_1 داده شود، باید دمای نقاط مختلف میله است. به این ترتیب گرمایی که از هر قسمت میله چه نازک و چه ضخیم می‌گذرد، یکسان است. به طور شهودی می‌توان دریافت که هرچه تفاوت



شکل (۱۰-۵۸)

دمای دو سر یک میله بیشتر باشد، میزان شارش گرما در طول میله بیشتر است. میله با سطح مقطع بزرگتر را می‌توان از پهلوی هم گذاردن تعدادی میله با سطح مقطع کوچکتر به وجود آورد که هر کدام

به علت آنکه دمای دو سرشان متفاوت است، مقداری گرما را از خود عبور می‌دهند. چون گرمایی که از میله نازک می‌گذرد، با گرمایی که از میله ضخیم می‌گذرد یکسان است، باید تفاوت دمای دو سر میله ضخیم کمتر باشد. بنابراین دمای نقاط مختلف میله‌ها مانند شکل (۱۰-۵۸) یعنی مشابه گزینه (ج) است. در نتیجه گزینه (ج) درست است.



شکل (۱۰-۵۹)

حرکت کند، نیروی اصطکاک f به طرف چپ است. نیروهای وارد بر پیستون سمت راست نیز در شکل نشان داده شده است. چون حداقل نیروی F مورد نیاز است، پیستون سمت چپ در آستانه حرکت قرار می‌گیرد و برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. با ملاحظه

۱۹ - سیلندر و پیستونهای دو طرف و گاز درون آن با فشار P در شکل (۱۰-۵۹) نشان داده شده است. اگر قرار باشد پیستون سمت راست به طرف راست

شکل داریم:

$$F + P_0 A - f - PA = 0$$

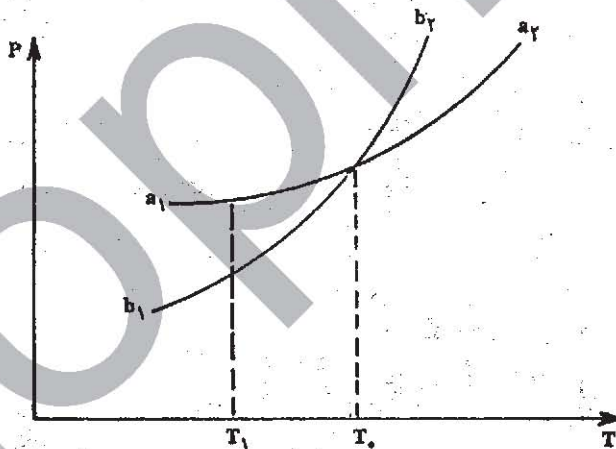
$$F = PA + f - P_0 A$$

چون پیستون سمت چپ در آستانه حرکت است، گاز و در نتیجه پیستون سمت راست نیز در آستانه حرکت است و برآیند نیروهای وارد بر آن نیز صفر است: در مورد این پیستون داریم:

$$PA = P_0 A + f$$

از دو رابطه بالا نتیجه می شود که باید $F = 2f$ باشد تا پیستون سمت راست در آستانه حرکت قرار گیرد و یا به آرامی حرکت کند، زیرا نیروی اصطکاک در آستانه حرکت با نیروی اصطکاک در حالت حرکت یکسان فرض شده است. بنابراین گزینه (د) درست است.

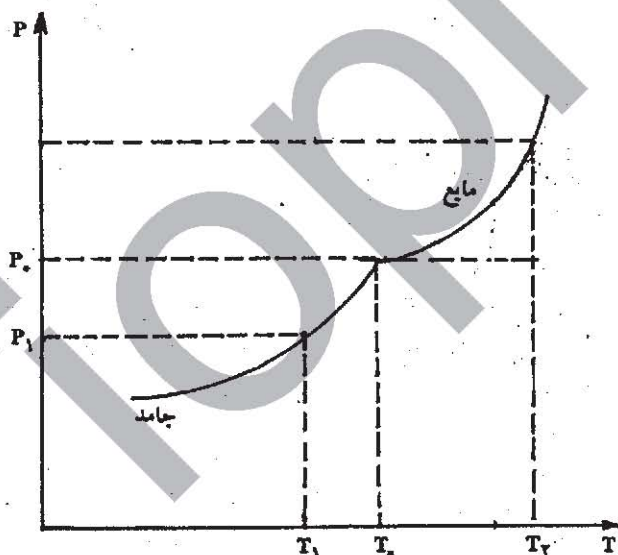
۲۰- نمودار تغییرات فشار بخار تعادل بر حسب دما در شکل (۱۰ - ۶۰) رسم شده است. دمای $T_0 > T_1$ را در نظر می گیریم. اگر فرض کنیم در این دما هم حالت A (جامد یا مایع) و هم حالت B (مایع یا جامد) با هم در ظرف هستند، فشار بخار مربوط به حالت A از فشار بخار



شکل (۱۰ - ۶۰)

مربوط به حالت B بیشتر است. برای آنکه حالت B به تعادل برسد، مقداری بخار به حالت B تبدیل می‌شود تا فشار بخار کم شود. چون فرض شده است همزمان حالت A نیز وجود دارد، با کم شدن بخار، مقداری از حالت A به بخار تبدیل می‌شود تا حالت A به تعادل برسد. این کار آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا تمام ماده از حالت A به حالت B برسد. بنابراین در دماهای کمتر از T_0 ، تنها حالت B وجود دارد و در حالت تعادل نمودار $a_1 O$ وجود ندارد. در دماهای بالاتر از T_0 نیز با همین استدلال می‌توان دریافت که نمودار $O b_1$ که فشار بیشتری دارد به وقوع نمی‌پیوندد. بنابراین، به غیر از دمای T_0 تنها یکی از حالت‌های A یا B ماده ممکن است که با بخار در حال تعادل باشد و بخش‌های $a_1 O$ و $O b_1$ عملاً رخ نمی‌دهند. به این ترتیب گزینه (ب) درست است.

۲۱ - چون حالت انجماد اجسام در دمای پایین‌تری اتفاق می‌افتد، شاخه $b_1 O$ مربوط به حالت جامد و شاخه $O a_1$ مربوط به حالت مایع است. بنابراین حالت B جامد و حالت A مایع است. در نتیجه گزینه (الف) درست است.



شکل (۱۰ - ۶۱)

۲۲ - نمودار تغییرات بخار تعادل برحسب دما با حذف قسمتهای زائد، در شکل (۱۰ - ۶۱) رسم شده است. فرض کنید فشار محیط P_1 باشد که از P_0 کمتر است. این فشار مربوط به دمای T_1 است. در این فشار با دادن گرما ماده در دمای T_1 از حالت جامد، به بخار تبدیل می‌شود، زیرا اگر فرض کنیم با دادن گرما بالاتر

می‌رود، جامد باید در فشار بیشتری با بخار در حال تعادل باشد و چون فرض کردیم فشار مقدار P_1 دارد، پس باید با دادن گرما تمام جامد در این دما به بخار تبدیل شود. یعنی در

فشاری کمتر از فشار P_0 با گرم کردن جسم، ماده از حالت جامد مستقیماً به بخار تبدیل می‌شود که تصعید نامیده می‌شود.

اگر فشار محیط P_0 باشد که از P_0 بیشتر است، در این فشار ماده که مایع است در دمای T_0 با بخار خود در حال تعادل است و T_0 دمای تغییر حالت از مایع به بخار است. یعنی با دادن گرما دما بالا نمی‌رود، بلکه مایع به بخار تبدیل می‌شود. چون قبلاً با چنین فشاری و دمای کمتر، جسم جامد بوده است، بنابراین در این فشار، با دادن گرما جسم ابتدا ذوب شده و سپس می‌جوشد و بخار می‌شود. بنابراین گزینه (د) درست است.

۲۳ - اگر ابعاد ظرف مکعب شکل دو برابر شود، حجم آن ۸ برابر می‌شود. چون دما ثابت مانده است، فشار گاز $\frac{1}{8}$ خواهد شد. نیروی وارد بر هر سطح از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$F = PS$$

چون مساحت هر سطح از ظرف با دو برابر شدن ابعاد، ۴ برابر می‌شود، در نتیجه نیروی وارد بر هر سطح نصف می‌شود. بنابراین گزینه (د) درست است.

۲۴ - لوله‌ها و آب

درون آنها در شکل

(۱۰ - ۶۲) رسم شده

است. در لوله افقی

فشار آب را P_0

می‌گیریم. فشار آب در

هر ارتفاعی درون

لوله‌های قائم، به

ارتفاع بستگی دارد و

تابع شکل لوله

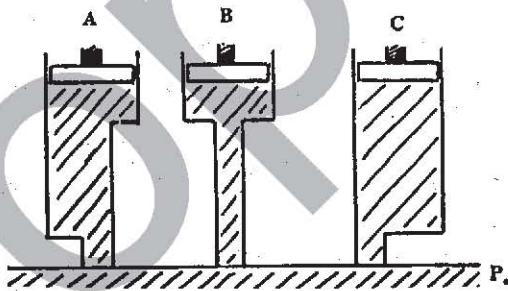
نیست. بنابراین در

محل پیستونها که همگی

در یک ارتفاع از لوله افقی قرار دارند، فشار به یک اندازه از P_0 کمتر خواهد بود و در نتیجه

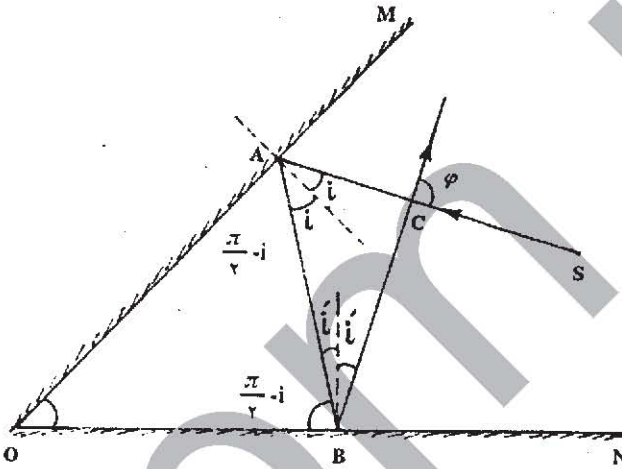
فشار در هر سه پیستون یک اندازه است. چون پیستونها نیز هم اندازه هستند، نیروی وارد بر

آنها نیز یکسان است. به این ترتیب گزینه (ب) درست است.



شکل (۱۰ - ۶۲)

۲۵ - دو آینه تخت که با یکدیگر زاویه α ساخته‌اند، در شکل (۱۰ - ۶۳) نشان داده شده است. باریکه نور S با زاویه تابش i به آینه OM می‌تابد. نور بازتابیده از این آینه با زاویه تابش i' به آینه ON می‌تابد. با استفاده از شکل روابط زیر را می‌توان نوشت.



شکل (۱۰ - ۶۳)

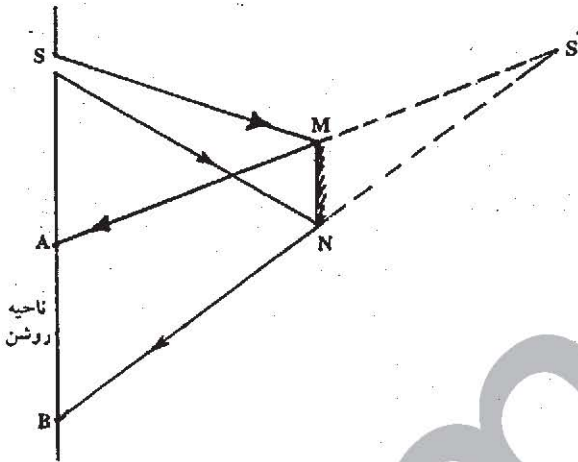
در مثلث ABC $\varphi = \pi - 2i - 2i'$

در مثلث OAB $\alpha + (\frac{\pi}{2} - i) + (\frac{\pi}{2} - i') = \pi \Rightarrow \alpha = i + i'$

از دو رابطه بالا داریم:

$$\varphi = \pi - 2\alpha$$

با چرخاندن در آینه حول فصل مشترک آنها، زاویه i و i' تغییر می‌کند ولی چون φ به i بستگی ندارد و فقط تابع α است، با چرخاندن آینه‌ها زاویه φ تغییر نخواهد کرد. بنابراین گزینه (د) درست است.

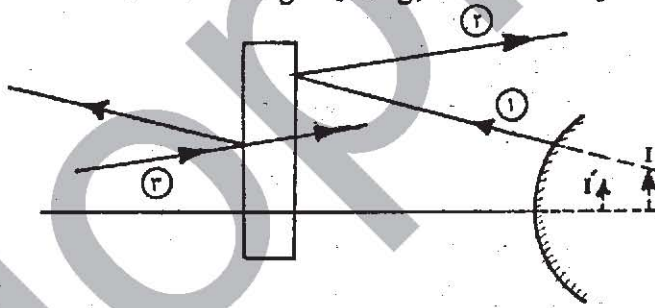


شکل (۱۰-۶۴)

۲۶- پرده و آینه در شکل (۱۰-۶۴) رسم شده است از تشابه دو مثلث ABS' و MNS' آشکار است که پهنای ناحیه روشن با هر فاصله‌ای میان آینه و پرده، دو برابر پهنای آینه است. بنابراین با تغییر فاصله آینه تا

پرده، پهنای لکه روشن روی پرده تغییر نمی‌کند. به این ترتیب گزینه (د) درست است.

۲۷- آینه محدب و شیشه تخت مقابل آن در شکل (۱۰-۶۵) نشان داده شده

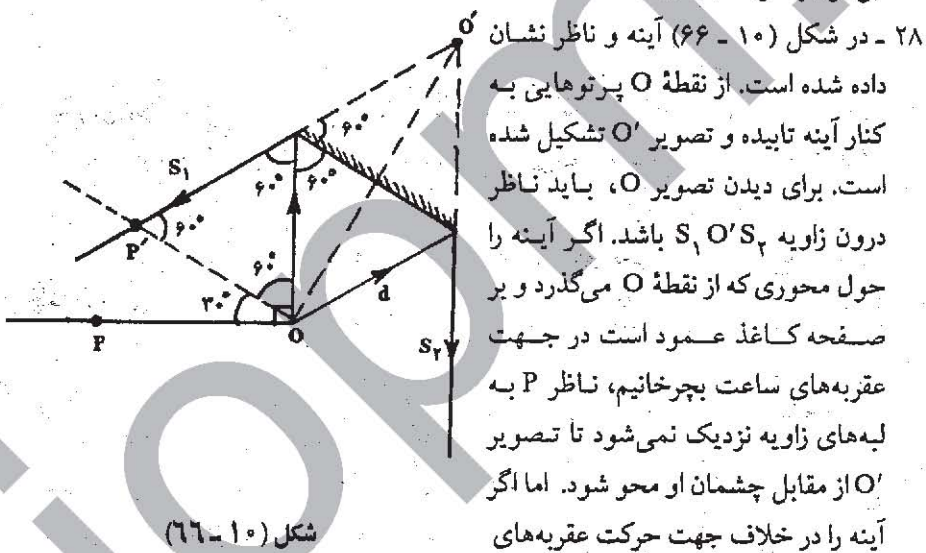


شکل (۱۰-۶۵)

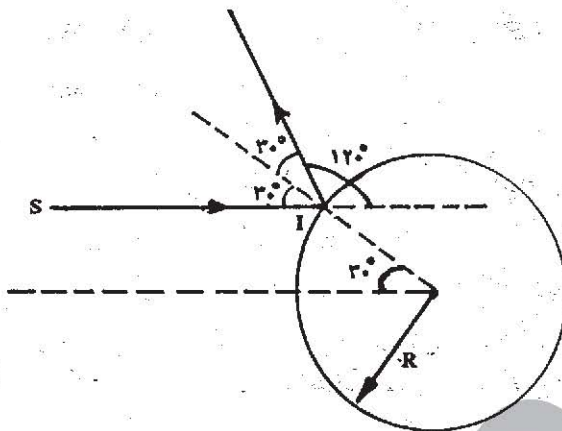
است. اگر شیشه تخت وجود نداشته باشد، شخص تصویر I را در آینه محدب می‌بیند. این تصویر بر اثر رسیدن پرتو باز تابیده (۱)

از آینه محدب به چشم دیده می‌شود و از شخص کوچکتر است. با قراردادن تیغه شیشه‌ای، قسمتی از نوری که از شخص به آینه محدب می‌تابید، پرتو (۳) و تصویر I به وجود

می‌آید، روی سطح سمت چپ تیغه بازتاب می‌کند و مانند آینه تخت یک تصویر مجازی به همان اندازه شخص دیده می‌شود. علاوه بر آن پرتو (۱) که از آینه محدب بازتابیده است، پس از برخورد به سطح سمت راست تیغه بازتاب کرده و مجدداً به آینه محدب می‌تابد. این پرتو که با شماره (۲) مشخص شده است، مانند آن است که از جسمی به اندازه I و از فاصله‌ای معادل دو برابر فاصله تیغه تا تصویر I ، به آینه محدب تابیده است و تصویر I' دیده می‌شود. چون تصویر در آینه محدب همواره از جسم کوچکتر است در نتیجه تصویر I' از تصویر I هم کوچکتر خواهد بود. بنابراین با گذاردن تیغه شیشه‌ای میان شخص و آینه محدب، یک تصویر به اندازه شخص که از تصویر اولی در آینه محدب بزرگتر است و یک تصویر که از تصویر اصلی کوچکتر است دیده خواهد شد و هر سه تصویر مجازی هستند. به این ترتیب گزینه (د) درست است.



ساعت بگردانیم، ناظر P به پرتو S_1 نزدیک می‌شود و با کمی چرخاندن ناظر P بیرون زاویه $S_1 O' S_2$ قرار خواهد گرفت و دیگر O' را نخواهد دید. اگر آینه را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت 30° بچرخانیم، معادل آن است که خط OP را در جهت عقربه‌های ساعت 30° بچرخانیم. برای آنکه در چنین حالتی نقطه O دیده نشود، باید ناظر در محل P قرار گیرد. زاویه‌های مشخص شده روی شکل نشان می‌دهد که OP و نیز OP باید برابر با d باشد. به این ترتیب گزینه (ب) درست است.



۲۹- کره بازنابنده و دسته نور موازی در شکل (۱۰- ۶۷) رسم شده است. خط عمود بر سطح کره از مرکز کره می‌گذرد. پرتو SI که با زاویه تابش 30° به کره می‌تابد، با زاویه انحراف 12° از روی کره باز می‌تابد. از روی شکل پیداست که زاویه انحراف δ از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\delta = \pi - 2i$$

شکل (۱۰- ۶۷)

بنابراین تمام پرتوهایی که با زاویه تابش کمتر از 30° به کره می‌تابد، با زاویه انحراف بیش از 12° از کره بازتاب می‌کند. این پرتوها در استوانه‌ای به شعاع $r = R \sin 30^\circ$ قرار دارند. پرتوهایی که به کره می‌تابند، در استوانه‌ای به شعاع R قرار دارند. نسبت مساحت قاعده این دو استوانه کسری از نور بازتابیده به کره است که با زوایای انحراف بیشتر از 12° از کره باز می‌تابد. داریم:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} = \frac{\pi \left(\frac{R}{2}\right)^2}{\pi R^2} = \frac{1}{4}$$

بنابراین گزینه (الف) درست است.

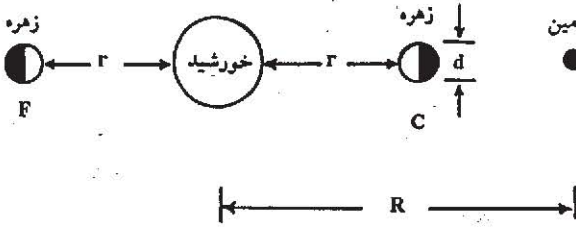
۳۰- شعاع کره زمین حدود ۶۵۰۰ Km است و حدود $\frac{3}{4}$ سطح کره زمین را آب پوشانده است. عمیق‌ترین نقطه اقیانوسها، حدود ۱۰ Km است و می‌توان عمق متوسط را حدود ۳ Km گرفت. حجم آبهای زمین چنین است:

$$V = \frac{3}{4} \pi R^2 \times \frac{3}{4} \times h$$

$$V = \frac{3}{14} \times (6/5)^2 \times 10^{12} \times 3 \times 3 \times 10^3 \approx 1/2 \times 10^{18} \text{ m}^3$$

این عدد به 10^{18} m^3 که در گزینه (ب) آمده است از هر گزینه دیگری نزدیک‌تر است. اگر عمق متوسط دریاها را به اندازه عمیق‌ترین نقطه هم بگیریم، باز هم حجم آبهای روی زمین به هیچ یک از گزینه‌های دیگر نزدیک نخواهد شد. بنابراین گزینه (ب) درست است.

۳۱- مدار حرکت سیاره زهره به دور خورشید از مدار گردش زمین به دور خورشید کوچکتر است. هنگامی که زهره در حالت بدر کامل است، نیمی از کره زهره که توسط خورشید روشن می‌شود، باید مقابل زمین قرار گیرد. هنگامی که زهره در هلال کامل است، باید نیمه‌ای از کره زهره که مقابل خورشید



نیست روبه‌روی زمین باشد. این دو وضعیت سیاره زهره در شکل (۶۸-۱۰) با F و C نشان داده شده است. نیمه تاریک زهره در شکل سیاه

شکل (۱۰-۶۸)

شده است. در شکل فاصله زمین تا خورشید با R و فاصله زهره تا خورشید با r و قطر زهره با d نشان داده شده است. قطر ظاهری زهره در حالت بدر کامل و هلال کامل چنین است:

$$\alpha_F = \frac{d}{R+r} \quad \alpha_C = \frac{d}{R-r}$$

$$\frac{\alpha_F}{\alpha_C} = \frac{\frac{d}{R+r}}{\frac{d}{R-r}} = \frac{1}{6} \Rightarrow R+r = 6(R-r)$$

$$\frac{r}{R} = \frac{5}{11}$$

در نتیجه گزینه (د) درست است.

۳۲- چون کسری از خانه‌هایی که سیاه شده با تقریب خواسته شده است، نیازی به شمارش تمام خانه‌های سیاه نیست، بلکه می‌توان خانه‌های سیاه قسمتی از جدول را به عنوان نمونه شمرد. اگر دو ستون، از هر قسمت که باشد تفاوتی ندارد، شمرده شود، معلوم می‌شود که حدود ۳۰ درصد خانه‌های جدول سیاه شده است. بنابراین گزینه (ب) درست است. استفاده از روش نمونه‌گیری در آمار بسیار متداول است.

پاسخ مسأله‌های کوتاه

۱- به جای آنکه گاز از بالن خارج شود تا فشارش از 520 mm Hg به 100 mm Hg برسد، فرض می‌کنیم آن را در ظرف بزرگتری چنان جا داده‌ایم که در همان دما، فشارش به مقدار موردنظر 100 mm Hg برسد. حجم جدید گاز از رابطه زیر به دست می‌آید.

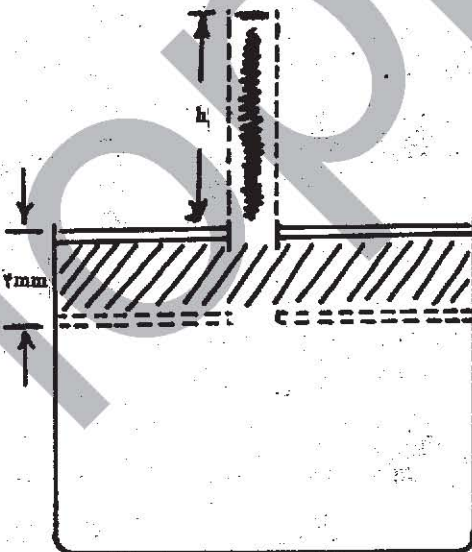
$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{520 \times 10}{100} = 52 \text{ lit}$$

بنابراین می‌توان فرض کرد که از 52 لیتر گاز، با فشار 100 mm Hg ، 42 لیتر آن خارج شده است. وزن گاز خارج شده را می‌توان از تفاوت وزن بالن در دو حالت به دست آورد. داریم:

$$W = 9/91 \times 10^{-1} - 9/81 \times 10^{-1} = 0/01 \text{ N}$$

به این ترتیب 42 لیتر گاز با فشاری معادل فشار گاز باقیمانده درون بالن، دارای وزن $0/01 \text{ N}$ است و می‌توان با توجه به ثابت بودن دما چگالی گاز خارج شده را به جای چگالی گاز باقیمانده در بالن حساب کرد. داریم:

$$\rho = \frac{W/g}{V} = \frac{0/01}{42 \times 10^{-2} \times 10^3} = 2/4 \times 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \Rightarrow \rho = 24 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$



شکل (۱۰-۶۹)

۲- نمودار توزیع ساچمه‌ها بر حسب

بازه جرمی در شکل (۱۰-۶۹)

نشان داده شده است. اگرچه روی

محور قائم مقیاس مشخص نشده

است، ولی محور قائم درجه‌بندی

خاصی دارد که می‌توان تعداد

ساچمه‌ها در هر بازه جرمی را بر

حساب آن درجه‌بندی به دست

آورد. ارتفاع هر ستون بر حسب این

درجه‌بندی معرف تعداد ساچمه‌ها

در آن بازه جرمی است. اگر ارتفاع

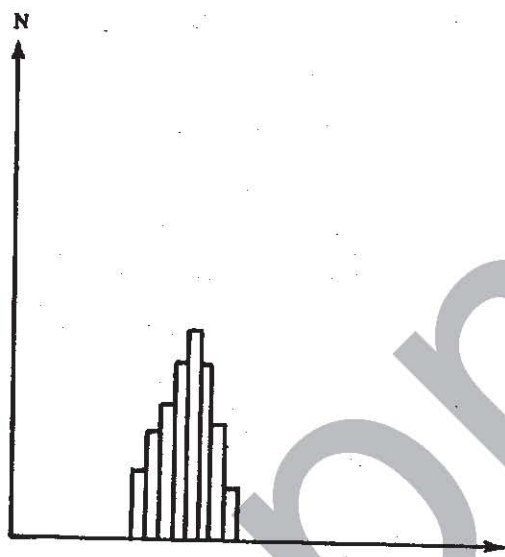
تمام ستونها را بر حسب این

درجه‌بندی به دست آوریم، عدد

۱۳۶ به دست می‌آید. به همین ترتیب

می‌توان ارتفاع ستونهای مربوط به ساچمه‌ها با جرم بیش از ۲۵ گرم را به دست آورد که ۲۲ خواهد شد. با استفاده از این دو عدد می‌توان درصد ساچمه‌ها با جرم بیش از ۲۵ گرم را معین کرد. تعداد این ساچمه‌ها حاصل ضرب تعداد کل ساچمه‌ها یعنی ۵۰۰ عدد در این درصد است.

$$n = \frac{22}{136} \times 500 = 81$$



شکل (۱۰ - ۷۰)

ریختن، درون لوله قائم و تا ارتفاع h جا می‌گرفت. در این صورت مایعی که درست در ابتدای سوراخ قرار داشت، پس از یک ثانیه می‌باید به ارتفاع h در لوله قائم رسیده باشد. بنابراین باید سرعت مایع $V = \frac{h}{1}$ باشد. حجم مایع بیرون ریخته در یک ثانیه چنین است:

$$V = \pi \times 10^2 \times 0/4 = 40\pi \text{ cm}^3$$

ارتفاع مایع در لوله قائم از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$V = h \times \pi \times (0/4)^2 \Rightarrow h = \frac{40\pi}{\pi \times (0/4)^2} = 250 \text{ cm} = 2/5 \text{ m}$$

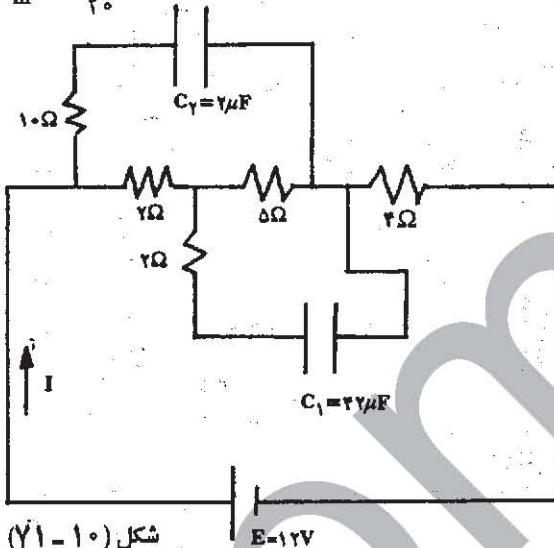
$$V = \frac{h}{1} = 2/5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۳ - استوانه پر از مایع و پیستون سوراخ‌دار در شکل (۱۰ - ۷۰) رسم شده است. چون پیستون با سرعت $4 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$ پایین می‌آید، پس از یک ثانیه پیستون به محلی که در شکل با خط چین رسم شده رسیده است. در این مدت باید حجم مایعی که در شکل هاشور خورده است، از سوراخ وسط پیستون خارج شود. اگر بالای سوراخ وسط پیستون، یک لوله قائم به همان سطح مقطع قرار می‌دادیم، با پایین راندن پیستون مایع به جای بیرون

اکنون می توان حداکثر ارتفاعی را که مایع پس از خارج شدن از سوراخ به آن می رسد به دست آورد. داریم:

$$V^2 - V_0^2 = -2gy \Rightarrow 0 - (2/5)^2 = -2 \times 10 \times y_m$$

$$y_m = \frac{6/25}{20} = 0.15 \text{ m} = 15 \text{ cm}$$



شکل (۱۰-۷۱)

۴- مدار موردنظر در شکل (۱۰-۷۱)

رسم شده است. پس از وصل

کردن مدار به باتری، جریان I که

از باتری می گذرد، در تمام

شاخه ها توزیع می شود. پس از

آنکه خازنها پر شد، دیگر جریانی

از شاخه هایی که خازن در آنها

قرار دارد نمی گذرد و مقاومت هایی

که به طور سری با خازنها

هستند، اثری در مدار ندارند.

در این حالت اختلاف پتانسیل

دو سر خازنها را می توان از روی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومتی که خازن با آنها موازی قرار دارد به دست آورد. جریان مدار پس از پر شدن خازنها به ترتیب زیر است:

$$I = \frac{12}{2+5+2} = \frac{12}{9} \text{ A}$$

$$V_{C_1} = 5I = \frac{60}{9} \text{ V} \Rightarrow Q_1 = C_1 V_{C_1} = 2 \times 10^{-6} \times \frac{60}{9}$$

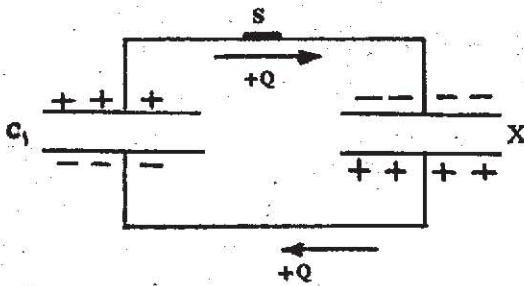
$$V_{C_2} = (5+2)I = \frac{18}{9} \text{ V} \Rightarrow Q_2 = C_2 V_{C_2} = 2 \times 10^{-6} \times \frac{18}{9}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{40 \times 60}{2 \times 18} = 133$$

۵- هر کدام از خازنها با اتصال به اختلاف پتانسیل ۳۰۰ ولت بار الکتریکی معینی به دست می آورند که چنین است:

$$Q_1 = 300 \times 18 \times 10^{-6} = 5400 \mu\text{C}$$

$$Q_2 = 300 \times$$



شکل (۱۰-۷۲)

در شکل (۱۰-۷۲) دو خازن پر شده که صفحه‌های غیرهمنام آنها از طریق یک کلید به هم وصل می‌شود، نشان داده شده است. پس از بستن کلید، بار $Q = 4320 \mu C$ در مدار شارش می‌کند تا اختلاف پتانسیل دو سر خازن‌های یکسان شود. از شکل پیداست

که با شارش بار در مدار، بار بعدی خازن‌ها به ترتیب زیر خواهد شد:

$$q_1 = Q_1 - Q = 5400 - 4320 = 1080 \mu C$$

$$q_x = Q_x + Q = -300x + 4320$$

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_x}{x} \Rightarrow \frac{1080}{18} = \frac{-300x + 4320}{x} = 60$$

$$60x = -300x + 4320 \Rightarrow x = \frac{4320}{360} = 12 \mu F$$