جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه سوالات به همراه پاسخنامه تشریحی
مرحله دوم
دومین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۵

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مسالهای تشریحی	
--	۸	۲۴۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب مجاز است.

تذکرات آزمون:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما دانش‌پژوه گرامی، خواهشمند است قبل از پاسخ به سؤالات آزمون به موارد زیر توجه کنید:

- این آزمون شامل **۸ مسأله تشریحی** و وقت آن **۲۴۰ دقیقه** است.
- نمره‌ی هر سوال در ابتدای آن نوشته شده است.
- استفاده از ماشین‌حساب در این آزمون مجاز است.
- همراه داشتن تلفن همراه (حتی خاموش) در طول زمان آزمون مجاز **نیست**.
- فقط داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند.
- جمع‌آوری و آماده‌سازی دفترچه‌ی سوالات این آزمون توسط **کمیته‌ی علمی ماخ** انجام شده است.

www.MAAKH.ir

کلیه حقوق این سوالات برای ماخ محفوظ است.

طرح از: آقای محمود زاده

۱- برای اندازه‌گیری جرم حجمی گلوله‌های شیشه‌ای، آزمایشی در ۳ مرحله به صورت زیر ترتیب داده‌ایم. در مرحلهٔ اول یک بطری به جرم $۲۶۵g$را پر از گلوله‌های شیشه‌ای کرده‌ایم. جرم آن $۶۱۵g$ شده است. در مرحلهٔ بعـد روی گلوله‌ها آب ریختـه و بطری را پر کرده‌ایم. در این حالت جرم مجموعه g ۹۷۰ شده است. در مرحلهٔ آخر گلوله‌ها را خارج کرده و بطری را پر از آب می‌کنیم. در این حالت جرم آن g ۷۶۰ اندازه‌گیری شده است. با توجه به اینکه جرم حجمی آب $۱g/cm^۳$ می‌باشد. مطلوب است:

الف) حجم داخلی بطری $(v_۱)$

ب) حجم گلوله‌ها $(V_۲)$

ج) جرم حجمی گلوله‌ها شیشه‌ای (ρ)

طرح از: آقای دکتر شیرزاد

۲- الف) وقتی شیر آب باز است و به طور منظم از آن آب می‌ریزد، چرا قطر باریکهٔ آب از بالا به پایین به تدریج کم می‌شود؟

ب) فرض‌کنید از شیر آبی که قطر دهانهٔ آن $۱cm$ است، آب با سرعت $۱m/s$ بیرون می‌آید. اگر شـیـر آب در ارتفاع $۷۵cm$ از سـطـح زمین باشد، قطر باریکهٔ آب در سطح زمین چقدر خواهد بود؟ $(g=۱۰m/s^۲)$

طرح از: دکتر کریمپور

۳- سطح کرهٔ زمین دارای بار الکتریکی منفی به چگالی سطحی تقریبی ۹×۱۰^{-۱۱} کولن بر مترمربع است. از طرف دیگر، همراه قطرات باران دائـمـاً بارهای الکتریکی مثبـت از جو به زمین می‌آیند، به طوریکه بر هر مترمربع از سطح زمین جریان متوسطی به اندازهٔ $۱۰^{-۱۲}$ آمپر وارد می‌شود.

الف) حساب کنید چه مدت طول می‌کشد تا بار الکتریکی زمین خنثی شود.

ب) بار الکتریکی زمین عملاً ثابت است، زیرا کاهش آن به وسیله صاعقه‌ها جبران می‌شود.

در شبانه‌روز به طورمتوسط ۴۰۰۰۰ صاعقه در کل سطح زمین رخ می‌دهد. حساب کنید هر صاعقه به طور متوسط چه مقدار بار منفی به زمین منتقل می‌کند. شعاع کرهٔ زمین $۶۴۰۰km$ است. (در این قسمت محاسبات تقریبی کافی است)

طرح از: آقای محمودزاده

۴- لولهٔ باریکی به طول $۳۰cm$ را تا نصف طولش در جیوه فرو برده و سپس انتهای آن را با انگشت بسته، از ظرف جیوه خارج می‌کنیم. اگر فشار هوای خارج $۷۰cm\ Hg$ باشد

الف) ارتفاع جیوهٔ باقی مانده در لوله چقدر است؟

ب) اگر لوله را وارونه کنیم به قسمی که دهانهٔ باز آن به طرف بالا باشد، ارتفاع هوای زیر جیوه چقدر می‌شود؟

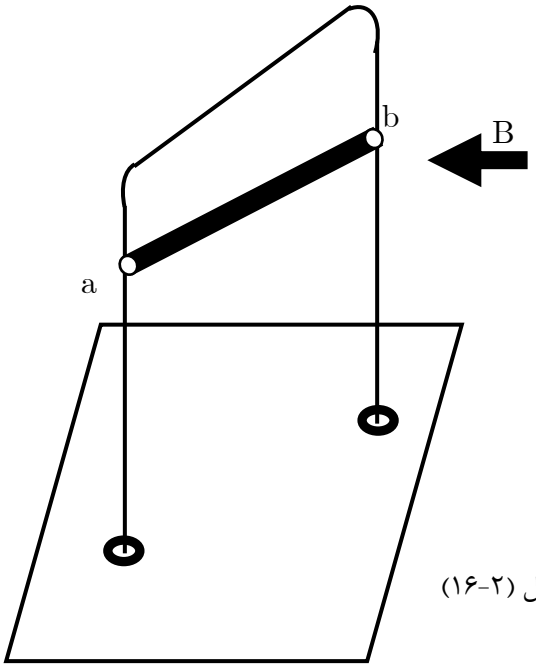
طرح از: آقای دکتر شیرزاد

۵- یک میله هادی بدون مقاومت به شکل $\cap$ را به طور قائم در زمین نصب کرده‌ایم.

(به شکل ۲-۱۶ نگاه کنید) میلهٔ دیگری به طول l، جرم m و مقاومت الکتـریکی R قادر اسـت و به کمک حلقه‌هـای بدون اصطکـاک در امتداد قائم روی میلهٔ قبلی حرکت کند، به طوری که اتصال آن همیشه برقرار بماند. میدان مغناطیسی یکنواخت و افقی B نیز در امتداد عمود بر سطح مدار برقرار است.

الف) میله را از قسمت بالای مدار رها می‌کنیم تا بر اثر وزن خود سقوط کند. در ابتدا سرعت میله افزوده می‌شود، اما سرانجام به سرعت ثابتی موسوم به سرعت حد می‌رسد و با آن سرعت به پایین می‌آید. علت این امر را حداکثر در ۴ سطر بیان کنید.

ب) پس از آنکه میله به سرعت حد رسید، اندازه و جهت شدت جریان القایی در میله و نیز اندازهٔ سرعت حد را تعیین کنید.



شکل (۲-۱۶)

ج) فرض کنید پس از رسیدن به سرعت حد، میله در طی مدت زمان t به اندازه h پایین بیاید. با با محاسبه نشان دهید اندازهٔ پتانسیل جاذبه‌ای که میله از دست می‌دهد با اندازهٔ انرژی گرمایی تولید شده در آن برابر است.

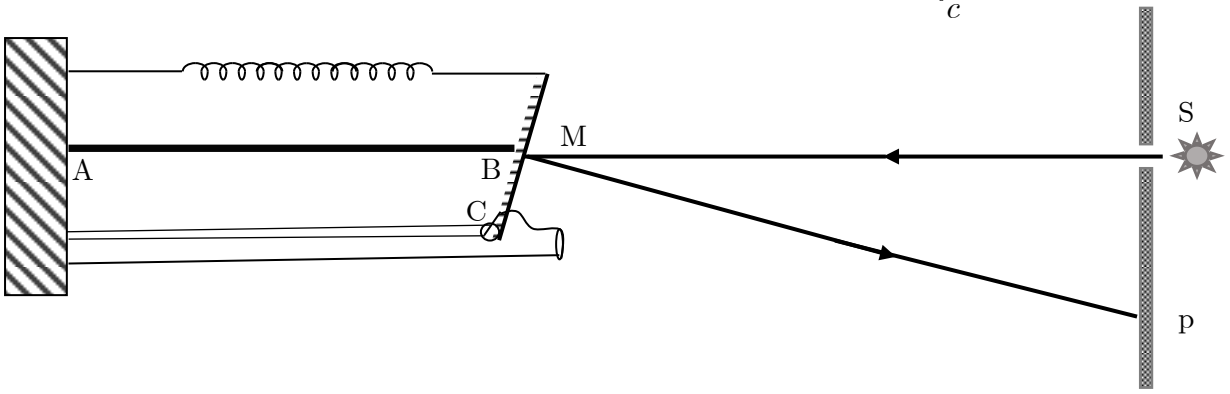
طرح از: آقای دکتر شیرزاد

۶- ماخ دستگاه شکل (۲-۱۷)، یک وسیلهٔ اندازه‌گیری دماست. در این دستگاه، انبساط میلهٔ آلومینیومی AB که طول آن در دمای صفر درجه سلسیوس برابر $40\ cm$ است، باعث می‌شود آینهٔ M حول لولای C چرخیده و باریکه نوری که از چشمهٔ s بر آن می‌تابد را منعکس کند. در نتیجه بر روی پردهٔ F نقطه p روشن می‌شود. دستگاه چنان است که در دمای صفر درجه سلسیوس سطح آینه بر میله و باریکهٔ نور تابیده عمود است و فاصلهٔ BC برابر $2\ cm$ است.

الف) فرض کنید روی پردهٔ F محل نقطهٔ روشن p را حداکثر با دقت $0/5\ cm$ بتوان تعیین کرد. فاصلهٔ پرده از آینه چقدر باشد تا خطای دستگاه در اندازه‌گیری دما حداکثر یک درجهٔ سلسیوس باشد.

ب) حداکثر در ۳ سطر توضیح دهید که برای بالا بردن دقت دستگاه چه کارهایی می‌توان کرد؟

(ضریب انبساط طولی آلومینیومی $2/6\times10^{-5}\ \frac{1}{^\circ c}$ است)



شکل (۲-۱۷)

طرح از: آقای دکتر شیرزاد

۷- دو خازن به ظرفیت‌های c_1 و c_2 را که قبلاً به اندازهٔ q_1 و q_2 پر شده‌اند، طوری به هم می‌بندیم که صفحات همنام به هم متصل شوند.

الف) بدون محاسبه و با استدلال فیزیکی (حداکثر در ۴ سطر) توضیح دهید که انرژی نهایی دست‌گاه نسبت به انرژی اولی‌ـ‌ـهٔ خازن‌ها چه تغییری می‌کند؟

ب) نتیجه‌ای را که در قسمت الف به آن رسیده‌اید با محاسبه ریاضی نشان دهید.

طرح از: آقای محمودزاده

۸- در یکی از انواع دوربین‌هایی که برای دیدن مناظر روی زمین به کار می‌رود، به جای عدسی همگرای چشمی، از عدسی واگرا استفاده شده و فاصلهٔ آن از عدسی همگرای شیئی طوری انتخاب می‌شود که آخرین تصویر نسبت به جسم مستقیم دیده می‌شود. به این دوربین، دوربین گالیله گفته می‌شود.

اگر چشم ناظر را چسبیده به عدسی چشمی فرض کنیم و فاصلهٔ کانونی عدسی‌های شیئی و چشمی به ترتیب f_1 و f_2 و آخرین تصویر در حداکثر رویت چشم ناظر D باشد.

الف) شکلی رسم کنید که مسیر پرتوهای نور در این دوربین و طرز تشکیل تصویر در آن را در حالت فوق نشان دهد.

ب) درشتنمایی آن را محاسبه کنید. (توجه کنید که بزرگی زاویه‌ای جسم و تصویر کوچک هستند)

ج) نشان دهید که اگر چشم ناظر سالم باشد درشتنمایی دوربین از رابط $G = \frac{f_1}{f_2}$ محاسبه می‌شود.

www.MAAKH.ir

۱- معلومات مسئله چنین است:

جرم بطری = ۲۶۵g

جرم بطری و گلوله‌های شیشه‌ای = ۶۱۵g

جرم بطری و گلوله‌های شیشه‌ای و آب = ۹۷۰ g

جرم بطری پر از آب = ۷۶۰ g

جرم گلوله‌های شیشه‌ای = ۶۱۵-۲۶۵ =۳۵۰ g

جرم آب هم حجم بطری = ۷۶۰ -۲۶۵ = ۴۹۵ g

حجم بطری = $v_۱ = \frac{۴۹۵}{۱} = ۴۹۵cm^۳$

جرم آب همراه گلوله‌ها = ۹۷۰ -۶۱۵ = ۳۵۵ g

حجم آب همراه گلوله‌ها = $v' = \frac{۳۵۵}{۱} = ۳۵۵cm^۳$

حجم گلوله‌ها $v_۲ = v_۱ - v' = ۴۹۵ - ۳۵۵ = ۱۴۰cm^۳$

چگالی گلوله‌ها $= \rho = \frac{m}{v_۲} = \frac{۳۵۰}{۱۲۰} = ۲ / ۵g / cm^۳$

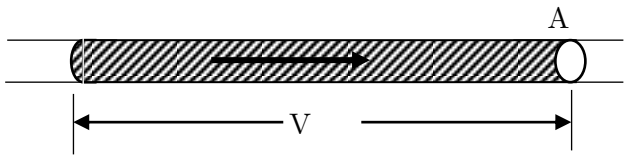
۲- فرض کنید مطابق شکل (۲-۶۶) مایعی درون یک لوله به سطح مقطع s و با سرعت v جریان دارد. می‌خواهیم حجم مایعی که در یک ثانیه از مقطع معینی مثلاً A از لوله می‌گذرد را حساب کنیم. روی لوله طول v را در نظر می‌گیریم.

پس از یک ثانیه تمام مایعی که در قسمت مشخص شدهٔ لوله قرار دارد، از مقطع A می‌گذرد. بنابراین حجم مایعی که در واحد زمان از مقطع معینی می‌گذرد چنین است:

$$v = sv$$

اکنون مطابق شکل (۲-۶۷) یک شیر آب را در نظر بگیرید. حجم آبی که در یک ثانیه از دهانهٔ شیر خارج می‌شود، عبارت است از:

$$v = s_۱v_۱$$

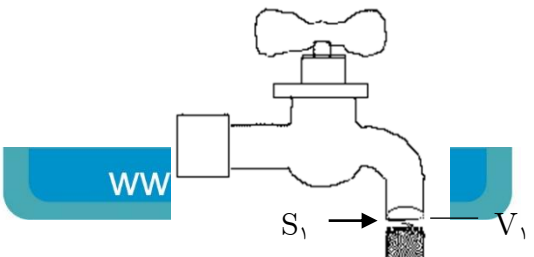


شکل (۲-۶۶)

هنگامی که آب پایین می‌رود، بر سرعتش افزوده می‌شود و به $v_۱ < v_۲$ می‌رسد و چون از مقطع $s_۲$ نیز باید همان مقدار آب در ثانیه بگذرد، پس باید $s_۲$ از $s_۱$ کوچکتر شود. از تساوی مقدار آبی که در ثانیه از هر مقطعی می‌گذرد، داریم:

$$s_۱v_۱ = s_۲v_۲$$

$$s_۲ = \frac{v_۱}{v_۲}s_۱$$



میان سرعت در دو ارتفاع مختلف رابطهٔ زیر برقرار است:

$$v_۲^۲ - v_۱^۲ = ۲gh$$
$$v_۲^۲ = ۲ \times ۱۰ \times ۰/۷۵ + ۱ = ۱۶$$
$$v_۲ = ۴m/s$$
$$s_۲ = \frac{\pi}{۴} D_۲^۲ = \frac{v_۱}{v_۲} \frac{\pi}{۴} D_۱^۲$$
$$D_۲ = \sqrt{\frac{۱}{۴}} D_۱ = \frac{۱}{۲} cm$$

۳- ماخ در هر ثانیه، همراه قطره‌های باران، $۱۰^{-۲} coul$ بار الکتریکی به هر مترمربع از سطح زمین می‌رسد. اگر بار الکتریکی در واحد سطح زمین را σ بگیریم مدتی که لازم است تا بارهای رسیده به زمین، بار سطحی زمین را خنثی کنند، چنین است.

$$\sigma = It$$
$$t = \frac{۹ \times ۱۰^{-۱۱}}{۱۰^{-۱۲}} = ۹۰s$$

باری که در اثر جریان، در شبانه‌روز به زمین می‌رسد، چنین است:

$$q = It' = ۱۰^{-۱۲} \times ۸۶۴۰۰ = ۸/۶۴ \times ۱۰^{-۸} coul$$

باری که در شبانه‌روز به تمام سطح زمین می‌رسد چنین است:

$$Q = qs = ۸/۶۴ \times ۱۰^۸ \times ۴\pi \times (۶/۴ \times ۱۰^۶)^۲$$
$$Q = ۴/۵ \times ۱۰^۷ coul$$

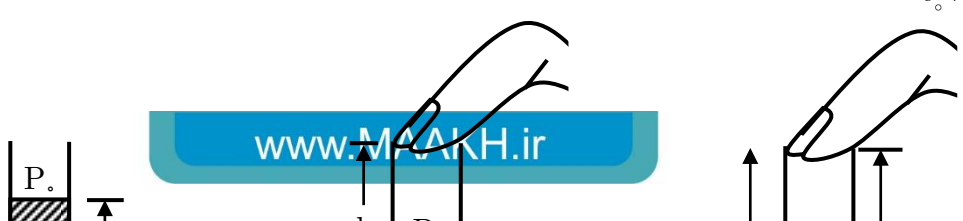
این مقدار بار توسط ۴۰۰۰۰ صاعقه خنثی می‌شود تا بار زمین محفوظ بماند. بار هر صاعقه چنین است.

$$Q' = \frac{۴/۵ \times ۱۰^۷}{۴۰۰۰۰} = ۱/۱ \times ۱۰^۳ coul$$

۴- ماخ در شکل (۲-۶۸) لوله در ظروف جیوه و نیز بیرون آن نشان داده شده است. فشار و حجم هوای بالای جیوه در دو حالت با رابطهٔ زیر به هم مربوط‌اند. در تمام رابطه‌ها سطح مقطع لوله حذف شده است و در نتیجه به جای حجم ارتفاع نوشته شده است.

(۲-۱)

$$p_۰ h_۱ = p_۲ h_۲$$
$$v_۰ \times ۱۵ = p_۲ h_۲$$



از طرفی فشار هوا و جیوهٔ باقیمانده در لوله باید با فشار هوای بیرون برابر باشد. پس داریم:

(۲-۲)

$$p_۲ + (۳۰ - h_۲) = p_۰$$

$$h_۱^۲ + ۴۰h_۲ - ۱۰۵۰ = ۰$$

از دو معادلهٔ (۲-۱) و (۲-۲) بالا داریم:

$$h_۲ = ۲۰ \pm \sqrt{۴۰۰ + ۱۰۵۰}$$

$$h_۲ = ۱۸$$

$$h = ۳۰ - ۱۸ = ۱۲cm$$

$$p_۲ = ۴۰ + h_۲ = ۴۰ + ۱۲ = ۵۲cmHg$$

در شکل (۲-۶۹) لولهٔ وارونه شده نشان داده شده است.

برای هوای زیر جیوه داریم:

$$p_۳h_۳ = p_۰h_۱$$

$$p_۳ = p_۰ + h = ۷۰ + ۱۲ = ۸۲cmHg$$

$$h_۳ = \frac{p_۰h_۱}{p_۳} = \frac{۱۵ \times ۷۰}{۸۲} = ۱۲ / ۸cm$$

۵- ماخ الف - میلهٔ ab بر اثر نیروی وزن سقوط می‌کند و مساحت $abcd$ که شار مغناطیسی از آن می‌گذرد تغییر می‌کند. (به شکل ۲-۷۰) نگاه کنید) این تغییر شار نیروی محرکهٔ القایی به وجود می‌آورد و این نیروی محرکه در مدار بستهٔ $abcd$ جریان القایی به وجود می‌آورد. از طرف میدان مغناطیسی بر میلهٔ ab که جریان از آن می‌گذرد نیروی وارد می‌شود که مطابق قانون لنز این نیرو باید رو به بالا باشد تا با عامل ایجاد نیروی محرکه یعنی سقوط میله مخالفت کند. ابتدا که سرعت کم است، نیروی محرکهٔ القایی، جریان و نیروی رو به بالا کم است و به تدریج زیاد می‌شود. هنگامی که این نیرو با وزن برابر شد، شتاب میله صفر شده و سرعت ثابت می‌ماند.

ب - در سرعت حد نیروی وارد بر جریان با وزن برابر است.

$$mg = i_m \ell B$$

$$i_m = \frac{mg}{\ell B}$$

جهت جریان با قاعدهٔ دست راست به دست می‌آید که از a به طرف b است. اگر در هر لحظه نیروی محرکهٔ القایی را E و سرعت را v فرض

www.MAAKH.ir

کنیم، داریم:

$$E = B\ell v$$

هنگامی که میله به سرعت حد می‌رسد، E و V بیشترین مقدار را خواهد داشت.

$$E = i_m R = B\ell v_m$$

$$v_m = \frac{i_m R}{B\ell} = \frac{mgR}{B^2\ell^2}$$

ج- چون سرعت ثابت است (پس از رسیدن به سرعت حد)، میله در مدت t به اندازهٔ $h = v_m t$ سقوط می‌کند و کاهش انرژی پتانسیل گرانشی چنین است.

$= mgh = mgv_m t = \frac{m^2 g^2 Rt}{B^2\ell^2}$ کاهش انرژی پتانسیل گرانشی انرژی گرمایی تولید شده در میله در همین مدت چنین است.

انرژی گرمایی تولید شده در میله $= Ri^2_m t = R\frac{m^2 g^2}{\ell^2 B^2} t$

ملاحظه می‌شود که کاهش انرژی پتانسیل گرانشی با انرژی گرمایی تولید شده در میله یکسان است.

۶- الف - افزایش طول میلهٔ آلومینیومی AB بر اثر افزایش دمای یک درجهٔ سلسیوس چنین است:

$$\Delta\ell = \ell\lambda\Delta\theta = ۴۰ \times ۲/۶ \times ۱۰^{-۵} \times ۱ = ۱/۰۴ \times ۱۰^{-۳} cm$$

با افزایش طول میلهٔ AB ، مطابق شکل (۲-۷۱) آینه دور لولای c به اندازهٔ زاویهٔ α می‌چرخد. چون زاویهٔ α کوچک است، داریم:

$$\alpha = \frac{\Delta\ell}{BC} = \frac{۱/۰۴ \times ۱۰^{-۳}}{۲} = ۰/۵۲ \times ۱۰^{-۳} Rad \qquad (۴-۲)$$

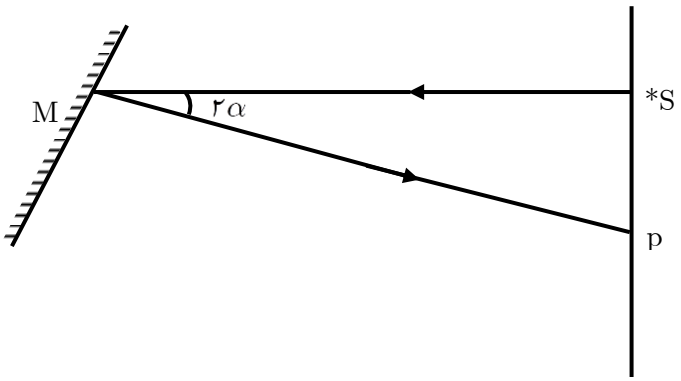
هنگامی که آینه به اندازهٔ زاویهٔ α می‌چرخد، نور بازتابیده به اندازهٔ زاویهٔ ۲α می‌چرخد و با توجه به شکل (۲-۷۲) برای فاصلهٔ نقطهٔ روشن p از چشمهٔ s داریم:

$$sp = ۲\alpha \times MS \qquad (۵-۲)$$

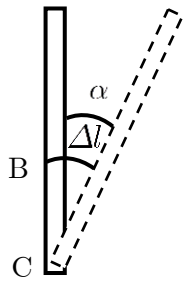
$$sp = ۱/۰۴ \times ۱۰^{-۳} \times MS$$

Sp تغییر لکه نورانی برای یک درجهٔ سلسیوس افزایش دما است. می‌خواهیم این مقدار از $۰/۵ cm$ کمتر ن باشد، زیرا دقت اندازه‌گیری طول روی پرده حداکثر $۰/۵ cm$ است. پس:

$$MS)_{\min} = \frac{۰/۵}{۱/۰۴\times۱۰^{-۳}} = ۴۸۰cm = ۴/۸m$$



شکل (۲-۷۲)



شکل (۲-۷۱)

ب - برای دقت بیشتر در اندازه‌گیری دما، به ازای افزایش دمای معین باید جابه‌جایی لکهٔ نورانی بیشتر باشد.

از رابطه‌های (۲-۳) و (۲-۴) و (۲-۵) برای انحراف لکهٔ نورانی داریم:

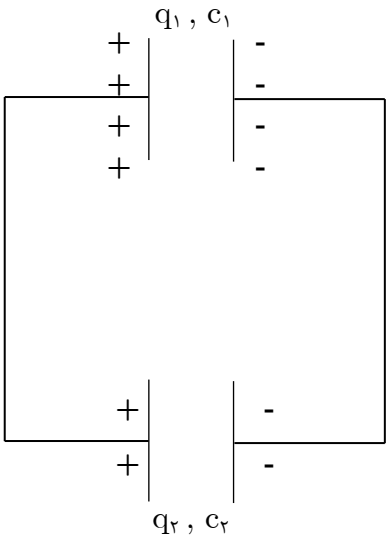
$$sp = ۲\frac{\Delta\ell}{BC}\times MS = ۲\frac{\ell\lambda\Delta\theta}{BC}\times MS \qquad (۲-۶)$$

فاصلهٔ sp از حد معینی نباید کمتر باشد ولی می‌خواهیم $\Delta\theta$ هر چه ممکن است کوچکتر باشد، یعنی اندازه‌گیری دما با دقت بیشتری انجام شود. از رابطهٔ (۲-۶) پیداست که باید:

- طول میلهٔ AB تا حد مقدور بزرگ باشد.
- طول آینهٔ BC تا حد مقدور کوچک باشد.
- ضریب انبساط حرارتی میلهٔ AB تا حد مقدور بزرگ باشد.
- فاصلهٔ پرده از آینه، MS تا حد مقدور بزرگ باشد.

۷- خازن‌ها در شکل (۲-۷۳) نشان داده شده است:

الف - اگر $v_۱ = \frac{q_۱}{c_۱} = \frac{q_۲}{c_۲} = v_۲$ باشد، اختلاف پتانسیل دو خازن یکسان است و با اتصال صفحات همنام، نقاط هم پتانسیل به هم وصل شده‌اند و در این صورت اتفاقی نخواهد افتاد. ولی اگر $v_۱ \neq v_۲$ باشد، دو نقطه با پتانسیل‌های متفاوت به هم وصل شده‌اند. در این حالت بارهای الکتریکی از پتانسیل بالاتر به طرف پتانسیل پایین‌تر حرکت می‌کنند و کاهش انرژی پتانسیل بارهای الکتریکی، درسیم به حرارت تبدیل می‌شود. پس خازن‌ها پس از اتصال به هم انرژی کمتری خواهند داشت.



شکل (۲-۷۳)

ب - پس از اتصال خازن‌ها به هم، می‌توان آن را معادل یک خازن با ظرفیت $c = c_۱ + c_۲$ دانست که بار آن $q = q_۱ + q_۲$ است. در این صورت انرژی بعدی چنین است.

$$u_۲ = \frac{۱}{۲}\frac{(q_۱ + q_۲)^۲}{c_۱ + c_۲}$$

$$u_۱ = \frac{۱}{۲}\frac{q_۱^۲}{c_۱} + \frac{۱}{۲}\frac{q_۲^۲}{c_۲}$$

برای انرژی قبلی در خازن داریم:

تغییر انرژی چنین است:

$$\Delta u = u_۲ - u_۱ = \frac{۱}{۲}\left[\frac{(q_۱ + q_۲)^۲}{c_۱ + c_۲} - \frac{q_۱^۲}{c_۱} - \frac{q_۲^۲}{c_۲}\right]$$

$$۲\Delta u(c_۱ + c_۲) = q_۱^۲ + q_۲^۲ + ۲q_۱q_۲ - \frac{c_۱ + c_۲}{c_۱}q_۱^۲ - \frac{c_۱ + c_۲}{c_۲}q_۲^۲$$

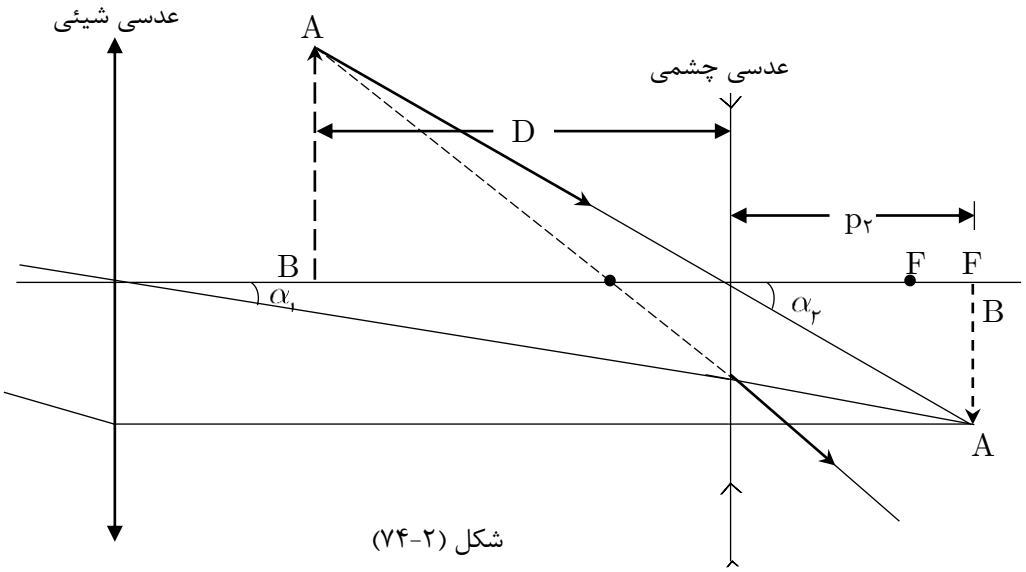
$$= -\left[\frac{c_۲}{c_۱}q_۱^۲ + \frac{c_۱}{c_۲}q_۲^۲ - ۲q_۱q_۲\right]$$

$$= -\frac{c_۲}{c_۱}\left[q_۱^۲ + (\frac{c_۱}{c_۲}q_۲)^۲ - ۲q_۱\frac{c_۱}{c_۲}q_۲\right]$$

$$= -\frac{c_۲}{c_۱}\left[q_۱ - \frac{c_۱}{c_۲}q_۲\right]^۲ < ۰$$

چون $\Delta u < ۰$ است، پس انرژی خازن‌ها پس از اتصال به هم کاهش یافته است.

۸- الف - مسیر پرتوهای نور در شکل (۲-۷۴) نشان داده شده است.



شکل (۲-۷۴)

ب - از جسمی که بسیار دور است، تصویری در کانون عدسی شیئی تشکیل می‌شود. بزرگی زاویه‌ای $\alpha_۱$ را می‌توان با توجه به کوچک بودن آن چنین نوشت: $\alpha = \frac{A_۱B_۱}{f_۱}$

که در آن $f_۱$ فاصلهٔ کانونی عدسی شیئی است.

برای عدسی چشمی داریم:

$$\frac{۱}{-p_۲}+\frac{۱}{-D}=\frac{۱}{-f_۲}$$

و با توجه به کوچکی $\alpha_۲$، داریم:

$$p_۲=\frac{f_۲D}{D-f_۲}$$

$$\alpha_۲=\frac{A_۱B_۱}{f_۲}=\frac{A_۱B_۱(D-f_۲)}{f_۲D}$$

بنا به تعریف درشتنمایی نسبت دو بزرگی زاویه‌ای است.

$$G=\frac{\alpha_۲}{\alpha_۱}=\frac{A_۱B_۱(D-f_۲)}{f_۲D}\times\frac{f_۱}{A_۱B_۱}=\frac{f_۱}{f_۲}(۱-\frac{f_۲}{D})=\frac{f_۱}{f_۲}-\frac{f_۱}{D}$$

ج - در چشم سالم، حداکثر رویت بینهایت است، با قرار دادن $D=\infty$ در رابطهٔ بالا داریم:

$$G=\frac{f_۱}{f_۲}$$

www.MAAKH.ir