جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

بنام خدا

ماخ

دفترچه سوالات به همراه پاسخنامه تشریحی
مرحله دوم
هفتمین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۷۲

مدت آزمون (دقیقه)	تعداد سوالات	
	مساله‌های تشریحی	سوالات چند گزینه‌ای
۲۱۰	۱۰	-

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب ممنوع است.

تذکرات آزمون:

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

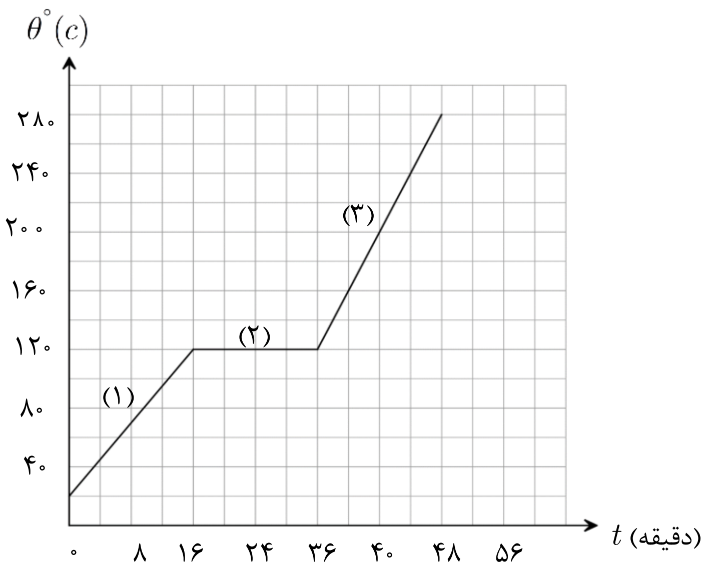
- این آزمون شامل **۱۰ سوال تشریحی** و وقت آن **۲۱۰ دقیقه** است.
- نمره‌ی هر سوال در ابتدای آن نوشته شده است.
- استفاده از ماشین‌حساب در این آزمون مجاز است.
- همراه داشتن تلفن همراه (حتی خاموش) در طول زمان آزمون مجاز **نیست**.
- فقط داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند.
- جمع‌آوری و آماده‌سازی دفترچه‌ی سوالات این آزمون توسط **کمیته‌ی علمی ماخ** انجام شده است.

۱- یک قطار می‌توانند حداکثر با شتاب $\cdot/۲m/s^۲$ بر سرعت خود بیفزاید و بیشترین شتاب ترمز آن برابر $\cdot/۸m/s^۲$ است. کمترین زمان ممکن که این قطار می‌تواند فاصله $۳/۲km$ میان دو ایستگاه را بپیماید چقدر است؟

۲- در محلی که فشار هوا ثابت است، دما از $۲۷۳k$ به $۲۹۰\,k$ رسیده است. به علت تغییر دما، سطح جیوه در لوله هواسنج (بارومتر) جیوه‌ای که لولهٔ شیشه‌ای آن مدرج است از مقابل عدد ۷۶ به مقابل عدد ۷۶/۲۲ سانتیمتر می‌رسد.

اگر ضریب انبساط (طولی) شیشهٔ هواسنج $۹\times ۱۰^{-۶}\,c^{-۱}$ فرض شود، ضریب انبساط حجمی مطلق جیوه را حساب کنید.

۳- به جسم جامدی، باتوان ثابت گرما می‌دهیم. شکل (۷-۱) تغییرات دمای جسم رانسبت به زمان نشان می‌دهد.

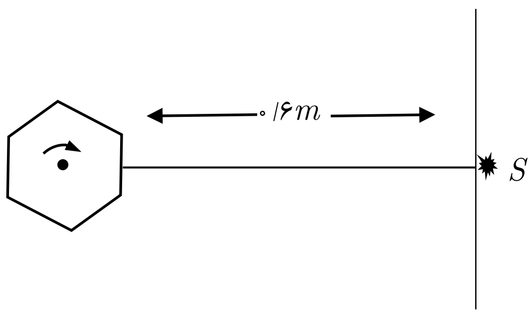


شکل (۷-۱)

الف) قسمت‌های مختلف نمودار را تحلیل کرده و توضیح دهید که در هر شاخهٔ نمودار، جسم در چه حالتی است. شیب شاخه‌های (۱) و (۲) را مقایسه کرده، نتیجه را بنویسید.

ب) گرمای ویژه جسم را در حالت جامد و مایع حساب کنید. گرماینهان ذوب جسم $۸۰\ J/g$ است.

۴- یک باریکهٔ نور پس از عبور از شکاف پرده‌ای مطابق شکل (۷-۲) بر سطح جانبی یک شش وجهی منتظم کـه سطحی آن آینهٔ تخت است می‌تابد. باریکهٔ نور بر پرده و محور شش وجهی که به طور قائم قرار دارد عمود است. اگر شش وجهی دور محور یاد شده بگردد، طول خط روشن حاصل از بازتاب نور بر پرده را با رسم شکل و توضیح کافی، محاسبه کنید.



شکل (۷-۲)

۵- یک ظرف استوانه‌ای شکل که تمام سطح‌های درونی آن کاملاً بازتابنده است، در اختیار داریم و آن را از مایعی به ضریب شکست n پر کرده‌ایم. یک منبع نورانی نقطه‌ای شکل درون مایع و روی محور استوانه قرار دارد.

الف) نشان دهید که کسری از انرژی منبع نورانی که از سطح مایع خارج می‌شود، به فاصلهٔ منبع نورانی از سطح مایع، بستگی ندارد.

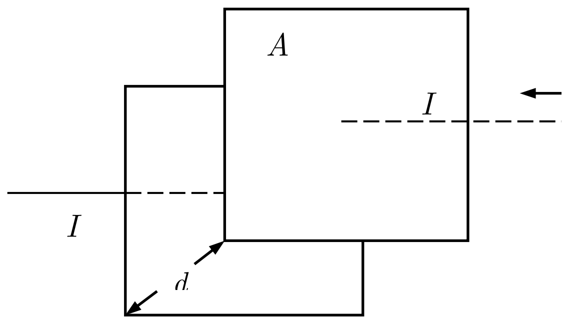
ب) کسر مزبور را حساب کنید.

۶- روشنایی ظاهری یک جسم نورانی که نورش را در تمام جهات به طور یکنواخت منتشر می‌کند، در فاصلهٔ r از آن جسم، عبارتست از انرژیی که در واحد زمان به واحد سطح می‌رسد. مثلاً اگر انرژی تابش شده از جسم نورانی در واحد زمان (توان) L باشد، f، روشنایی ظاهری جسم در فاصلهٔ r از آن، از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$f = \frac{L}{۴\pi r^{۲}}$$

فرض کنید ماه و خورشید هر دو از زمین با بزرگی زاویه‌ای ۰/۵ درجه مشاهده می‌شوند و روشنایی ظاهری ماه در زمین حدود ۲×۱۰^{-۶} برابر روشنایی ظاهری خورشید در زمین باشد. اگر نوری که از خورشید به ماه می‌رسد، در تمام جهات یک نیم کره به طور یکنواخت بازتاب پیدا کند، ضریب بازتاب ماه را به دست آورید. فاصلهٔ خورشید از زمین و از ماه را برابر بگیرید.

۷- خازن مسطحی با مساحت صفحات A و فاصلهٔ d را مطابق شکل (۷-۳) در نظر بگیرید. در یک لحظه جریان I به طرف یکی از صفحه‌ها می‌رود و از صفحهٔ دیگر همان جریان I خارج می‌شود. در مدت زمان کوتاه Δt:



شکل (۷-۳)

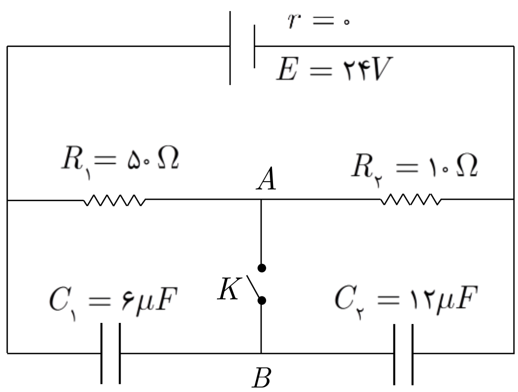
الف) افزایش بار خازن، ΔQ را حساب کنید.

ب) افزایش میدان الکتریکی میان صفحه‌ها، ΔE را حساب کنید.

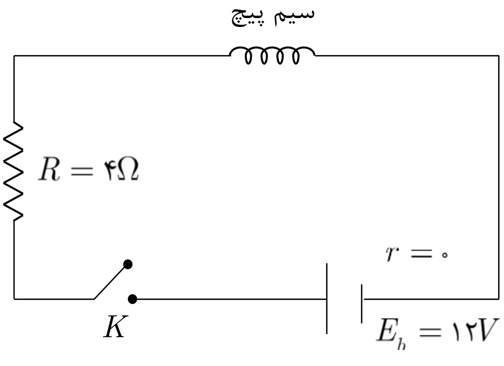
ج) آهنگ تغییرات میدان الکتریکی، $\frac{\Delta E}{\Delta t}$ را حساب کنید.

در لحظه‌ای که بار خازن Q باشد، شدت میدان الکتریکی E است.

۸- در مدار شکل (۷-۴) ابتدا کلید k باز است. اگر کلید k را ببندیم، چه مقدار بار الکتریکی از کلید k عبور می‌کند و جهت جریان الکتریکی در کلید به کدام طرف است؟



شکل (۷-۴)



شکل (۷-۵)

۹- مداری مانند شکل (۷-۵) در نظر بگیرید. در لحظهٔ $t=0$ ، کلید k را می‌بندیم. نمودار تغییرات نیروی محرکه القایی در سیم‌پیچ، در شکل (۷-۶) داده شده است. (محور زمان بر حسب یک واحد اختیاری مدرج شده است)

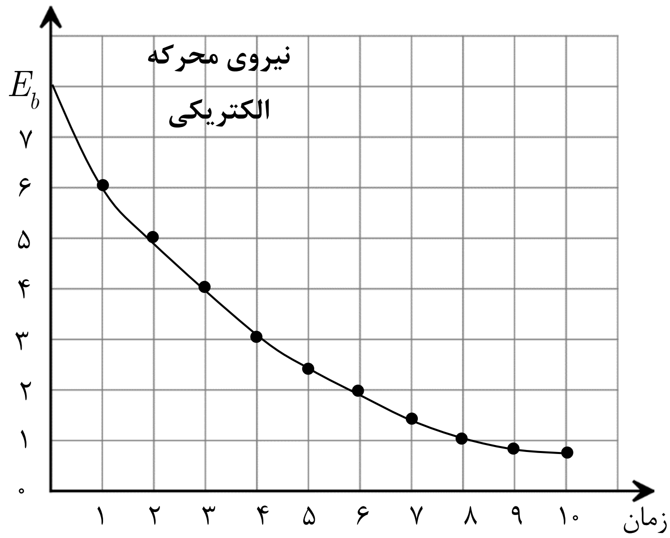
الف) توضیح دهید که چرا در سیم‌پیچ نیروی محرکه القایی به وجود می‌آید. شار مغناطیسی که از سیم‌پیچ می‌گذرد، با جریان آن متناسب است و به صورت $\phi=14I$ می‌باشد.

ب) با توجه به اینکه هیچگاه یک کمیت فیزیکی بی‌نهایت نمی‌شود، مقدار E_0 را حساب کنید.

ج) نمودار تغییرات جریان مدار را نسبت به زمان روی محورهای مختصاتی که محور زمان آن برحسب واحد زمان در شکل (۷-۶) مدرج شده باشد، به طور تقریبی رسم کنید.

(روش تعیین جریان مدار، مربوط به زمان‌های ۱، ۲، ۳،... را ذکر کنید)

د) پس از گذشت مدت زمان کافی، جریان چه مقدار خواهد شد.

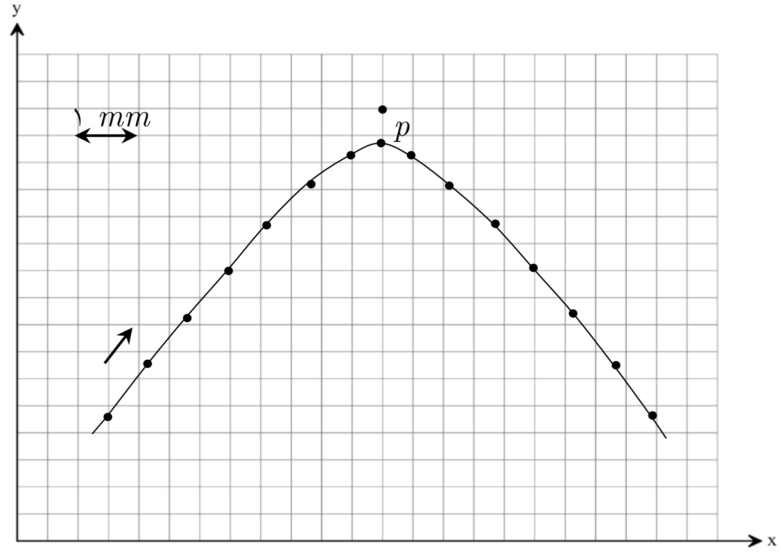


شکل (۷-۶)

۱۰- اندازهٔ انرژی پتانسیل الکتریکی یک جسم با بار الکتریکی q که در فاصلهٔ r از بار الکتریکی دیگری با بار Q قرار دارد از رابطهٔ $E_p=k\frac{qQ}{r}$ محاسبه می‌شود. در این رابطه $k=9\times10^{9}Nm^2/C^2$، است.

پروتونی با بار $q_p=1/6\times10^{-19}C$ و جرم $m_p=1/67\times10^{-27}kg$ به سمت یک هسته سنگین با بار Q پرتاب می‌شود و تحت تأثیر نیروی دافعهٔ الکتریکی آن مسیری مطابق شکل (۷ـ۷) را طی می‌کند. نقطهٔ p، در شکل مکان هسته است که در طی این عمل ثابت فرض می‌شود.

نقاط مشخص شده روی منحنی مسیر، مکان پروتون را در فاصله‌های زمانی $\Delta t=5\times10^{-6}s$ نشان می‌دهند. با توجه به قانون بقای انرژی مکانیکی، نسبت بار هسته به بار پروتون $(\frac{Q}{q})$ را حساب کنید. پاسخ به ۲۰٪ خطا قابل قبول است.



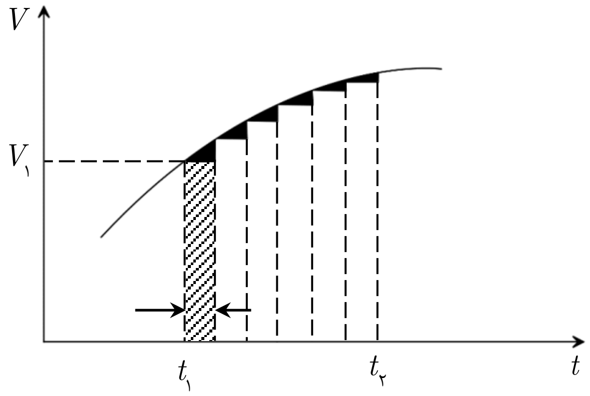
شکل (۷-۷)

«پاسخنامه‌ی تشریحی»

۱- ساده‌ترین راه‌حل این مسئله استفاده از نمودار سرعت ـ زمان است. فرض کنید تغییرات سرعت متحرکی که روی یک خط راست حرکت می‌کند، نسبت به زمان مطابق با شکل (۷-۸) باشد. در لحظهٔ t_1، سرعت متحرک v_1 است و به تدریج زیادتر می‌شود. اگر از تغییر سرعت در مدت زمان کوتاه Δt چشم بپوشیم، در این مدت جابه‌جایی متحرک چنین است.

$$v_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t} \to \Delta x = v_1 \Delta t$$

از روی شکل پیداست که $v_1\Delta t$ با مساحت نوار هاشور خورده برابر است. اگر بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 را به تعداد زیادی بازهٔ زمانی کوچک Δt تقسیم کنیم، جابه‌جایی در هر یک از Δtها به همان روش به دست می‌آید و جابه‌جایی کل برابر با مجموع مساحت نوارهای مشابه است. مجموع مساحت نوارها با مساحت زیر نمودار سرعت - زمان تفاوت کمی دارد که در شکل سیاه شده است. هرچه تعداد Δtها را کوچکتر کنیم، تفاوت مساحت زیر نمودار، با مجموع مساحت نوارها کمتر شده و در حد یکی خواهند شد. بنابراین جابه‌جایی یک متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 ، با مساحت زیر نمودار سرعت زمان در آن بازه برابر است.

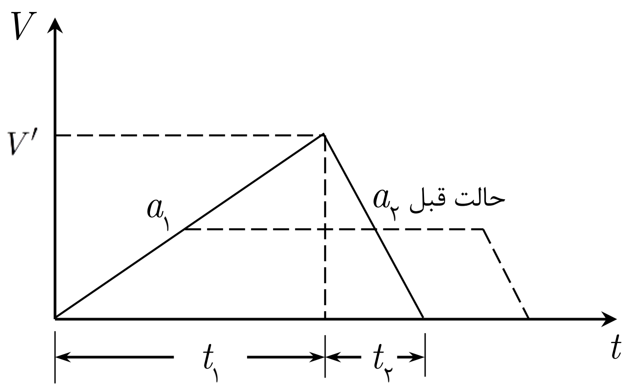


شکل (۷-۸)

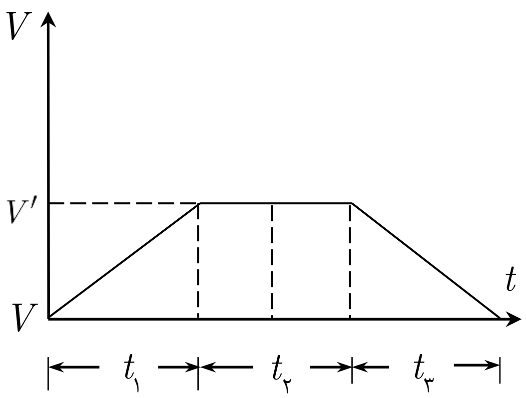
فرض کنید قطار مورد نظر به مدت t_1 شتاب گرفته و سرعتش به v می‌رسد، سپس به مدت t_2با این سرعت به طور یکنواخت حرکت می‌کند و پس از آن ترمز کرده و پس از مدت t_3 متوقف می‌شود. نمودار سرعت ـ زمان حرکت این قطار در شکل (۷ـ۹) رسم شده است. شیب نمودار در مدت t_1 شتاب تند شونده قطار و شیب نمودار در مدت t_3 ، شتاب کند شونده قطار به علت ترمز است. با توجه به توضیحاتی که داده شد، مساحت زیر نمودار برابر با جابه‌جایی قطار است که در این حالت با مسافت طی شده برابر است.

در این صورت مدت زمانی که قطار فاصلهٔ ۳/۲km را که برابر با مساحت ذوزنقه است، پیموده برابر با $t = t_1 + t_2 + t_3$ است.

اگر بخواهیم مدت زمان t کمترین مقدار باشد، باید ذوزنقه به مثلثی با همان مساحت تبدیل شود، یعنی قاعدهٔ کوچک آن صفر شود.



شکل (۷-۱۰)



شکل (۷-۹)

این حالت در شکل (۷ـ۱۰) نشان داده شده است. با استفاده از شکل (۷ـ۱۰) داریم:

$$\left.\begin{aligned} v' &= a_۱ t_۱ = ۰/۲\times t_۱ \\ v' &= a_۲ t_۲ = ۰/۸\times t_۲ \end{aligned}\right\} \rightarrow \frac{t_۱}{t_۲} = \frac{۰/۸}{۰/۲} = ۴$$

$$s = \frac{۱}{۲} v' \times (t_۱ + t_۲) = ۳۲۰۰ m$$

$$۳۲۰۰ = \frac{۱}{۲}\times ۰/۲ t_۱ \times (t_۱ + \frac{t_۱}{۴}) = ۰/۱۲۵ t_۱^۲$$

$$t_۱ = ۱۶۰ s$$

$$t_۲ = \frac{t_۱}{۴} = \frac{۱۶۰}{۴} = ۴۰ s$$

$$t = t_۱ + t_۲ = ۱۶۰ + ۴۰ = ۲۰۰ s$$

۲- در دمای $T_۰ = ۲۷۳^\circ k$ ، چگالی جیوه و ارتفاع آن در لولهٔ هواسنج را $\rho_۰$ و $h_۰$ فرض می‌کنیم. در دمای $T = ۲۹۰^\circ k$ چگالی جیوه را ρ و ارتفاع آن را h فرض می‌کنیم. اگر لولهٔ شیشه‌ای هواسنج در اثر تغییر دما منبسط نمی‌شد، چون فشار هوا ثابت است، رابطهٔ زیر برقرار بود.

$$\rho_۰ g h_۰ = \rho g h \qquad (۱-۷)$$

ولی لولهٔ شیشه‌ای نیز به علت تغییر دما منبسط شده است و در نتیجه درجه‌های خط‌کشی شده روی آن بزرگتر شده است. بنابراین h که روی درجه‌های شیشه خوانده شده است، از مقدار واقعی کمتر است.

اگر واحد درجه‌بندی روی شیشه $l_۰$ (مثلاً $۱ cm$) باشد، در دمای T، این واحد چنین است.

$$l = l_۰(۱+\lambda\Delta T) \qquad (۲-۷)$$

از رابطهٔ (۷-۲) پیداست که ارتفاع ستون جیوه با ضریب $(۱+\lambda\Delta T)$ کمتر خوانده شده است. اگر در دمای T ارتفاع ظاهری ستون جیوه را h' و ارتفاع واقعی آن را h بنامیم داریم:

$$h = h'(۱+\lambda\Delta T) \qquad (۳-۷)$$

با استفاده از رابطه‌های (۷-۱) و (۷-۳) داریم:

$$\rho_۰ g h_۰ = \rho g h'(۱+\lambda\Delta T)$$

$$\rho_۰ h_۰ = \frac{\rho_۰}{۱+a\Delta T} h'(۱+\lambda\Delta T)$$

$$۷۶ = \frac{۱}{۱+۱۷a}\times ۷۶/۲۲(۱+۱۷\times ۹\times ۱۰^{-۶})$$

$$۷۶ + ۱۲۹۲a = ۷۶/۲۲ + ۱۱/۷\times ۱۰^{-۳}$$

$$a = ۱۷\times ۱۰^{-۵^\circ} C^{-۱}$$

۳- نمودار تغییرات دمای جسم نسبت به زمان در شکل (۷-۱۱) نشان داده شده است.

الف) در شاخهٔ (۱) نمودار، دمای جسم با گرفتن انرژی زیاد شده است. این کار تا رسیدن جسم به دمای $\theta_۱ = ۱۲۰^\circ c$ ادامه یافته است. در شاخهٔ (۲) نمودار، جسم با گرفتن انرژی گرمایی، تغییر دما نداده است، بلکه انرژی گرمایی صرف تغییر حالت جسم از جامد به مایع شده است. در شاخهٔ (۳) نمودار، دمای جسم با گرفتن انرژی بالا رفته است. جسم در این قسمت به صورت مایع است.

ب) گرمای ویژه جسم را در حالت جامد و در حالت مایع و گرمای نهان ذوب را L و توان منبع گرما را P می‌گیریم. در فاصلهٔ زمانی ۰ تا ۱۶ دقیقه داریم:

$$(۱۶\times ۶۰)p = mC_s\Delta\theta_۱ = mC_s(۱۲۰-۲۰) = ۱۰۰ mC_s \qquad (۴-۷)$$

در فاصله ۱۶ دقیقه تا ۳۲ دقیقه داریم:

$$(۱۶\times ۶۰)p = mL = ۸۰ m \qquad (۵-۷)$$

در فاصله زمانی ۳۲ دقیقه تا ۴۰ دقیقه داریم:

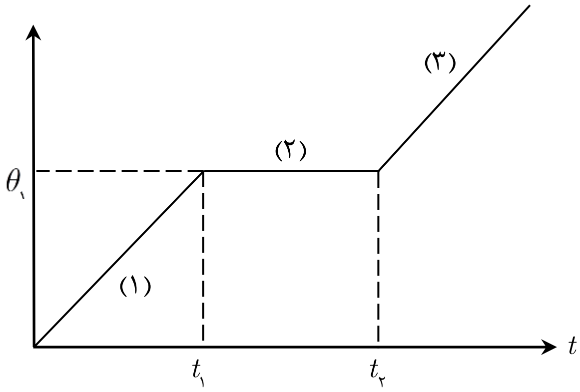
$$(۸\times ۶۰)p = mC_l\Delta\theta_۲ = mC_l(۲۰۰-۱۲۰) = ۸۰mC_l \qquad (۷-۶)$$

از تقسیم دو طرف رابطهٔ (۷-۴) بر دو طرف رابطهٔ (۷-۵) داریم:

$$\frac{۹۶۰p}{۹۶۰p} = \frac{۱۰۰mC_s}{۸۰m} \to C_s = \frac{۸۰}{۱۰۰} = ۰/۸J/g^\circ C$$

از تقسیم دو طرف رابطهٔ (۷-۶) بر دو طرف رابطهٔ (۷-۵) داریم:

$$\frac{۴۸۰p}{۹۶۰p} = \frac{۸۰mC_l}{۸۰m} \to C_l = ۰/۵J/g^\circ C$$



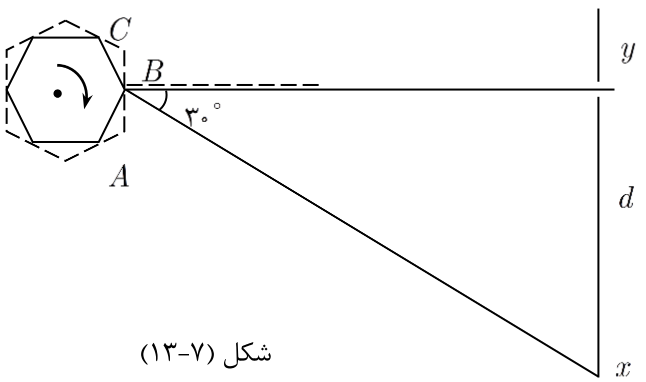
شکل (۷-۱۱)

۴- هنگامی که منشور مطابق شکل (۷-۱۲) شروع به گردش می‌کند. محل برخورد نور به وجه AB از وسط صفحه به کنارهٔ B نزدیک می‌شود. در این مدت خط عمود بر سطح آینه و در نتیجه نور باز تابیده نیز می‌چرخد و لکهٔ نورانی روی پرده به طرف x روی آن جابه‌جا می‌شود. هنگامی که منشور به اندازه‌ای چرخیده است که نوری به کنارهٔ B از وجه AB بر می‌خورد، خط عمود بر صفحهٔ آینه به اندازهٔ نسبت به شروع چرخش، گشته است(به شکل (۷-۳) نگاه کنید) در نتیجه نور بازتابیده به اندازهٔ دو برابر، یعنی می‌چرخد و لکه نورانی روی پرده جابه‌جا می‌شود.

جابه‌جایی لکهٔ نور روی پرده چنین است:

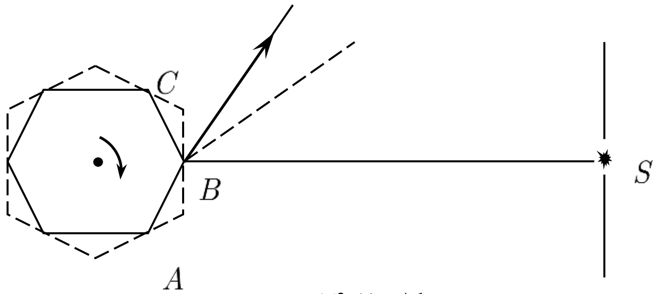
$$d_x = ۰/۶\times tg(۲\times ۳۰) = ۰/۶\times\sqrt{۳} = ۱/۰۴m$$

شکل (۷-۱۲)



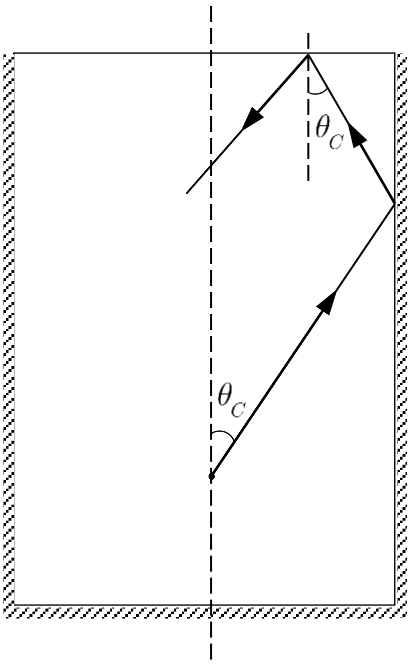
شکل (۷-۱۳)

اگر آینه مقدار کمی بچرخد به طوری که باریکهٔ نور به کنارهٔ B از وجه BC برخورد کند، خط عمود بر آینه نسبت به شروع چرخش، به اندازهٔ نسبت به شروع چرخش ولی در جهت مخالف گشته است. (به شکل (۷-۱۴) نگاه کنید). در نتیجه نور بازتابیده به اندازهٔ زاویهٔ در جهت مخالف می‌چرخد و لکهٔ نورانی در طرف y روی پرده جابه‌جا می‌شود. در این حالت حداکثر جابه‌جایی روی پرده و در طرف y وجود دارد. و مقدار آن همان است. با چرخش آینه، زاویهٔ تابش کم شده و لکهٔ نورانی به طرف وسط پرده آمده و سپس در طرف دیگر پرده جابه‌جا می‌شود. بنابراین لکهٔ نورانی روی پرده از یک طرف و به فاصلهٔ $1/04m$ از روزنه به تدریج به طرف دیگر آن و تا $1/04m$ جابه‌جا می‌شود و ناگهان به نقطهٔ اول بر می‌گردد. اگر منشور به اندازهٔ کافی سریع به چرخد، یک خط نورانی ثابت به طول $2/08m$ روی پرده مشاهده می‌شود.

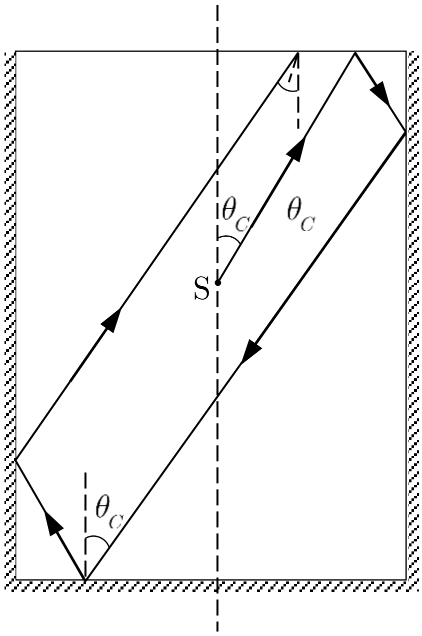


شکل (۷-۱۴)

۵- در شکل (۷ـ۱۵) یک پرتو نور که با زاویهٔ حد θ_c به سطح مایع برمی‌خورد نشان داده شده است. این پرتو به داخل مایع بازتاب می‌کند و پس از بازتاب‌های متوالی روی دیواره‌های ظرف، باز هم همان زاویهٔ θ_c به سطح مایع بر می‌خورد. بنابراین تمــام پرتوهایی که با زاویــهٔ
بزرگتر از زاویهٔ θ_c به سطح مایع و یا کناره‌های ظرف بر می‌خورند، از مایع خارج نمی‌شوند. به این ترتیب تنها پرتوهایی که درون یک مخروط به زاویهٔ رأس $2\theta_c$قرار دارند خارج می‌شوند. در شکل (۷ـ۱۶) حالتی نشان داده شده است که فاصلهٔ منبع نور از سطح مایع، زیادتر است. در این حالت پرتو نوری که زاویهٔ θ_cبا محور می‌سازد، به بدنهٔ ظرف بر می‌خورد. در این حالت نیز تنها پرتوهایی که زاویهٔ کوچکتر از θ_c نسبت به محور دارند، از سطح مایع خارج می‌شود.



شکل (۷-۱۶)

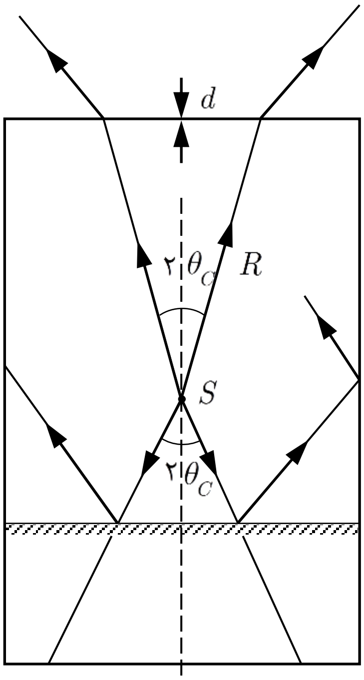


شکل (۷-۱۵)

در شکل (۷-۱۷) پرتوهایی که از مایع خارج می‌شوند، نشان داده شده است.

الف) منبع نور در هر جای از محور استوانه باشد، تمام پرتوهایی که درون یک مخروط باشند از سطح مایع خارج می‌شوند و چون زاویهٔ رأس

این مخروط همواره $۲\theta_c$است، کسری از انرژی منبع نورانی که از سطح مایع خارج می‌شود، به فاصلهٔ منبع نور از سطح مایع بستگی ندارد.



شکل (۷-۱۷)

ب) اگر کره‌ای به شعاع R و به مرکز منبع نور در نظر بگیریم، انرژی نورانی که به واحد سطح این کره می‌رسد، مقدار معینی است. بخشی از انرژی منبع نورانی که به سطح عرقچین کروی می‌رسد(محل تقاطع مخروط به زاویهٔ رأس $۲\theta_c$ و کره‌ای به شعاع R و به مرکز منبع نور) از مایع خارج می‌شود و بقیه در مایع محبوس می‌ماند. اگر سطح عرقچین کروی را S_o و سطح کره را S بگیریم، کسری از انرژی که از مایع خارج می‌شود، چنین است.

$$\eta \frac{۲S_o}{S}$$

در رابطهٔ بالا ضریب ۲ در صورت به این دلیل است که پرتوهای داخل مخروط پایین نیز نهایتاً از مایع خارج می‌شوند. (به شکل (۷ـ۱۷) نگاه کنید). برای مساحت عرقچین کروی داریم:

$$S_o = ۲\pi kd = ۲\pi R^۲(۱-\cos\theta_c)$$

$$\eta = \frac{۴\pi R^۲(۱-\cos\theta_c)}{۴\pi R^۲} = ۱-\cos\theta_c$$

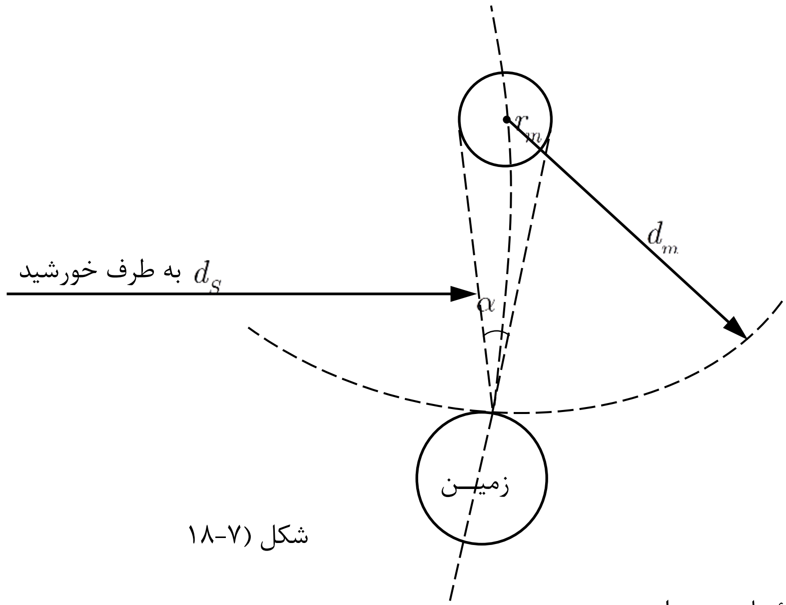
$$\sin\theta_c = \frac{۱}{n} \rightarrow \cos\theta_c = \sqrt{۱-\sin^۲\theta_c} = \sqrt{۱-\frac{۱}{n^۲}}$$

$$\eta = ۱-\sqrt{۱-\frac{۱}{n^۲}}$$

۶- ماخ مطابق با شکل (۷-۱۸) کره‌ای به مرکز خورشید به نحوی رسم می‌کنیم که از زمین و ماه که تقریباً در یک فاصله از خورشید قرار دارند، بگذرد. انرژی رسیده به هر واحد سطح از این کره به شعاع d_s، در واحد زمان چنین است.

$$f_s = \frac{L_s}{۴\pi d_s ۲}$$

که در آن L_s انرژی تابش شده از خورشید در واحد زمان است. یک نیمکره از ماه در معرض این تابش است ولی سطح موثر در برابر این انرژی معادل مساحت دایرهٔ عظیمهٔ ماه یعنی $\pi r_m^۲$ دست که r_m شعاع ماه است.



شکل (۷-۱۸)

بنابراین انرژی دریافتی توسط یک نیمکرهٔ ماه چنین است.

$$L_m = \pi r_m^۲ f_s$$

این انرژی از سطح نیمکرهٔ ماه باز می‌تابد. اگر ضریب بازتاب ماه η باشد، برای روشنایی ظاهری ماه داریم:

$$f_m = \frac{\eta L_m}{۲\pi d_m^{\,۲}} = \frac{\eta \pi r_m^۲ f_s}{۲\pi d_m^{\,۲}}$$

$$\frac{f_m}{f_s} = \frac{\eta}{۸}\left(\frac{۲r_m}{d_m}\right)^۲$$

از شکل پیداست که $\frac{۲r_m}{d_m}$ همان بزرگی زاویه‌ای ماه از زمین (برحسب رادیان) است.

$$\alpha = ۰/۵^\circ = ۸/۷\times ۱۰^{-۳}\,Rad$$

$$\eta = \frac{f_m}{f_s}\times\frac{۸}{\alpha^۲} = ۲\times ۱۰^{-۶}\times\frac{۸}{۸/۷^۲\times ۱۰^{-۶}} = ۰/۲۱$$

۷- الف ـ با توجه به تعریف شدت جریان داریم:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \to \Delta Q = I\,\Delta t$$

ب ـ با افزایش بار صفحه‌ای خازن، اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها افزایش می‌یابد. داریم:

$$V = \frac{Q}{C} \to \Delta V = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{I\,\Delta t}{C} = \frac{I\,\Delta t}{\varepsilon_۰ A}d$$

$$E = \frac{V}{d} \to \Delta E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{I\,\Delta t}{\varepsilon_۰ A}$$

ج ـ از رابطهٔ بالا داریم:

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{I}{\varepsilon_۰ A}$$

۸- مدار مورد نظر قبل از بستن کلید k در شکل (۷-۹) نشان داده شده است. دو خازن $C_۱$ و $C_۲$ به طور متوالی به هم بسته شده و ظرفیت معادل آن چنین است.

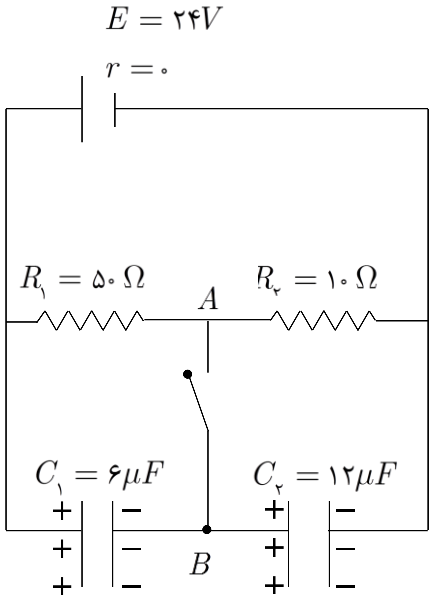
$$\frac{۱}{C}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}$$

$$C=\frac{۱۲\times ۶}{۱۲+۶}=۴\mu F$$

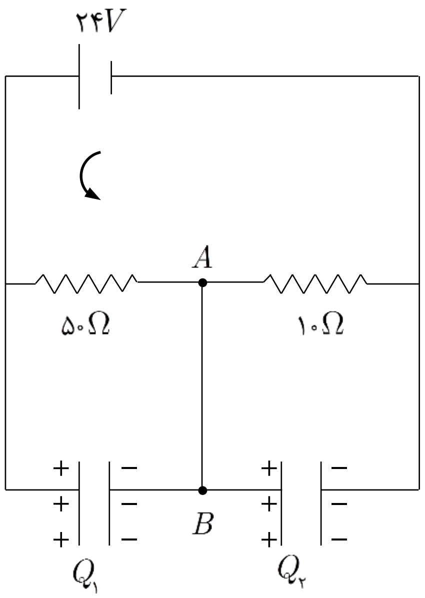
اختلاف پتانسیل دو سر خازن معادل برابر با $۲۴v$ است. پس بار خازن معادل و در نتیجه بار هر کدام از خازن‌ها چنین است.

$$Q=CV=۴\times ۱۰^{-۶}\times ۲۴=۹۶\times ۱۰^{-۶}coul$$

مدار پس از بستن کلید k در شکل (۷-۲۰) نشان داده شده است.



شکل (۷-۱۹)



شکل (۷-۲۰)

جریان مدار چنین است.

$$E=I(R_۱+R_۲)$$

$$I=\frac{۲۴}{۵۰+۱۰}=۰/۴A$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۱$ و خازن $C_۱$ برابر بوده و داریم:

$$V_{R۱}=V_{C۱}=IR_۱=۰/۴\times ۵۰=۲۰v$$

$$Q_۱=C_۱V_{C_۱}=۶\times ۱۰^{-۶}\times ۲۰=۱۲۰\times ۱۰^{-۶}coul$$

دو سر مقاومت $R_۲$ و خازن $C_۲$ نیز اختلاف پتانسیل برابر دارند و داریم:

$$V_{R۲}=V_{C۲}=IR_۲=۰/۴\times ۱۰=۴v$$

$$Q_۲=C_۲V_{C۲}=۱۲\times ۱۰^{-۶}\times ۴=۴۸\times ۱۰^{-۶}C$$

مجموع بار الکتریکی روی دو صفحهٔ خازن که در دو طرف نقطهٔ B قرار دارند، قبل از بستن کلید چنین است.

$$Q_۱=-۹۶\times ۱۰^{-۶}+۹۶\times ۱۰^{-۶}=۰$$

پس از بستن کلید، مجموع بار روی این دو صفحه چنین است.

$$Q_۲'=-۱۲۰\times ۱۰^{-۶}+۴۸\times ۱۰^{-۶}=-۷۲\times ۱۰^{-۶}C$$

بنابراین -۷۲×۱۰^{-۶} کولن بار الکتریکی از راه کلید به طرف نقطهٔ B آمده است. چون بنا به قرارداد، جهت جریان جهت حرکت بار مثبت است، پس جهت جریان از B به طرف A می‌باشد.

۹- الف) قبل از بستن کلید جریان الکتریکی مدار صفر است. پس از بستن کلید جریان الکتریکی در مدار به وجود می‌آید و این جریان در سیم‌پیچ میدان مغنـاطیسی ایجاد می‌کند. چون میدان مغناطیسی و در نتیجه شارمغناطیسی که از سیم‌پیچ می‌گذرد، تغییر کرده است، پس در سیم‌پیچ نیروی محرکه القایی به وجود می‌آید.

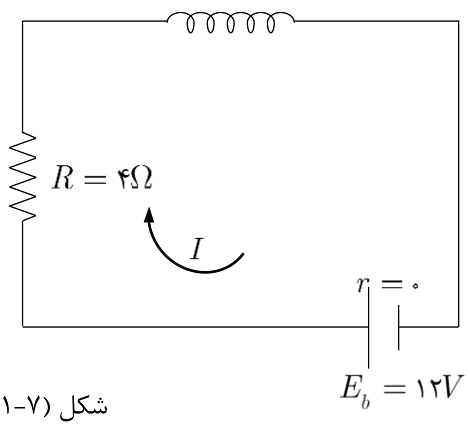
ب) نیروی محرکهٔ القا شده در سیم‌پیچ از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

(۷-۷)

$$E=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

دو لحظهٔ بسیار نزدیک به بستن کلید، یکی قبل و یکی بعد از آن به فاصلهٔ Δt را در نظر می‌گیریم. این دو لحظه را می‌توان تا هر اندازه که بخواهیم به هم نزدیک کنیم، یعنی فاصلهٔ آنها را به سمت صفر میل دهیم. بنابراین Δt عددی کاملاً نزدیک صفر است. اگر هنگام بستن کلید، در این مدت بسیار کوتاه Δt شار مغناطیسی که از سیم‌پیچ می‌گذرد تغییر کند، از رابطهٔ (۷ـ۷) پیداست که نیروی محرکهٔ القایی بینهایت خواهد شد. چون یک کمیت فیزیکی نمی‌تواند بینهایت شود، پس باید شار مغناطیسی در مدت Δt تغییر نکند. چون قبل از بستن کلید شارمغناطیسی صفر بوده، بلافاصله پس از آن نیز باید $\varphi=۰$باشد. چون φ با I متناسب است، پس در لحظهٔ بستن کلید I نیز صفر خواهد بود. با توجه به شکل (۷ـ۲۱) داریم:

$$E_b=RI+E \qquad I=۰\rightarrow E_b=E_۰=۱۲v$$
$$(t=۰)$$



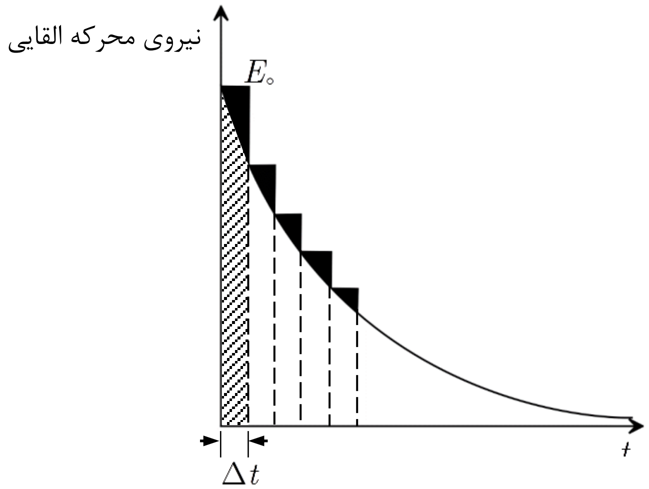
شکل (۷-۲۱)

ج) از رابطهٔ (۷ـ۷) داریم:

(۸ـ۷)

$$\Delta\varphi=E\Delta t$$

در مدت کوتاه Δt پس از بستن کلید با توجه به رابطهٔ (۷ـ۸) شار مغناطیسی به اندازهٔ $E_۰\Delta t$ تغییر می‌کند. این مقدار با مساحت ستون هاشور خورده در شکل (۷ـ۲۲) برابر است. چون درابتدا شار مغناطیسی صفر بود، پس با گذشت زمان کوتاه Δt، شار مغناطیسی همان $E_۰\Delta t$ خواهد بود. با گذشت Δt های متوالی، افزایش شارهایی که با مساحت ستون‌هایی به پهنای Δt برابر است، خواهیم داشت. پس در هر لحظه شاری که از سیم‌پیچ می‌گذرد، با مجموع مساحت ستون‌های متوالی تا آن لحظه برابر است. این مساحت از مساحت زیر منحنی کمی بیشتر است(مساحت قسمت سیاه شده)ولی هرچه Δt ها کوچکتر شود، این تفاوت کمتر خواهد شد و در حد که Δt به سمت صفر میل کند، این تفاوت از میان می‌رود و شار عبوری از سیم‌پیچ در هر لحظه، با مساحت زیر منحنی شکل (۷ـ۲۲) تا آن لحظه برابر خواهد بود.اگر این مساحت را در هر لحظه حساب کنیم و در رابطهٔ $\varphi=۱۴I$ قرار دهیم، نمودار تغییرات جریان I برحسب زمان به دست می‌آید که در شکل (۷ـ۲۳) رسم شده است.

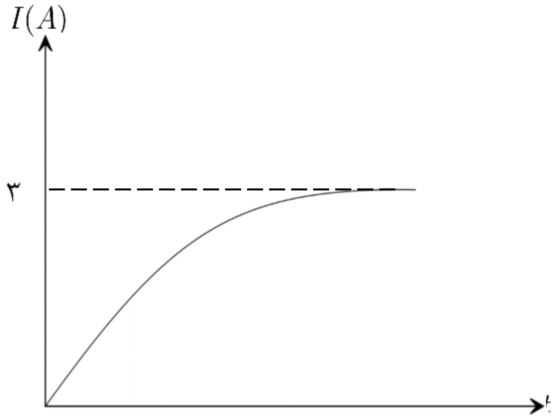


شکل (۷-۲۲)

د) از شکل (۷-۲۲) پیداست که پس از زمان طولانی از بستن کلید، شار مغناطیسی چندان تغییر نمی‌کند(بر مساحت زیر منحنی چندان اضافه نمی‌شود) و به همین علت نیروی محرکهٔ القایی صفر خواهد شد. در این حالت با استفاده از شکل (۷-۲۱) داریم:

$$E_b = RI - \circ$$

$$I = \frac{E_b}{R} = \frac{۱۲}{۴} = ۳A$$



شکل (۷-۲۳)

۱۰- هنگامی که پروتون از هسته دور است، می‌توان از انرژی پتانسیل آن چشم پوشید و تنها برای آن انرژی جنبشی در نظر گرفت. از شکل (۷ـ۲۴)، یعنی مسیر پروتون پیداست که در فاصله‌های دور پروتون در فاصلهٔ زمانی Δt، فاصلهٔ $\Delta l_۱ = ۱/۱mm$ را طی کرده است. در این حالت سرعت پروتون چنین است.

$$V_۱ = \frac{\Delta l_۱}{\Delta t} = \frac{۱/۱ \times ۱۰^{-۳}}{۵ \times ۱۰^{-۶}} = ۲۲۰ m/s$$

هنگامی که پروتون به هسته نزدیک می‌شود، سرعت و در نتیجه انرژی جنبشی‌اش کمتر شده و در عوض انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد. در نقاط نزدیک به هسته، پروتون در فاصلهٔ زمانی Δt، فاصله $\Delta l_۲ = ۰/۵۵mm$ را پیموده است. سرعت در این حالت چنین است.

$$V_۲ = \frac{\Delta l_۲}{\Delta t} = \frac{۰/۵۵ \times ۱۰^{-۳}}{۵ \times ۱۰^{-۶}} = ۱۱۰ m/s$$

با توجه به بقای انرژی مکانیکی داریم:

$$\frac{۱}{۲}mV_۱^۲=\frac{۱}{۲}mV_۲^۲+E_p$$

$$k\frac{qQ}{r}=\frac{۱}{۲}m(V_۱^۲-V_۲^۲)$$

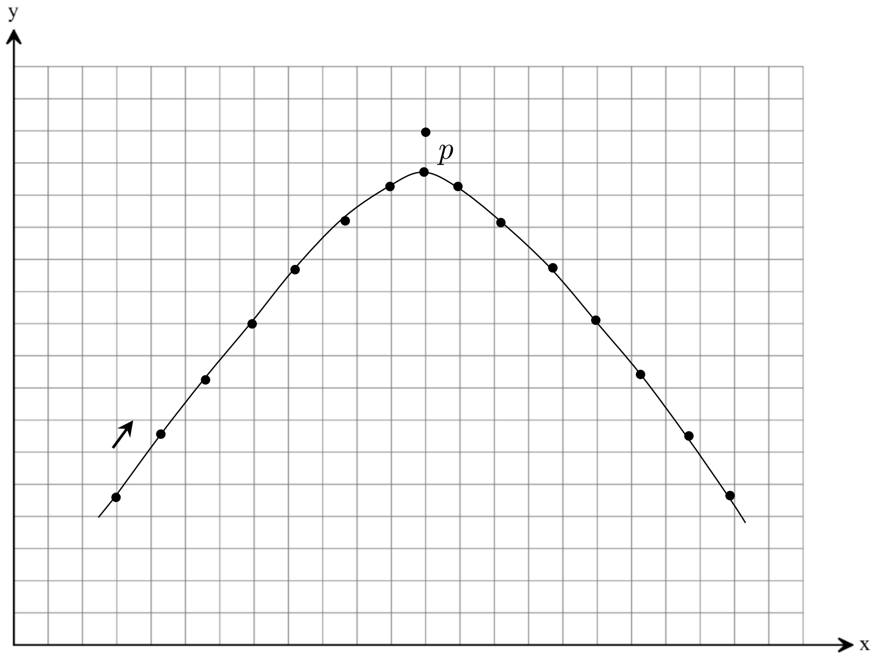
در نزدیک‌ترین حالت پروتون به هسته، فاصلهٔ پروتون از هسته $r=۰/۶mm$ است. پس داریم:

$$۹\times۱۰^۹\frac{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times Q}{۰/۶\times۱۰^{-۳}}=\frac{۱}{۲}\times۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}(۴۸۴-۱۲۱)\times۱۰^۲$$

$$Q=۱۲۶/۳\times۱۰^{-۱۹}$$

$$\frac{Q}{q}=\frac{۱۲۶/۳\times۱۰^{-۱۹}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۷۸/۹$$

چون باید بار هسته مضرب درستی از بار پروتون باشد، پس $\frac{Q}{q}=۷۹$ خواهد بود.



شکل (۷-۲۴)