# به نام خدا



## سایت گروه آموزشی آلم

ابتدایی، راهنمایی، دبیرستان، کنکور و دانشگاه

| | |
|---|---|
| www.g-alm.ir | |
| www.g-alm.ir/ac | دانشگاه |
| www.g-alm.ir/forum | انجمن |
| www.g-alm.ir/azmoon | آزمون های آلم |
| www.g-alm.ir/shop | فروشگاه |
| www.film.g-alm.ir | فیلم های آموزشی |

www.g-alm.ir

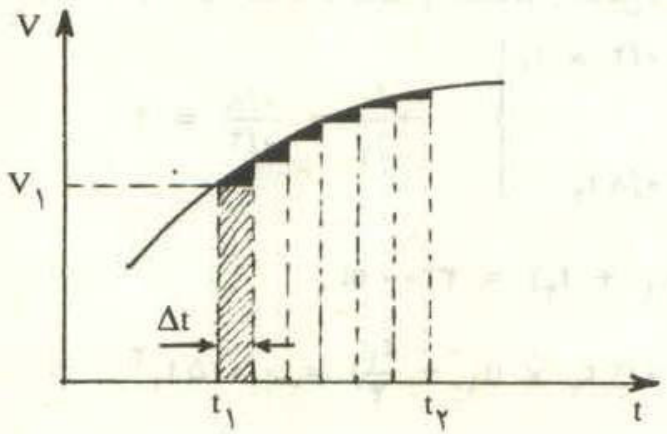


# پاسخ مسئله‌ها

۱ ـ 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 ـ ۸) باشد. در لحظهٔ $t_1$، سرعت متحرک $V_1$ است و به تدریج زیادتر می‌شود. اگر از تغییر سرعت در مدت کوتاه $\Delta t$ چشم بپوشیم، در این مدت جابه‌جایی متحرک چنین است.

$$V_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = V_1 \Delta t$$

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 $\Delta t$ تقسیم کنیم، جابه‌جایی در هر یک از $\Delta t$ها به همان روش به دست می‌آید و جابه‌جایی کل برابر با مجموع مساحت نوارهای مشابه است. مجموع مساحت نوارها با مساحت زیر نمودار سرعت ـ زمان تفاوت کمی دارد که در شکل سیاه شده است. هر چه $\Delta t$ها را کوچکتر کنیم، تفاوت مساحت زیر نمودار، با مجموع مساحت نوارها کمتر شده و در حد یکی خواهند شد. بنابراین جابه‌جایی یک متحرک در بازهٔ‌زمانی $t_1$ تا $t_2$، با مساحت زیر نمودار سرعت زمان در آن بازه برابر است.




شکل (۷ ـ ۸)

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

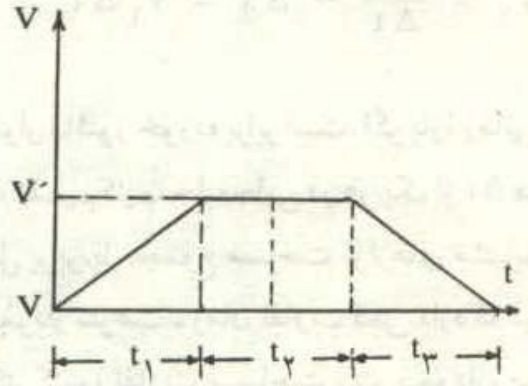
www.g-alm.ir



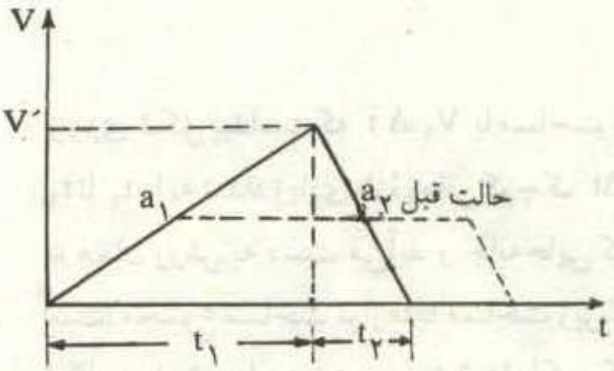
فرض کنید قطار مورد نظر به مدت $t_1$ شتاب گرفته و سرعتش به $V$ می‌رسد، سپس به مدت $t_2$ با این سرعت به‌طور یکنواخت حرکت می‌کند و پس از آن ترمز کرده و پس از مدت $t_3$ متوقف می‌شود. نمودار سرعت ـ زمان حرکت این قطار در شکل (۷ ـ ۹) رسم شده است. شیب نمودار در مدت $t_1$ شتاب تند شونده قطار و شیب نمودار در مدت $t_3$، شتاب کندشونده 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 ۳/۲ km 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 ـ ۹)




شکل (۷ ـ ۱۰)

این حالت در شکل (۷ ـ ۱۰) نشان داده شده است. با استفاده از شکل (۷ ـ ۱۰) داریم:

$$\left.\begin{aligned} V' &= a_1 t_1 = ۰/۲ \times t_1 \\ V' &= a_2 t_2 = ۰/۸\, t_2 \end{aligned}\right\} \rightarrow \frac{t_1}{t_2} = \frac{۰/۸}{۰/۲} = ۴$$

$$S = \frac{۱}{۲} V' \times (t_1 + t_2) = ۳۲۰۰ \text{ m}$$

$$۳۲۰۰ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۲\, t_1 \times (t_1 + \frac{t_1}{۴}) = ۰/۱۲۵\, t_1^{۲}$$

$$t_1 = ۱۶۰ \text{ s}$$

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



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

$$t = t_۱ + t_۲ = ۱۶۰ + ۴۰ = ۲۰۰\ s$$

۲ ـ 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 $\rho$ و ارتفاع آن را $h$ فرض می‌کنیم. اگر لولهٔ شیشه‌ای هواسنج دراثر تغییر دما منبسط نمی‌شد، چون فشار هواثابت 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 ۱cm) باشد، در دمای $T$، این واحد چنین است.

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

از رابطهٔ (۷ ـ 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 ـ ۱) و (۷ ـ ۳) داریم:

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

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

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

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

$$a = ۱۷ \times ۱۰^{-۵}\ ^{\circ}C^{-۱}$$

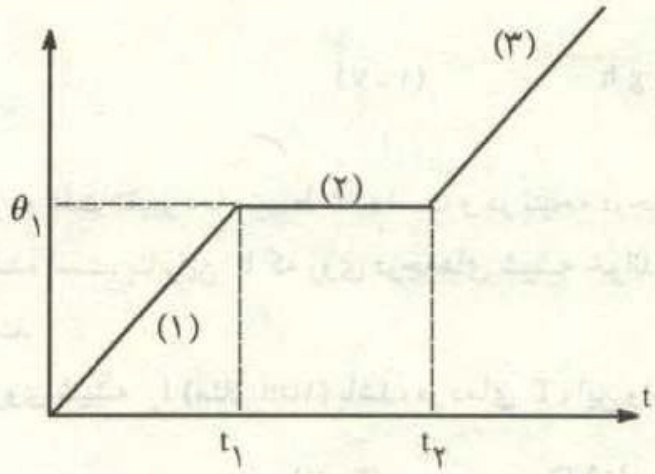
www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



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

الف ـ در شاخهٔ (۱) نمودار، دمای جسم با گرفتن انرژی زیاد شده است. این کار تا رسیدن جسم به دمای $\theta_1 = ۱۲۰^{\circ}c$ 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.




شکل (۷ ـ ۱۱)

ب ـ گرمای ویژه جسم را در حالت جامد $C_s$ و در حالت مایع $C_l$ و گرمای نهان ذوب را $L$ و توان منبع گرما را $p$ می‌گیریم. در فاصلهٔ زمانی ۰ تا ۱۶ دقیقه داریم:

$$(۱۶ \times ۶۰)\, p = m C_s \Delta\theta_1 = m C_s (۱۲۰ - ۲۰) = ۱۰۰\, m C_s \qquad (۴ ـ ۷)$$

در فاصلهٔ ۱۶ دقیقه تا ۳۲ دقیقه داریم:

$$(۱۶ \times ۶۰)\, p = m L = ۸۰\, m \qquad (۵ ـ ۷)$$

در فاصله زمانی ۳۲ دقیقه تا ۴۰ دقیقه داریم:

$$(۸ \times ۶۰)\, p = m C_l \Delta\theta_2 = m C_l (۲۰۰ - ۱۲۰) = ۸۰\, m C_l \qquad (۶ ـ ۷)$$

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

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

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



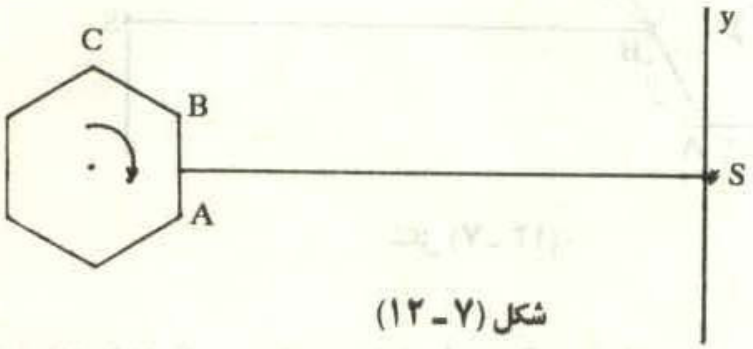
از تقسیم دو طرف رابطهٔ (۷ ـ ۶) بر دو طرف رابطهٔ (۷ ـ ۵) داریم:

$$\frac{۴۸۰\ p}{۹۶۰\ p} = \frac{۸۰\ m\ C_1}{۸۰\ m} \rightarrow C_1 = ۰/۵\ J/g\ \mathring{C}$$

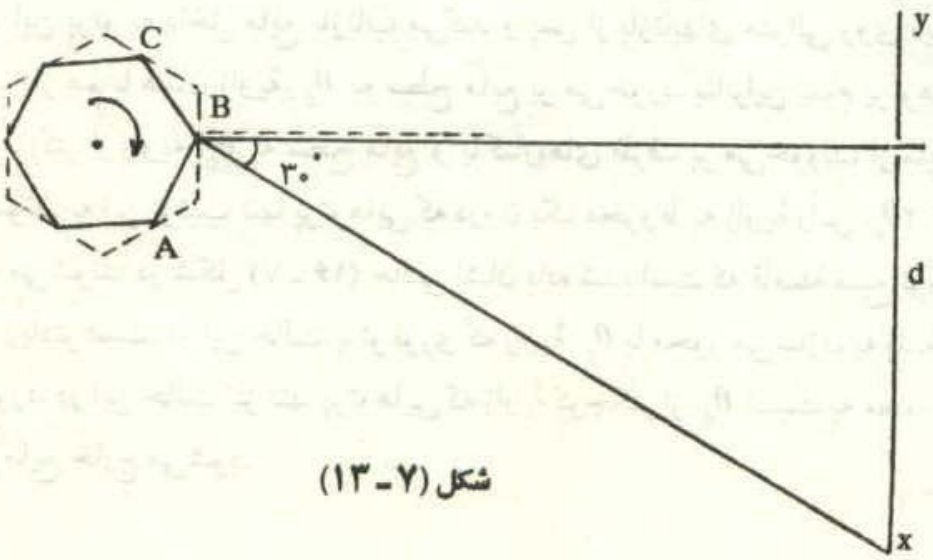
۴ ـ هنگامی که منشور مطابق شکل (۷ ـ ۱۲) شروع به گردش می‌کند. محل برخورد نور به وجه A B از وسط صفحه به کنارهٔ B نزدیک می‌شود. در این مدت خط عمود بر سطح آینه و در نتیجه نور باز تابیده نیز می‌چرخد و لکهٔ نورانی روی پرده بـه طـرف x روی آن جـابه‌جا می‌شود. هنگامی که منشور به اندازه‌ای چرخیده است که نور به کنارهٔ B از وجه A B بر میخورد، خط عمود بر صفحهٔ آینه به اندازهٔ $۳۰^\circ$ نسبت به شروع چرخش، گشته است (بـه شکل (۷ ـ ۱۳) نگاه کنید) در نتیجه نور بازتابیده به اندازهٔ دو برابر، یعنی $۶۰^\circ$ می‌چرخد و لکه نورانی روی پرده جابه‌جا می‌شود.

جابه‌جایی لکهٔ نور روی پرده چنین است:

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




شکل (۷ ـ ۱۲)



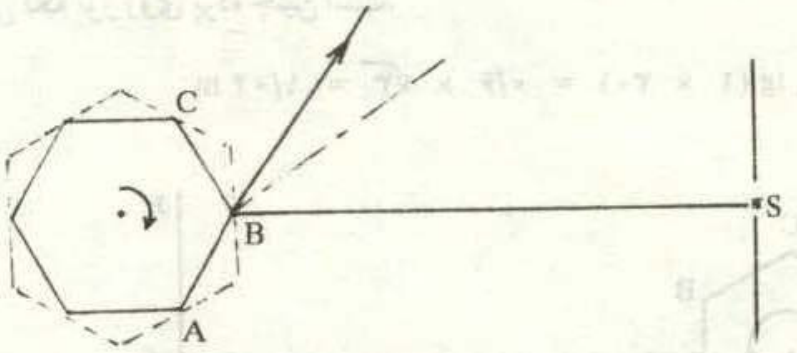

شکل (۷ ـ ۱۳)

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



اگر آینه مقدار کمی به‌چرخد به‌طوری‌که باریکهٔ نور به کنارهٔ B از وجه B C برخورد کند، خط عمود بر آینه نسبت به شروع چرخش، به اندازهٔ $30^\circ$ نسبت به شروع چرخش ولی در جهت مخالف گشته است. (به شکل (۷ ـ ۱۴) نگاه کنید). در نتیجه نور بازتابیده به اندازهٔ زاویهٔ $60^\circ$ 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 $d_y = 1/04\ m$ 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 $1/04\ m$ از روزنه به تدریج به طرف دیگر آن و تا $1/04\ m$ جابه‌جا می‌شود و ناگهان به نقطهٔ اول برمی‌گردد. اگر منشور به اندازهٔ کافی سریع به‌چرخد، یک خط نورانی ثابت به طول $2/08\ m$ روی پرده مشاهده می‌شود.



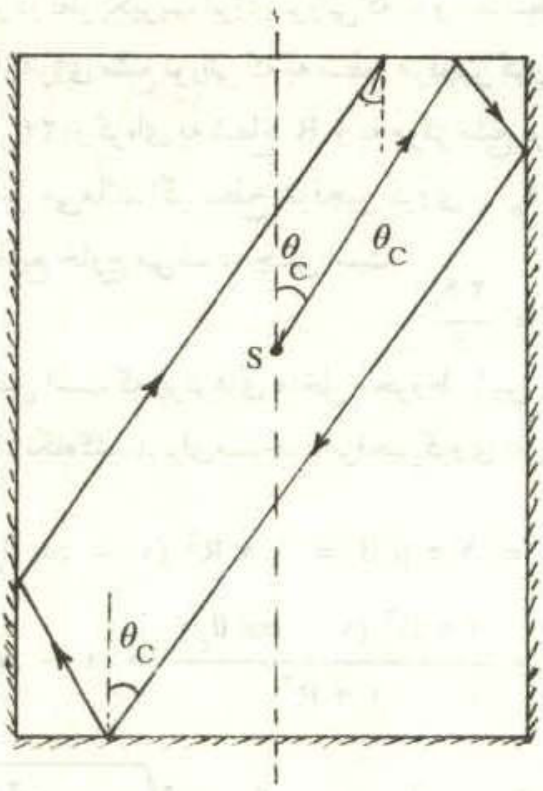

شکل (۷ ـ ۱۴)

۵ ـ در شکل (۷ ـ ۱۵) یک پرتو نور که با زاویهٔ حد $\theta_c$ به سطح مایع بر می‌خورد نشان داده شده است. این پرتو به داخل مایع بازتاب می‌کند و پس از بازتابهای متوالی روی دیواره‌های ظرف، باز هم با همان زاویهٔ $\theta_c$ به سطح مایع بر می‌خورد. بنابراین تمام پرتوهایی که با زاویهٔ بزرگتر از زاویه $\theta_c$ 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 (۷ ـ ۱۶) حالتی نشان داده شده است که فاصلهٔ منبع نور از سطح مایع، زیادتر است. در این حالت پرتو نوری که زاویهٔ $\theta_c$ با محور می‌سازد، به بدنهٔ ظرف بر می‌خورد. در این حالت نیز تنها پرتوهایی که زاویهٔ کوچکتر از $\theta_c$ نسبت به محور دارند، از سطح مایع خارج می‌شود.

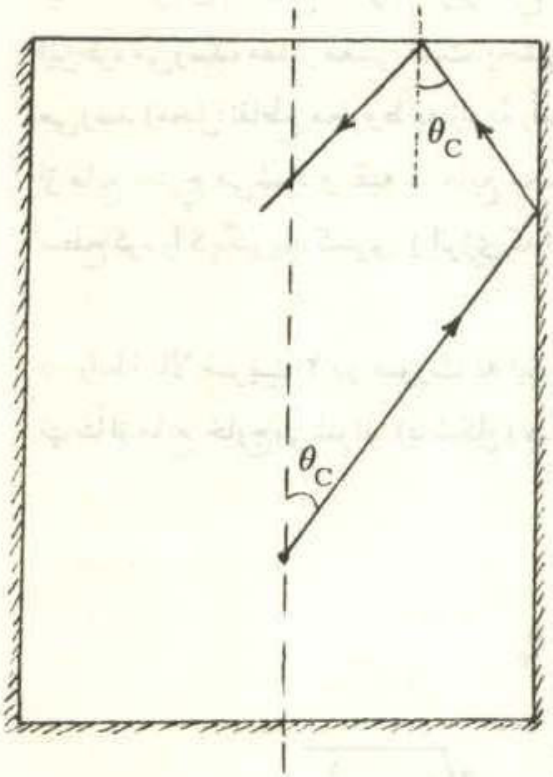
www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



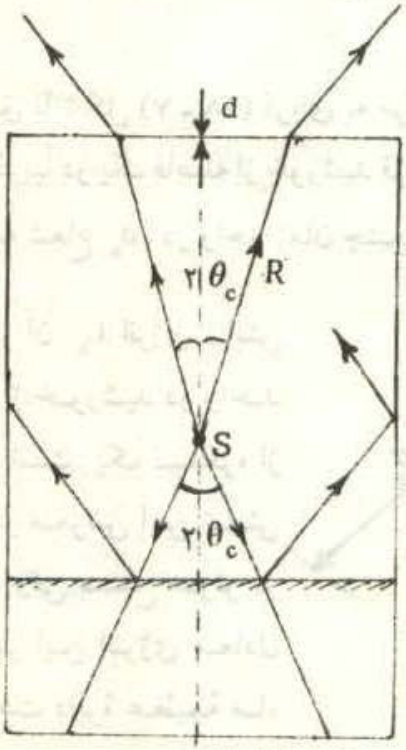



شکل (۷ـ۱۵)




شکل (۷ـ۱۶)

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




شکل (۷ـ۱۷)

الف ـ 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 $2\theta_c$ است، کسری از انرژی منبع نورانی که از سطح مایع خارج می‌شود، به فاصلهٔ منبع نور از سطح مایع بستگی ندارد.

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



ب ـ 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.

$$\eta = \frac{۲ S_o}{S}$$

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

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

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

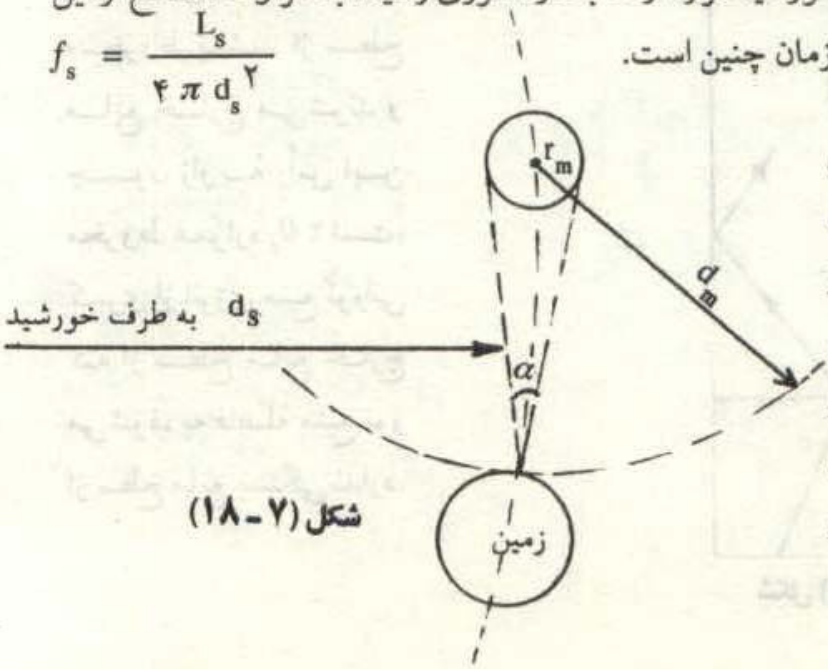
$$\sin\theta_c = \frac{۱}{n} \rightarrow \cos\theta_c = \sqrt{۱ - \sin^۲\theta_c} = \sqrt{۱ - \frac{۱}{n^۲}}$$

$$\eta = ۱ - \sqrt{۱ - \frac{۱}{n^۲}}$$

۶ ـ مطابق با شکل (۷ ـ 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




شکل (۷ ـ ۱۸)

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



یعنی $\pi r_m^2$ دست که $r_m$ شعاع ماه است.
بنابراین انرژی دریافتی توسط یک نیمکرهٔ ماه چنین است.

$$L_m = \pi r_m^2 f_s$$

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

$$f_m = \frac{\eta L_m}{2\pi d_m^2} = \frac{\eta \pi r_m^2 f_s}{2\pi d_m^2}$$

$$\frac{f_m}{f_s} = \frac{\eta}{4}\left(\frac{2 r_m}{d_m}\right)^2$$

از شکل پیداست که $\frac{2 r_m}{d_m}$ همان بزرگی زاویه‌ای ماه از زمین (برحسب رادیان) است.

$$\alpha = 0/5^\circ = 8/7 \times 10^{-3}\ \text{Rad}$$

$$\eta = \frac{f_m}{f_s} \times \frac{4}{\alpha^2} = 2 \times 10^{-6} \times \frac{8}{8/7^2 \times 10^{-6}} = 0/21$$

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

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \rightarrow \Delta Q = I \Delta t$$

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

$$V = \frac{Q}{C} \rightarrow \Delta V = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{I \Delta t}{C} = \frac{I \Delta t}{\varepsilon_0 A} d$$

$$E = \frac{V}{d} \rightarrow \Delta E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{I \Delta t}{\varepsilon_0 A}$$

ج ـ از رابطهٔ بالا داریم:

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{I}{\varepsilon_0 A}$$

۸ ـ مدار مورد نظر قبل از بستن کلید K در شکل (۷ ـ ۱۹) نشان داده شده است. دو خازن

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



$C_۲$ به‌طور متوالی به هم بسته شده و ظرفیت معادل آن چنین است.

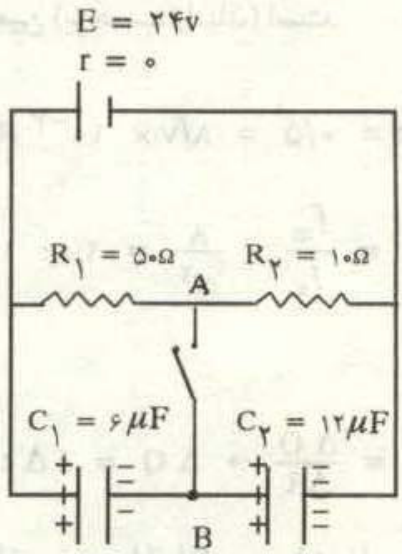
$$\frac{۱}{C} = \frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲}$$

$$C = \frac{۱۲ \times ۶}{۱۲ + ۶} = ۴\,\mu F$$

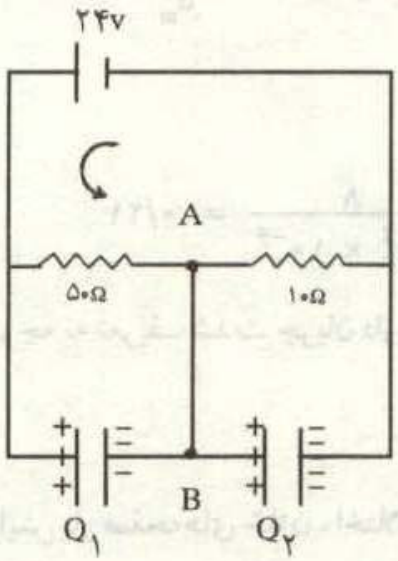
اختلاف پتانسیل دو سر خازن معادل برابر با ۲۴ V است. پس بار خازن معادل و در نتیجه بار هر کدام از خازنها چنین است.

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

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




شکل (۷ ـ ۱۹)




شکل (۷ ـ ۲۰)

جریان مدار چنین است.

$$E = I(R_۱ + R_۲)$$

$$I = \frac{۲۴}{۵۰ + ۱۰} = ۰/۴\ A$$

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

$$V_{R_۱} = V_{C_۱} = IR_۱ = ۰/۴ \times ۵۰ = ۲۰\ V$$

$$Q_۱ = C_۱ V_{C_۱} = ۶ \times ۱۰^{-۶} \times ۲۰ = ۱۲۰ \times ۱۰^{-۶}\ Coul$$

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



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

$$V_{R_۲} = V_{C_۲} = I R_۲ = ۰/۴ \times ۱۰ = ۴ V$$

$$Q_۲ = C_۲ V_{C_۲} = ۱۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۴ = ۴۸ \times ۱۰^{-۶} C$$

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 $۷۲ \times ۱۰^{-۶}$-کولن بارالکتریکی از راه‌کلید به طرف نقطهٔ B آمده است. چون بنابه قرارداد، جهت جریان جهت حرکت بار مثبت‌است، پس جهت‌جریان‌از B به‌طرف Aمی‌باشد.

۹ ـ الف ـ 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 مغناطیسی ایجاد می‌کند. چون میدان مغناطیسی و در نتیجه شارمغناطیسی که از سیم‌پیچ می‌گذرد، تغییر کرده است، پس در سیم‌پیچ نیروی محرکه القایی به‌وجود می‌آید.

ب ـ نیروی محرکهٔ القا شده در سیم‌پیچ از رابطهٔ زیر بدست می‌آید.

$$E = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \qquad (۷ - ۷)$$

دو لحظهٔ بسیار نزدیک به بستن کلید، یکی قبل و یکی بعد از آن به فاصلهٔ $\Delta t$ 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 $\Delta t$ عددی کاملاً نزدیک صفر است. اگر هنگام بستن کلید، در این مدت بسیار کوتاه $\Delta t$ شار مغناطیسی که از سیم‌پیچ می‌گذرد تغییر کند، از رابطهٔ (۷ ـ ۷) پیداست که نیروی محرکهٔ القایی بینهایت خواهد شد. چون یک کمیت فیزیکی نمی‌تواند بینهایت شود، پس باید شار مغناطیسی در مدت $\Delta t$ تغییر نکند. چون قبل از بستن کلید شار مغناطیسی صفر بوده، بلافاصله پس از آن نیز باید $\varphi = ۰$ باشد. چون $\varphi$ با I متناسب است، پس در لحظهٔ بستن کلید I نیز صفر خواهد بود. با توجه به شکل (۷ ـ ۲۱) داریم:

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir

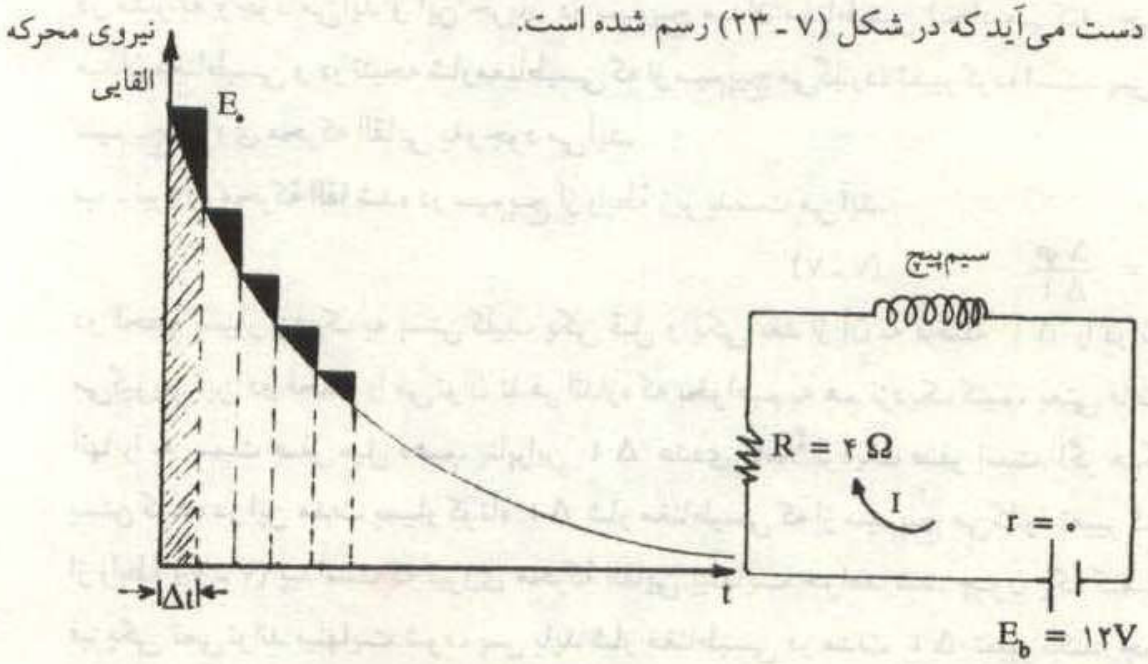


$E_b = RI + E \qquad I = 0 \rightarrow E_b = E_0 = 12\,V \quad (t=0)$

$\Delta\varphi = E\,\Delta t \qquad (۸-۷)$

ج ـ از رابطهٔ (۷ ـ ۷) داریم:

در مدت کوتاه $\Delta t$ پس از بستن کلید با توجه به رابطهٔ(۷ ـ ۸) شار مغناطیسی به اندازهٔ $E_0\Delta t$ تغییر می‌کند. این مقدار با مساحت ستون هاشور خورده در شکل (۷ ـ ۲۲) برابر است. چون در ابتدا شار مغناطیسی صفر بود، پس با گذشت زمان کوتاه $\Delta t$، شار مغناطیسی همان $E_0\Delta t$ خواهد بود. با گذشت $\Delta t$ های متوالی، افزایش شارهایی که با مساحت ستونهایی به پهنای $\Delta t$ 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 $\Delta t$ ها کوچکتر شود، این تفاوت کمتر خواهد شد و در حد که $\Delta t$ به سمت صفر میل کند، این تفاوت از میان می‌رود و شار عبوری از سیم‌پیچ در هر لحظه، با مساحت زیر منحنی شکل ((۷ ـ ۲۲) تا آن لحظه برابر خواهد بود. اگر این مساحت را در هر لحظه حساب کنیم و در رابطهٔ $\varphi = 14\,I$ قرار دهیم، نمودار تغییرات جریان I برحسب زمان به دست می‌آید که در شکل (۷ ـ ۲۳) رسم شده است.




شکل (۷ ـ ۲۱)




شکل (۷ ـ ۲۲)

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

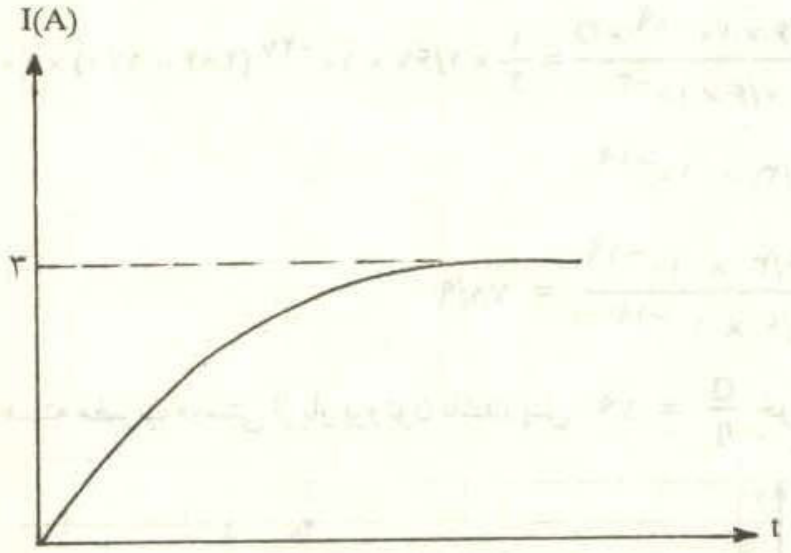
www.g-alm.ir



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

$$E_b = RI - ۰$$

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




شکل (۷ ـ ۲۳)

۱۰ ـ 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 (۷ ـ ۲۴)، یعنی مسیر پروتون پیداست که در فاصله‌های دور پروتون در فاصلهٔ زمانی $\Delta t$، فاصلهٔ $\Delta l_۱ = ۱/۱\ mm$ 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 $\Delta t$، فاصله $\Delta l_۲ = ۰/۵۵\ mm$ را پیموده است. سرعت در این حالت چنین است.

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

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir



با توجه به بقای انرژی مکانیکی داریم:

$$\frac{۱}{۲} m V_۱^۲ = \frac{۱}{۲} m V_۲^۲ + E_p$$

$$K \frac{q Q}{r} = \frac{۱}{۲} m (V_۱^۲ - V_۲^۲)$$

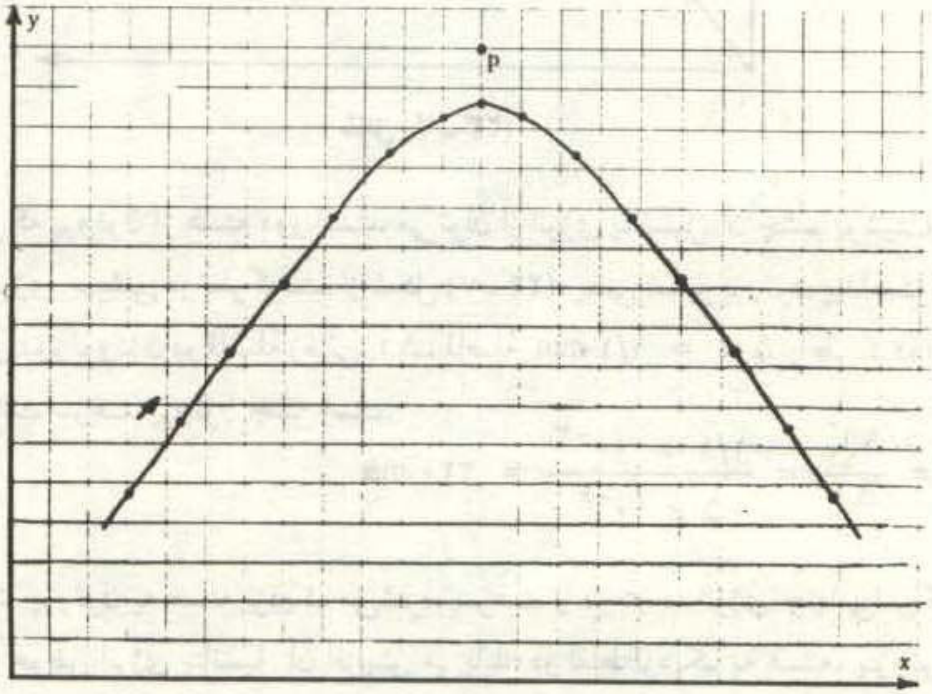
در نزدیکترین حالت پروتون به هسته، فاصلهٔ پروتون از هسته $r = ۰/۶ mm$ است. پس داریم:

$$۹ \times ۱۰^۹ \frac{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times Q}{۰/۶ \times ۱۰^{-۳}} = \frac{۱}{۲} \times ۱/۶۷ \times ۱۰^{-۲۷} (۴۸۴ - ۱۲۱) \times ۱۰^۲$$

$$Q = ۱۲۶/۳ \times ۱۰^{-۱۹}$$

$$\frac{Q}{q} = \frac{۱۲۶/۳ \times ۱۰^{-۱۹}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۷۸/۹$$

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




شکل (۷ـ۲۴)

www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir