به نام خدا



سایت گروه آموزشی آلم

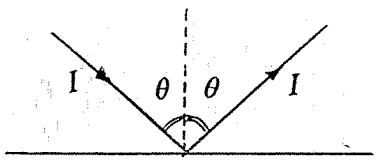
ابتدایی، راهنمایی، دبیرستان، کنکور و دانشگاه

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

آزمون مرحله‌ی دوم دوازدهمین المپیاد فیزیک کشور

۱ـ انرژی نورانی‌یی که در واحد زمان به واحد سطح عمود بر جهت تابش می‌تابد، شدت نور نامیده می‌شود. در اثر بازتابش نور از آینه، فشاری بر آن وارد می‌شود که فشار تابش نام دارد. اگر مطابق شکل پرتو نوری به شدت I، با زاویهٔ تابش θ، بر سطح آینه‌ای بتابد، فشاری معادل با $\frac{2I}{c}\cos^2\theta$ بر آینه وارد می‌شود. در این رابطه c سرعت نور در خلأ و برابر با $c=3\times10^8\ \frac{m}{s}$ است.



یک بادبان خورشیدی یک آینه‌ی بسیار سبک است. نیروی محرک سفینه‌ی بادبانی، ناشی از بازتابش نور خورشید از بادبان آن است. توان خورشید (انرژی تابیده شده از خورشید بر واحد زمان) $L=4\times10^{26}W$ است.

الف) فرض کنید یک سفینه‌ی بادبانی در فاصله‌ی $2\times10^{11}m$ از خورشید است. اگر نور خورشید عمود بر سطح بادبان بتابد، چه نیرویی بر یک متر مربع از بادبان وارد می‌شود؟

ب) در این فاصله، بادبان چه مساحتی داشته باشد تا فشار تابش، نیروی گرانشی خورشید را خنثی کند؟ جرم واحد سطح بادبان $0/5\frac{g}{m^2}$، جرم سفینه $20kg$، جرم خورشید $M_s=2\times10^{30}kg$ و ثابت جهانی گرانش $G=7\times10^{-11}\frac{Nm^2}{kg^2}$ است.

ج) اگر فاصله‌ی سفینه از خورشید دو برابر شود، مساحت بادبان چه مقدار تغییر کند، تا شرایط قسمت (ب) برقرار بماند؟

د) فرض کنید وضعیت بادبان طوری تنظیم شود که در تمام مدت حرکت، نور خورشید عمود بر آن بتابد. اگر در قسمت (ب) سرعت اولیه‌ی سفینه V_0 باشد، مسیر حرکت آن چگونه است؟

(۱۰ نمره)

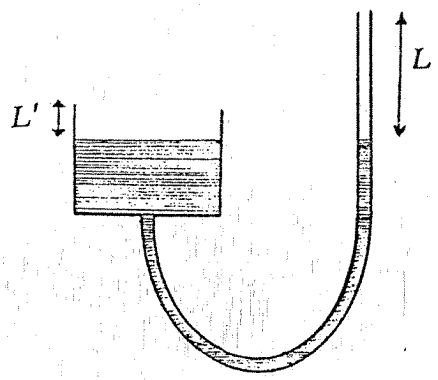
۲ـ یک تار نوری مستقیم به طول $l=80m$، از شیشه‌ای با ضریب شکست $n=1/36$ ساخته شده است. در یک انتهای تار، چشمه‌ی نقطه‌ای S روی محور آن قرار دارد و علائم نوری را به فاصله‌ی زمانی Δt از یکدیگر می‌فرستد. هنگام ارسال هر علامت نوری، چشمه‌ی S در بازه‌ی زمانی بسیار کمتر از یک نانو ثانیه ($10^{-9}s$) روشن است و سپس خاموش می‌شود. به دلیل اختلاف زمان رسیدن پرتوهایی که با زاویه‌های مختلف وارد تار می‌شوند، علامت نوری، پهن می‌شود، یعنی هنگام دریافت علامت از

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

www.g-alm.ir

طرف دیگر تار، عرض زمانی بیشتری نسبت به هنگام ارسال آن خواهد داشت. معین کنید بازه‌ی زمانی ارسال علائم، Δt، حداقل چقدر باشد، تا گیرنده بتواند علائم دریافت شده را به خوبی از هم تفکیک کند؟ (۶ نمره)

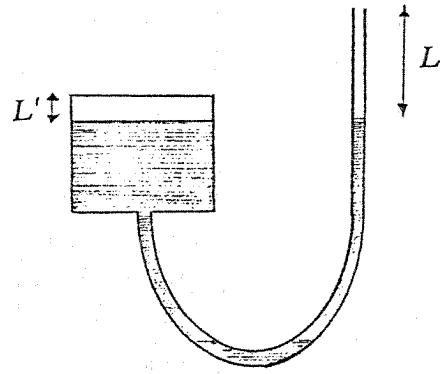
۳ـ یک لوله‌ی U شکل به قطر d، مطابق شکل (۱) به یک ظرف استوانه‌ای به قطر $D=۵d$ متصل است. در لوله و ظرف جیوه می‌ریزیم. فاصله‌ی سطح آزاد جیوه از دهانه‌ی لوله، $L=۶۵/۲\text{cm}$ و از لبه‌ی ظرف استوانه‌ای $L'=۲۰\text{cm}$ است. چگالی جیوه $۱۳/۵\frac{\text{g}}{\text{cm}^۳}$، و فشار هوا ۷۵cmHg است.



شکل (۱)

الف) در لوله آب می‌ریزیم تا کاملاً پر شود. ارتفاع آب را در لوله حساب کنید. چگالی آب $۱\frac{\text{g}}{\text{cm}^۳}$ است.

اکنون فرض کنید پیش از ریختن آب در لوله، بالای ظرف استوانه‌ای را مطابق شکل (۲) بسته‌ایم. با ریختن آب در لوله، سطح جیوه در ظرف، به اندازه‌ی x بالا می‌آید که x از L' بسیار کوچکتر است، یعنی $\frac{x}{L'}<<۱$.

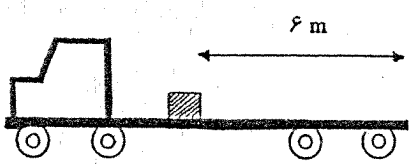


شکل (۲)

ب) برای $\varepsilon<<۱$، $\frac{۱}{۱-\varepsilon}\approx ۱+\varepsilon$. با استفاده از این تقریب، فشار هوای بالای جیوه در ظرف را برحسب x به دست آورید.

ج) ارتفاع آب در لوله را به دست آورید. (۱۲ نمره)

۴ـ مطابق شکل جعبه‌ای روی کف یک تریلی و در فاصله‌ی ۶ متری از عقب آن قرار دارد. ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و کف تریلی ۰/۳ و ضریب اصطکاک جنبشی آن ۰/۱۵ است. تریلی با سرعت $۳\frac{\text{m}}{\text{s}}$ در یک جاده‌ی افقی مستقیم حرکت می‌کند.



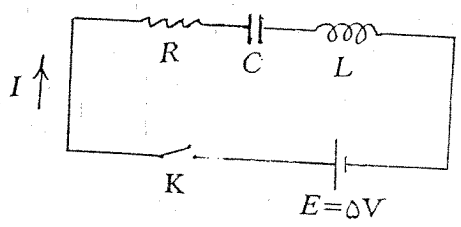
www.g-alm.ir/forum www.g-alm.ir/ac www.film.g-alm.ir

www.g-alm.ir

الف) بیشترین شتاب تریلی بدون آن‌که جعبه بلغزد، چه‌قدر است؟

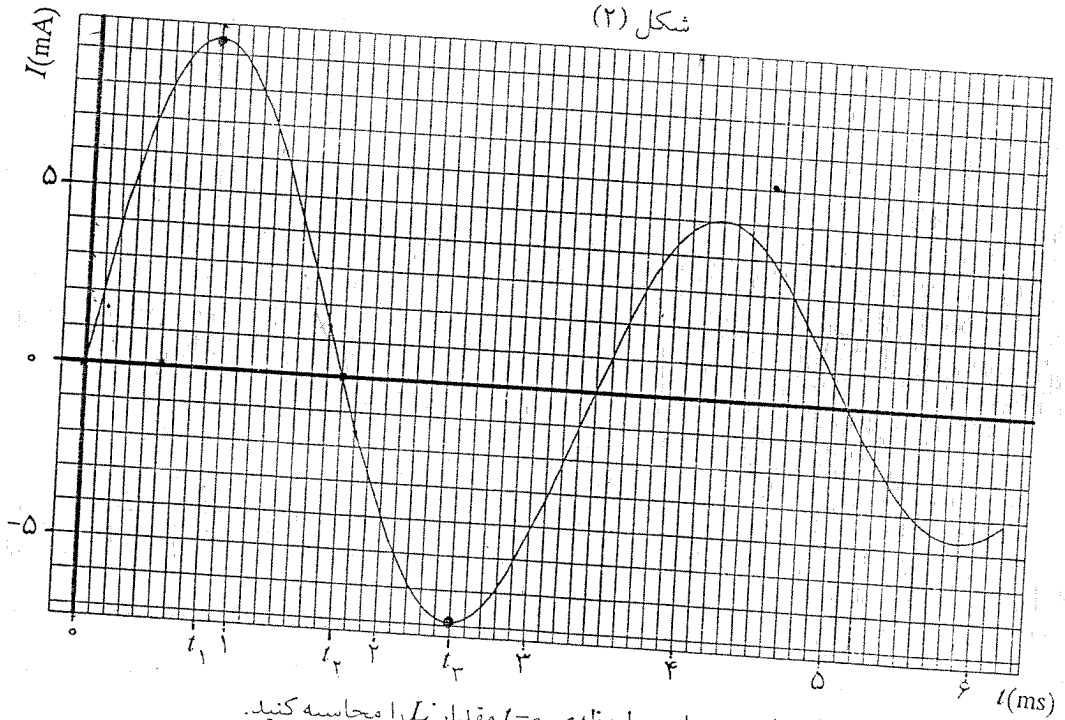
ب) اگر تریلی به مدت ۲s با شتاب تند کننده‌ی $۴\frac{m}{s^2}$ حرکت کند، و پس از آن سرعت تریلی ثابت بماند، جعبه با چه سرعتی نسبت به زمین، تریلی را ترک می‌کند؟ (۸ نمره)

۵- مداری مطابق شکل (۱) از یک مقاومت R، یک خازن به ظرفیت C، یک سیم‌پیچ به ضریب خودالقایی L و بدون مقاومت اهمی و یک باتری به نیروی محرکهٔ $E=۵V$ و مقاومت داخلی ناچیز به هم بسته شده‌اند. پیش از بستن کلید، خازن خالی است. در لحظه‌ی $t=۰$ کلید K را می‌بندیم. در شرایط خاصی که به مقادیر R، C و L بستگی دارد، تغییرات جریان I با زمان مطابق نمودار شکل (۲) است.



شکل (۱)

شکل (۲)



الف) با استفاده از اطلاعات نمودار در لحظه‌ی $t=۰$ مقدار L را محاسبه کنید.

ب) با استفاده از اطلاعات نمودار تا لحظه‌ی t_2 مقدار C را محاسبه کنید.

ج) با استفاده از اطلاعات نمودار تا لحظه‌ی t_1 مقدار R را محاسبه کنید.

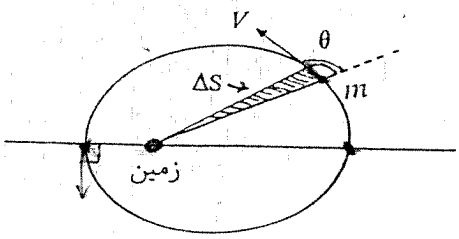
د) با استفاده از اطلاعات نمودار، اختلاف پتانسیل دو سر خازن را در لحظه‌ی t_3 حساب کنید.

(۱۲ نمره)

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

www.g-alm.ir

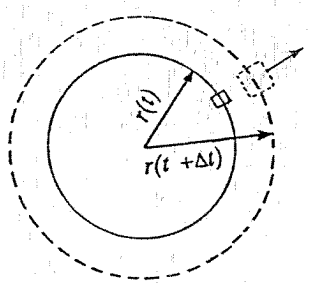
۶ـ یک ماهواره به جرم m در یک مدار بیضی به دور زمین می‌گردد. مرکز زمین را مبدأ مختصات می‌گیریم و فاصله‌ی ماهواره از مبدأ را در هر لحظه با r نمایش می‌دهیم و آن را شعاع حامل می‌نامیم. انرژی پتانسیل گرانشی ماهواره از رابطه‌ی $U=-G\frac{M_e m}{r}$ به دست می‌آید که در آن G ثابت جهانی گرانش و M_e جرم زمین است.



الف) مطابق شکل در یک نقطه‌ی اختیاری از مسیر ماهواره، شعاع حامل با سرعت ماهواره، V، زاویه‌ی θ می‌سازد. آهنگ مساحت جاروب شده توسط شعاع حامل، یعنی $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ را برحسب r، V و θ به دست آورید.

ب) کوچکترین و بزرگترین شعاع حامل را به ترتیب با r_1 و r_2 نشان می‌دهیم. با توجه به قانون دوم کپلر (مقدار ثابت = $\frac{\Delta S}{\Delta t}$)، سرعت ماهواره در این دو نقطه از مسیرش یعنی V_1 و V_2 را برحسب r_1، r_2، M_e و G به دست آورید. (۱۰ نمره)

۷ـ فرض کنید جهان از ماده‌ای با چگالی یکنواخت ρ تشکیل شده است و حرکت نقاط مختلف آن فقط تابع گرانش است. فرض کنید با گذشت زمان ρ عوض می‌شود اما در هر لحظه‌ای ρ همه جا یکسان است. کره‌ای به شعاع r از این جهان را در نظر بگیرید. ماده‌ی موجود در این کره حرکت می‌کند، به‌طوری‌که شعاع کره عوض می‌شود، اما جرم درون کره ثابت می‌ماند.



الف) نشان دهید با گذشت زمان، نسبت $\frac{dr/dt}{r}$ فقط به چگالی ρ و تغییرات آن بستگی دارد یعنی فقط تابع زمان است و به شعاع اولیه‌ی کره بستگی ندارد. این نسبت را پارامتر هابل (H) می‌نامند.

ب) جرم کوچک m را بر سطح این کره در نظر بگیرید. این جرم، مطابق شکل، همراه ماده‌ی درون کره حرکت می‌کند. فرض کنید حرکت این جرم نسبت به مرکز کره، شعاعی است. همچنین فرض کنید جرم m فقط تحت تأثیر نیروی گرانشی کره (با جرم ثابت M) است. شتاب این جرم را برحسب r، M و G (ثابت جهانی گرانش) بنویسید.

ج) انرژی پتانسیل گرانشی جرم m، از رابطه‌ی $U=-G\frac{M m}{r}$ به دست می‌آید. انرژی جنبشی و انرژی کل جرم m را حساب کنید.

د) انرژی کل در چه رابطه‌ای صدق کند تا جرم m بتواند تا بی‌نهایت (نسبت به مرکز کره) برود؟ این شرط را برحسب چگالی و پارامتر هابل (هر دو در زمان t) بنویسید. (۱۲ نمره)

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