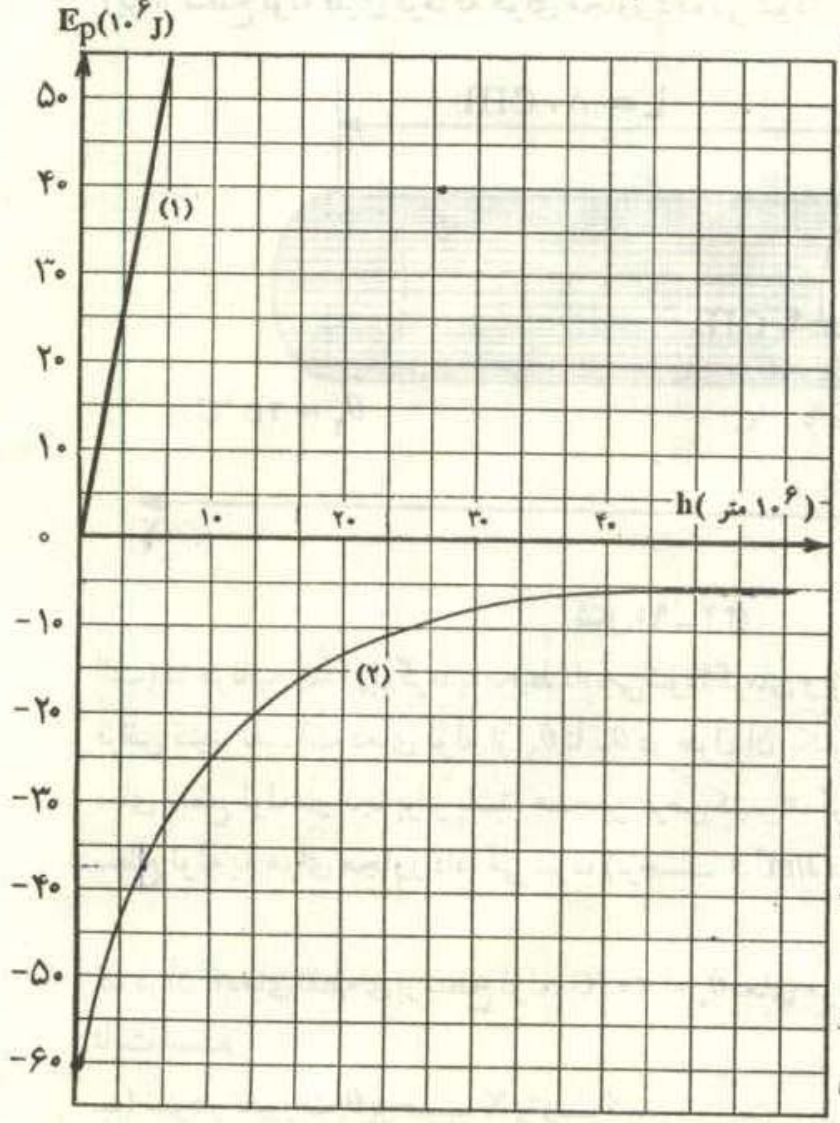
مرحله دوم نهمین المپیاد فیزیک ایران

مسأله‌های تشریحی

(مدت: ۱۵۰ دقیقه)

طرح از: مؤلف

۱ـ جسمی به جرم ۱ کیلوگرم را در نظر می‌گیریم. اگر نیروی وزن این جسم با افزایش ارتفاع از سطح زمین ثابت بماند، تغییرات انرژی پتانسیل (E_p) آن برحسب ارتفاع از سطح زمین (h) به‌صورت خط راستی است که در شکل (۹ ـ ۲۳) با شمار ۱ مشخص شده است. ولی چون نیروی وزن این جسم با فاصله از سطح زمین کم می‌شود تغییرات انرژی پتانسیل برحسب ارتفاع از سطح زمین یک خط خمیده است که با شماره ۲ مشخص شده است. محور افقی مجانب این منحنی است:



شکل (۹ ـ ۲۳)

الف) در هر یک از دو منحنی مبدأ انرژی پتانسیل کجا انتخاب شده است؟

جسم را با سرعت ۸ km/s در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. با فرض اینکه هوا در برابر حرکت جسم

مقاومتی نداشته باشد.

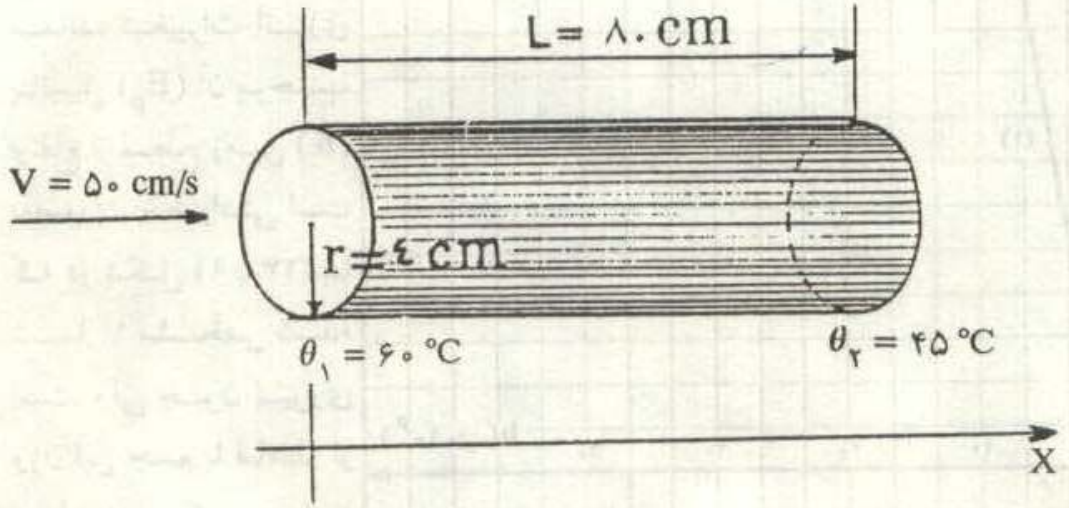
ب) سرعت جسم در ارتفاع ۵۰۰۰ km از سطح زمین چند متر بر ثانیه است؟

ج) جسم حداکثر تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟

د) جسم را حداقل با چه سرعتی در راستای قائم به طرف بالا پرتاب کنیم تا دیگر به زمین برنگردد؟ (این سرعت را سرعت فرار می‌نامند.)

طرح از: مؤلف

۲ ـ در لوله‌ای فلزی مطابق شکل (۹ ـ ۲۴) آب گرم با سرعت $V = ۵۰\ cm/s$ جریان دارد. آب با دمای $\theta_۱ = ۶۰\ °C$ از یک سر لوله وارد و از سر دیگر با دمای $\theta_۲ = ۴۵\ °C$ خارج می‌شود. زیرا از سطح لولهٔ فلزی گرما به هوای مجاور داده می‌شود:



شکل (۹ ـ ۲۴)

الف) در هر ثانیه چندژول گرما به‌محیط داده‌می‌شود؟ گرمای ویژهٔ آب $c = ۴۲۰۰\ J/kg.K$ است. فرض کنید تغییرات دمای لوله از $\theta_۱$ تا $\theta_۲$ در طول آن یکنواخت و دمای آب در هر جا با دمای سطح لوله در آنجا برابر باشد. همچنین فرض کنید u، گرمایی که در واحد زمان از واحد سطح لوله به هوای مجاور داده می‌شود، (برحسب $J/m^۲.s$)، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

$$u = \alpha(\theta - \theta_۰)$$

که در آن θ دمای نقطه‌ای از سطح لوله، $\theta_۰ = ۲۰\ °C$ دمای هوای مجاور لوله و α یک ضریب ثابت است.

ب) نمودار تغییرات θ برحسب X را رسم کنید.

ج) با محاسبهٔ گرمایی که در هر ثانیه از تمام سطح لوله به هوای مجاور داده می‌شود و استفاده از نتیجهٔ قسمت الف، ضریب ثابت α را در SI محاسبه کنید.

مخصوص نظام قدیم

طرح از: مؤلف

۳ ـ شخصی به جرم $M = ۵۰\ kg$ در حالی که یک سر فنر سبکی به ثابت $K = ۴۰۰\ N/m$ را در دست گرفته است، روی یک ترازوی فنری ایستاده است. به سر دیگر فنر جرم $m = ۲$ کیلوگرم آویخته شده است: $(g = ۱۰\ m/s^۲)$

الف) اگر وزنهٔ m در حال تعادل و شخص بی‌حرکت باشد، ترازوی فنری چه مقداری را نشان می‌دهد؟

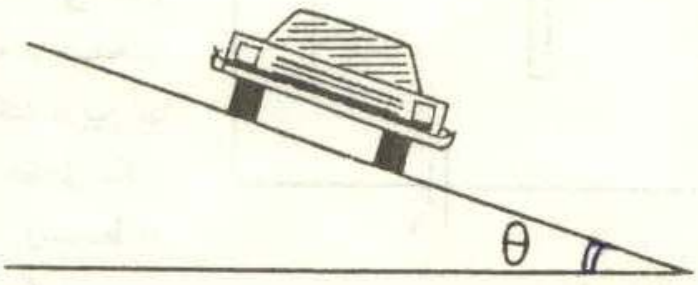
حال این شخص با دست دیگرش وزنهٔ m را به اندازهٔ $d = ۵\ cm$ پایین می‌کشد و سپس آن را رها می‌کند. با این کار وزنهٔ m در دو طرف وضع تعادل به اندازهٔ d بالا و پایین می‌رود.

ب) حداقل و حداکثر مقداری که ترازوی فنری نشان می‌دهد، چقدر است؟

مخصوص نظام جدید

طرح از: مؤلف

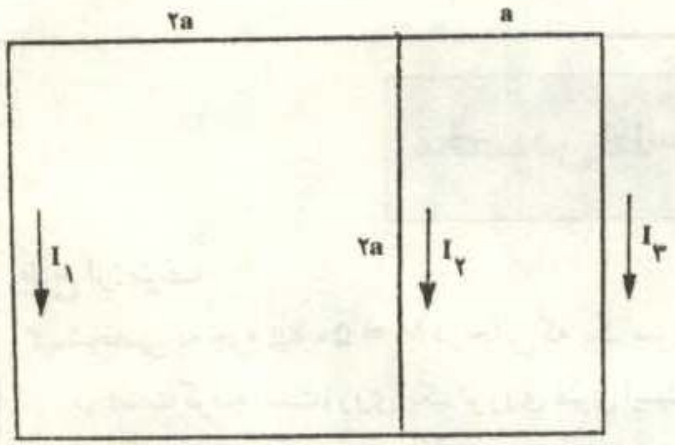
۴ ـ در جاده‌ای با شیب عرضی θ و ضریب اصطکاک μ، اتومبیلی مطابق شکل (۹ ـ ۲۵) مسیر دایره‌ای به شعاع r را می‌پیماید. حداقل و حداکثر سرعت اتومبیل را برای این‌که سُر نخورد، به دست آورید.



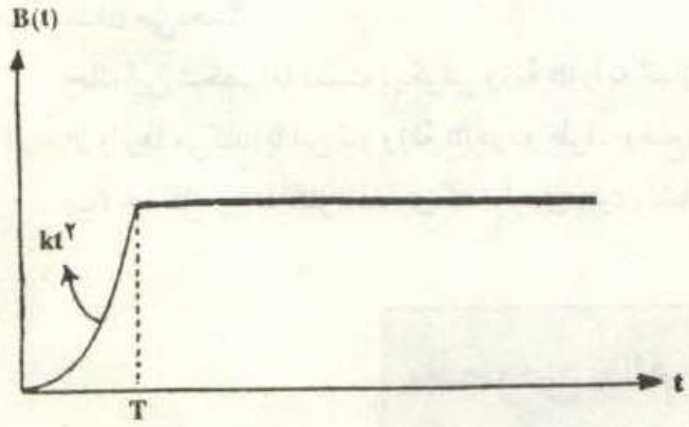
شکل (۹ ـ ۲۵)

طرح از: آقای بهمن آبادی

۵ ـ مداری مطابق شکل (۹ ـ ۲۶) از سیمهایی با مقاومت واحد طول λ تشکیل شده و ابعاد سیمها در شکل داده شده است. میدان مغناطیسی متغیر $B(t)$ را به‌طور عمود بر صفحهٔ مدار و به طرف داخل اعمال می‌کنیم. تغییرات میدان مغناطیسی $B(t)$ با زمان در نمودار شکل (۹ ـ ۲۷) نشان داده شده است که در آن K و T اعداد ثابت و t زمان‌است. جریان‌داخل هرسیم را به‌صورت تابعی از زمان به‌دست آورید و آن را رسم کنید.



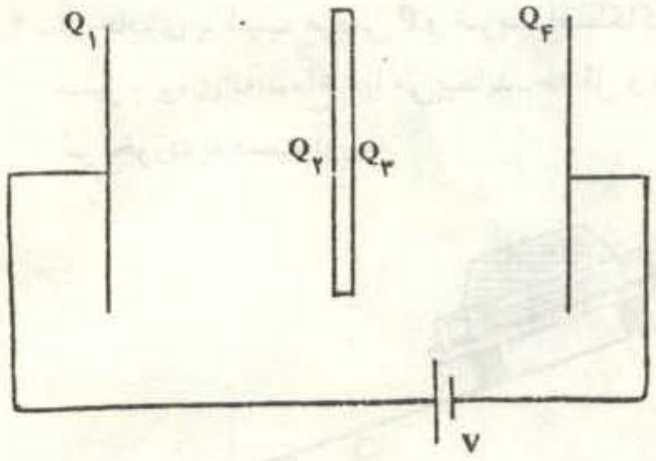
شکل (۹ ـ ۲۶)



شکل (۹ ـ ۲۷)

طرح از: آقای دکتر شیرزاد

۶ ـ خازن مسطحی به ظرفیت C را به دو قطب یک باطری به اختلاف پتانسیل V وصل کرده‌ایم. روی یک تیغهٔ بسیار نازک فلزی که ابعاد آن با ابعاد صفحات خازن برابر است، بار Q قرار می‌دهیم و آن را به‌طوری که با صفحات خازن تماس پیدا نکند در بین آنها وارد می‌کنیم. تیغه مطابق شکل (۹ ـ ۲۸) درست در وسط دو صفحهٔ خازن قرار می‌گیرد.



شکل (۹ ـ ۲۸)

بارهای روی صفحه‌های خازن و دو طرف تیغهٔ فلزی را مطابق شکل Q_1 تا Q_4 نامگذاری

کرده‌ایم. بارهای مذکور را به دست آورید.

طرح از: آقای دکتر شیرزاد

۷ ـ در آسمان ستاره‌هایی وجود دارند موسوم به ستاره‌های مزدوج که در واقع از دو ستارهٔ نزدیک به هم که دور یکدیگر می‌چرخند تشکیل شده‌اند. در پاره‌ای از شرایط ممکن است پدیدهٔ گرفت یا کسوف از دید ناظر زمینی رخ دهد، یعنی یکی از دو ستاره تمام یا بخشی از ستارهٔ دیگر را بپوشاند و مانع رسیدن نور آن به ناظر شود، در این صورت دستگاه را ستارهٔ مزدوج گرفتی می‌نامند.

فرض کنید دستگاه ذکر شده از دو ستاره به شعاع یکسان r که در فاصلهٔ بسیار دوری از زمین قرار دارند تشکیل شده و درخشندگی آنها (شدت نوری که به ناظر زمینی می‌رسد) I_1 و I_2 باشد ($I_1 > I_2$). برای سهولت روشنی قرص تصویر هر یک از دو ستاره، یعنی نوری که از واحد سطح تصویر به ناظر می‌رسد را یکنواخت در نظر می‌گیریم. فرض کنید ستارهٔ ۱ ساکن است و مرکز ستارهٔ ۲ روی دایره‌ای به شعاع R دور آن می‌چرخد. زاویه امتداد دید ناظر با عمود بر صفحهٔ مدار ستارهٔ مزدوج را زاویهٔ شیب مداری می‌نامیم و با i نشان می‌دهیم.

الف) چه شرطی روی R، i و r باشد تا:

۱ ـ اصلاً گرفت رخ ندهد، ۲ ـ گرفت جزئی رخ دهد، ۳ ـ گرفت کلی رخ دهد.

ب) به علت دوری فاصلهٔ ناظر از مجموعهٔ دو ستاره، یک تصویر تقریباً نقطه‌ای در تلسکوپ مشاهده می‌شود، به دلیل پدیدهٔ گرفت درخشندگی تصویر به طور متناوب تغییر می‌کند. با فرض آن که چرخش ستارهٔ ۲ دور ستارهٔ ۱ کاملاً یکنواخت باشد، منحنی تغییرات درخشندگی ستاره مزدوج برحسب زمان را برای حالت گرفت جزئی در یک دورهٔ کامل رسم کنید. فقط رفتار منحنی، یعنی کاهش یا افزایش درخشندگی مدّ نظر است و جزئیات کمّی لازم نیست. دربارهٔ نقاطی که رفتار منحنی تغییر می‌کند توضیح دهید.

ج) برای حالت گرفت کلی، مقدار درخشندگی ستاره در مواقعی که کمینه می‌شود، چقدر است؟