

باسمه تعالی

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست.

«امام خمینی (ره)»

وزارت آموزش و پرورش

باشگاه دانش‌پژوهان جوان

نوزدهمین المپیاد فیزیک کشور

مرحله‌ی دوم

آزمون عملی: ۱۴ اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۵

شروع ۹:۰۰

مدت آزمون: ۴۵ دقیقه

تذکرات:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به نکات زیر دقیقاً توجه فرمایید:

۱- قبل از شروع آزمون دقت کنید که وسایل ذکرشده در صورت سؤال عملی، که در پشت همین برگه چاپ شده است، به طور کامل در اختیار شما قرار گرفته باشد. در صورت بروز مشکل مسئول حوزه را مطلع کنید.

۲- این قسمت از آزمون از یک سؤال تشکیل شده و مدت پاسخ‌گویی به آن ۴۵ دقیقه است. پس از پایان این مدت پاسخ‌نامه‌های آزمون عملی جمع‌آوری و آزمون نظری شروع خواهد شد.

۳- از آن جا که ممکن است تا پایان آزمون عملی به وسایلی که در اختیار شما قرار داده شده نیاز داشته باشید، هنگام کار با آن‌ها دقت کنید. در صورت وجود مشکل در ابزارهای آزمایش، از مسئول حوزه درخواست کنید آن را تعویض نماید.

۴- در پایان آزمون می‌توانید این وسایل و سؤال عملی را به همراه ببرید.

۵- کارت معرفی‌نامه و کارنامه‌ی خود را در دسترس نگه دارید تا مسئول مربوط بتواند آن‌ها را ملاحظه و جمع‌آوری کند.

مسئله‌ی عملی

اندازه‌گیری نسبت جرم دو جسم با استفاده از مرکز جرم.

وسایل آزمایش: صفحه‌ی مقوایی، نخ، مهره‌ی تک، پیچ و مهره‌ی بزرگ، پیچ و مهره‌ی کوچک، مفتول فلزی، خط‌کش

جسمی را از یک نقطه روی آن آویزان می‌کنیم. امتداد قائمی که از این نقطه می‌گذرد را خط D می‌نامیم. با عوض کردن نقطه‌ی آویز خط D نیز عوض می‌شود، اما همه‌ی این خط‌ها از یک نقطه‌ی ثابت نسبت به جسم می‌گذرند. به این نقطه مرکز جرم جسم می‌گویند. می‌خواهیم نسبت جرم‌های یک جسم مقوایی به جرم m و یک جسم دیگر به جرم M را تعیین کنیم.

(۱) با استفاده از مفتول فلزی، نخ، و مهره‌ی تک یک شاقول بسازید. جسم مقوایی را از سوراخ‌های مختلفی روی آن، از مفتول آویزان کنید و در هر حالت امتداد‌های قائم را روی مقوا مشخص کنید. محل تقاطع این خط‌ها را تعیین کنید و آن را O (مرکز جرم جسم) بنامید.

(۲) پیچ و مهره‌ی بزرگ را باز کنید و در نقطه‌ی A (بزرگ‌ترین سوراخ) ببندید. مانند قسمت ۱، مرکز جرم جدید را مشخص کنید و آن را O_1 بنامید. فاصله‌های O_1A و O_1O را با خط‌کش اندازه‌گیری کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. با استفاده از این طول‌ها نسبت $\frac{M_1}{m}$ را حساب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید.

(۳) پیچ و مهره‌ی بزرگ را باز و از صفحه جدا کنید. پیچ و مهره‌ی کوچک را باز کنید و در نقطه‌ی B (سوراخ متوسط) ببندید. مانند قسمت قبل، مرکز جرم را مشخص کنید و آن را O_2 بنامید. فاصله‌های O_2B و O_2O را با خط‌کش اندازه‌گیری کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. با استفاده از این طول‌ها نسبت $\frac{M_2}{m}$ را حساب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید.

(۴) مقوایی که در اختیار شما است ذوزنقه است. مساحت مقوا (S) را حساب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. جرم هر متر مربع از مقوا ۱۶۰ گرم است. جرم مقوا (m)، جرم پیچ و مهره‌ی بزرگ (M_1)، و جرم پیچ و مهره‌ی کوچک (M_2) را تعیین کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید.

باسمه تعالی

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست.

«امام خمینی (ره)»

وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش‌پژوهان جوان

نوزدهمین المپیاد فیزیک کشور

مرحله‌ی دوم

آزمون نظری: ۱۴ اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۵

شروع: ۱۰:۰۰

مدت آزمون: ۳ ساعت و ۳۰ دقیقه

تذکرات:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به نکات زیر دقیقاً توجه فرمایید:

۱- این قسمت از آزمون شامل ۸ سؤال و وقت آن ۳ ساعت و ۳۰ دقیقه است.

۲- همه‌ی سؤال‌ها نمره‌ی مساوی دارد.

۳- بر روی هر برگ پیش‌نویس که به شما داده می‌شود نام و نام خانوادگی خود را حتماً بنویسید.

۴- نتایج این آزمون در نیمه‌ی دوم خردادماه اعلام خواهد شد.

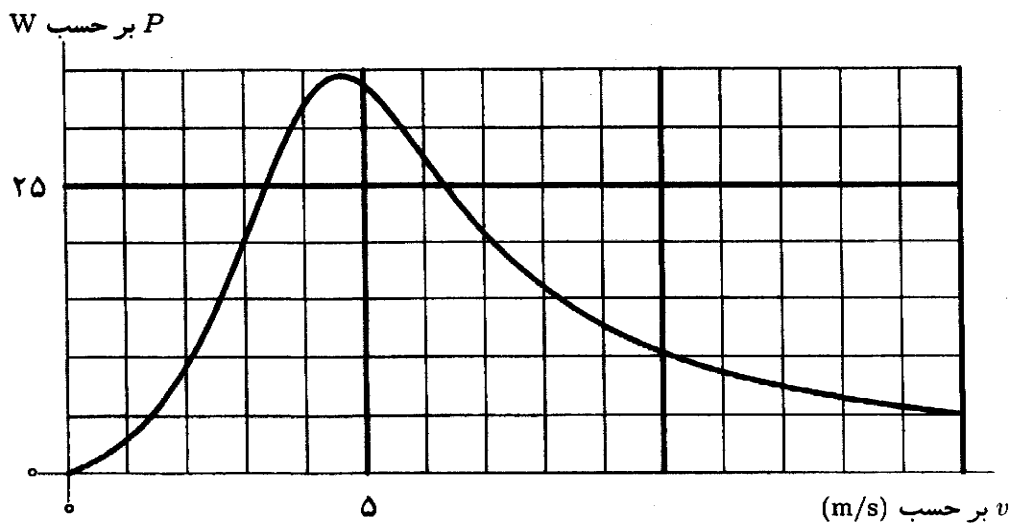
(۱) به یک متحرک نیرویی (F) وابسته به سرعت آن (v) وارد می‌شود، چنان که P (توان این نیرو) بر حسب سرعت مطابق نمودار شکل ۱ است. (این شکل عیناً در پاسخنامه تکرار شده است.) این نیرو با سرعت هم جهت است. جرم این جسم 1 kg است. شتاب گرانش را 10 m/s^2 بگیرید.

الف) نمودار F بر حسب v را در شکل ۲ (در پاسخنامه) بکشید.

ب) این جسم از سطح شیب‌داری بالا می‌رود که زاویه‌اش با افق θ است. بیش‌ترین مقدار θ برای این که این جسم بتواند با سرعت ثابت بالا برود (ϕ) چه قدر است؟ (به دست آوردن یکی از تابع‌های مثلثاتی ϕ کافی است.)

ج) این جسم از سطح شیب‌داری با $\theta = 30^\circ$ بالا می‌رود. نمودار شتاب این جسم بر حسب سرعت را در شکل ۳ (در پاسخنامه) بکشید.

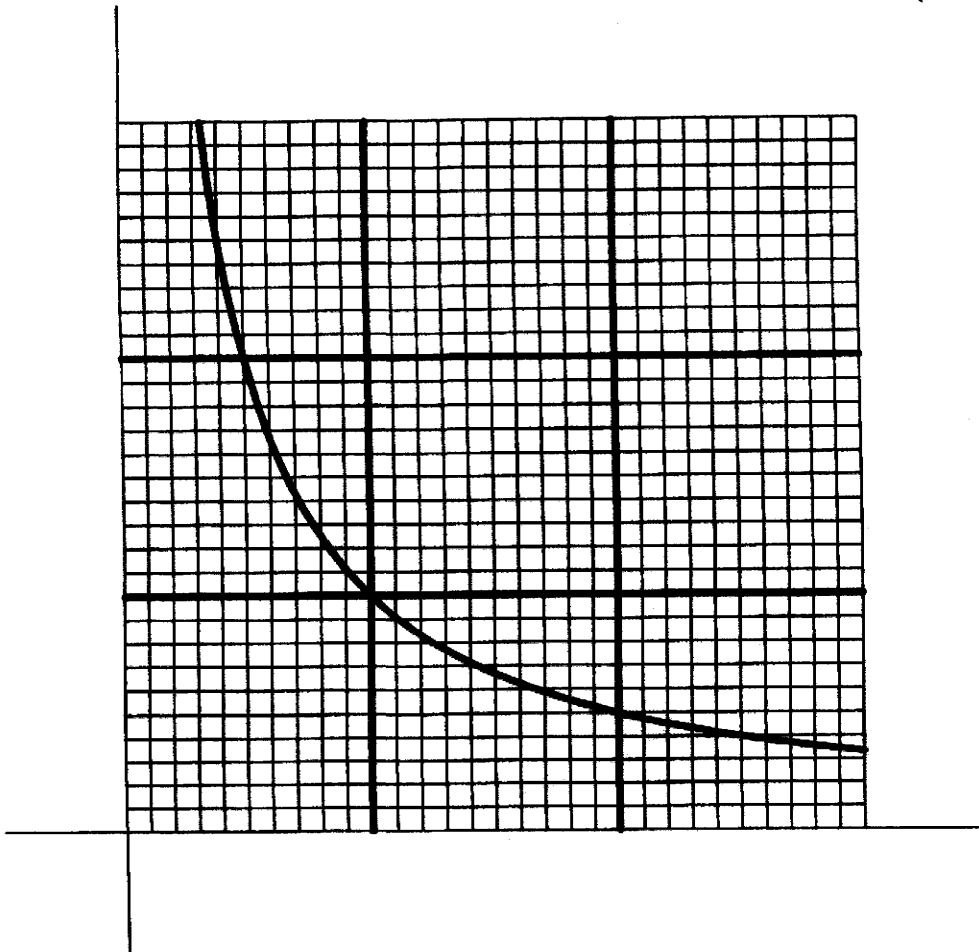
د) این جسم روی یک سطح افقی در زمان صفر از حالت سکون حرکت می‌کند. می‌خواهیم سرعت این جسم در $t = 3 \text{ s}$ را به دست آوریم. برای این کار فاصله‌ی زمانی صفر تا 3 s را به سه بخش هر یک به اندازه‌ی 1 s تقسیم کنید. در هر بخش، شتاب را به تقریب ثابت و برابر شتاب متناظر با سرعت در ابتدای بخش بگیرید. با این تقریب سرعت در $t = 3 \text{ s}$ را حساب کنید.



شکل ۱

(۲) در اثر ترکیب یک مول گاز نیتروژن (N_2) با سه مول گاز هیدروژن (H_2) دو مول گاز آمونیاک (NH_3) تولید می‌شود. دمای مخلوط یک مول نیتروژن و سه مول هیدروژن T است. برای این که در کل این واکنش حجم و دما ثابت بماند، باید این سیستم گرمای Q از دست بدهد. در کل مسئله گازها را کامل بگیرید.

الف) پس از آن که واکنش در حجم و دمای ثابت انجام شد، می‌خواهیم فشار آمونیاک حاصل را در دمای ثابت T به فشار مخلوط اولیه نیتروژن و هیدروژن برسانیم. چه قدر کار باید روی آن انجام دهیم؟ (راه‌نمایی: شکل زیر نمودار تابع $(1/x)$ است.)



ب) در فرآیند بخش الف، تغییر انرژی درونی گاز آمونیاک چه قدر است؟

ج) فرض کنید طی فرآیند ترکیب یک مول نیتروژن با سه مول هیدروژن، دما هم‌واره T بماند و فشار هم هم‌واره ثابت بماند. در این صورت این سیستم باید گرمای Q' از دست بدهد. Q' چه قدر است؟

(۳) یک سردکننده برای سرد کردن جسمی به کار می‌رود که ظرفیت گرمایی (گرمای ویژه ضرب در جرم) آن C است. وقتی دمای جسم T و دمای محیط T_0 است، آهنگ انتقال گرما از محیط به جسم، یعنی گرما بر واحد زمانی که محیط به جسم می‌دهد $\alpha(T_0 - T)$ است، که α ثابت است. وقتی سردکننده روشن است، گرما بر واحد زمانی که سردکننده از جسم می‌گیرد مقدار ثابت J است. می‌خواهیم دمای جسم بین T_1 و T_2 بماند. برای این کار دمایی سردکننده چنان تنظیم شده که وقتی دمای جسم از مقداری کمتر از T_2 به T_2 رسید سردکننده روشن می‌شود، و وقتی دمای جسم از مقداری بیشتر از T_1 به T_1 رسید سردکننده خاموش می‌شود. رابطه‌ی این دو دما با دمای محیط $T_0 < T_2 < T_1$ است. در این صورت سردکننده به طور دوره‌ای روشن و خاموش می‌شود و طی هر دوره به مدت t_1 روشن و به مدت t_2 خاموش است.

الف) مشتق زمانی دمای سیستم $\left(\frac{dT}{dt}\right)$ در دو حالت روشن و خاموش سردکننده را حساب کنید.

ب) چه شرطی بین این دماها و پارامترهای داده‌شده باشد تا سردکننده بتواند دمای جسم را از T_2 کمتر کند؟

ج) فرض کنید $(T_2 - T_1)$ خیلی کوچک‌تر از $(T_0 - T_2)$ است. در این صورت برای محاسبه‌ی $\frac{dT}{dt}$ می‌شود دمای سیستم را تقریباً مقدار ثابت $\frac{T_1 + T_2}{2}$ گرفت. با این تقریب t_1 و t_2 را حساب کنید.

(۴) دو سیم بلند حامل جریان با هم موازی اند. یکی از این سیم‌ها ثابت است و سیم دیگری می‌تواند در صفحه‌ی شامل این دو سیم و در راستای عمود بر آن‌ها جابه‌جا شود. جابه‌جایی این سیم را با x نشان می‌دهیم، که در جهت افزایش فاصله است. جرم هر سیم بر واحد طول λ است. از هر یک از این دو سیم جریان $I_0 \cos \omega t$ می‌گذرد، که t زمان است و I_0 و ω ثابت اند. این جریان‌ها هم‌جهت اند.

الف) نیرو بر واحد طول وارد بر سیم متحرک در اثر سیم ثابت را، در حالتی که فاصله‌ی این دو سیم از هم D است، حساب کنید.

ب) فرض کنید علاوه بر نیروی بالا یک نیروی بازدارنده به سیم وارد می‌شود که در راستای x است و مؤلفه‌ی آن بر واحد طول در جهت x برابر با $S = -kx - \alpha v$ است. v سرعت سیم (در جهت x) است و k و α ثابت اند. شتاب سیم را بر حسب x و v و پارامترهای داده شده به دست آورید. در این محاسبه از تغییر D به خاطر جابه‌جاشدن سیم چشم‌پوشید.

ج) مکان سیم بر حسب زمان، $x(t)$ را به شکل

$$x(t) = A + B \cos \Omega t + C \sin \Omega t$$

بگیرید، که A و B و C و Ω ثابت اند. این ثابت‌ها را چنان بیابید که معادله‌ی حاصل از بخش ب برقرار باشد.

(۵) N جسم یک‌سان هر یک به جرم m روی رأس‌های یک ضلعی منتظم اند. بین هر دو جسم از این مجموعه یک فنر آرمانی به ضریب سختی k و طول کشیده‌نشده‌ی R_0 هست. انرژی پتانسیل ذخیره‌شده در یک فنر آرمانی به ضریب سختی k برابر است با $\frac{1}{2} k (\Delta x)^2$ ، که Δx اختلاف طول فنر با طول کشیده‌نشده‌ی فنر است.

الف) انرژی پتانسیل این مجموعه را بر حسب R (فاصله‌ی هر جسم از مرکز N ضلعی) به دست آورید.

ب) به ازای $R = R^*$ انرژی پتانسیل کمینه می‌شود. R^* را به دست آورید.

ج) این مجموعه را از حالت سکون در وضعیتی رها می‌کنیم که فاصله‌ی هر جسم از مرکز N ضلعی R_1 است.

$R_1 < R^*$ است. جسم‌ها حرکت می‌کنند و در یک وضعیت دیگر باز هم سرعت همه‌ی جسم‌ها صفر می‌شود. در

این وضعیت جدید، فاصله‌ی هر جسم از مرکز N ضلعی چه قدر است؟

راه‌نمایی:

$$\sum_{i=1}^p \sin i\theta = \frac{\sin \frac{(p+1)\theta}{2} \sin \frac{p\theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2}}$$

$$\sum_{i=1}^p \cos i\theta = \frac{\cos \frac{(p+1)\theta}{2} \sin \frac{p\theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2}}$$

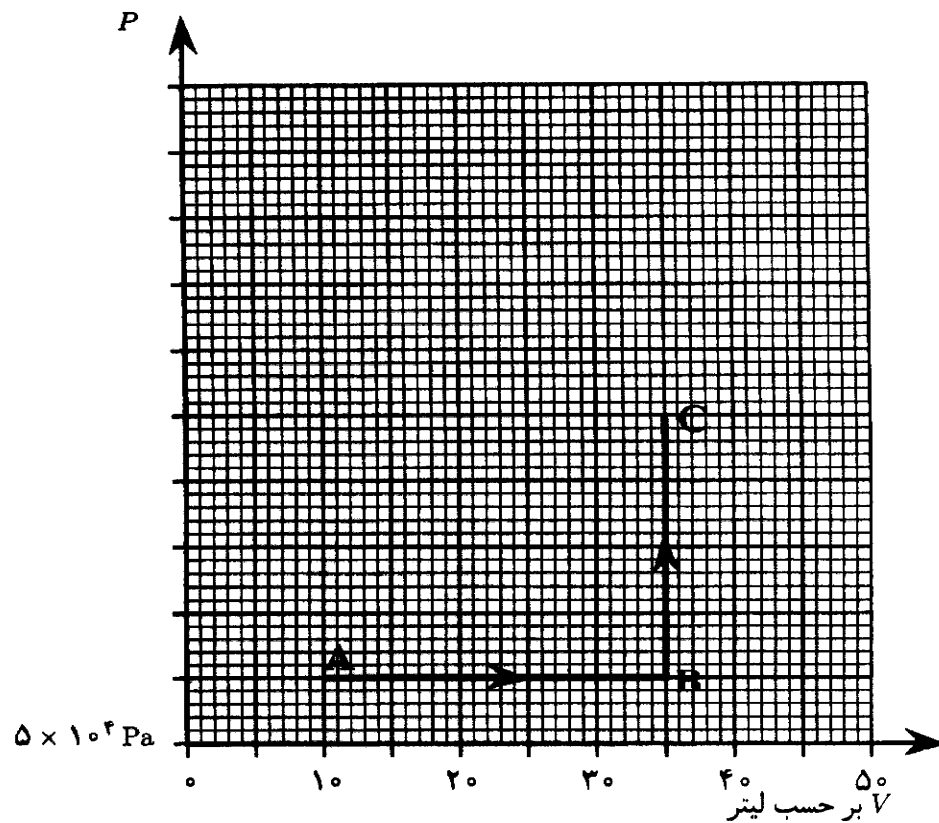
6) مقداری گاز کامل فرایند ABC را می‌پیماید. در نقطه‌های A و C دمای گاز به ترتیب $T_A = 80\text{ K}$ و $T_C = 600\text{ K}$ است. کمیت‌های زیر را حساب کنید.

الف) دما در نقطه‌ی B، T_B

ب) فشار در نقطه‌ی B، P_B

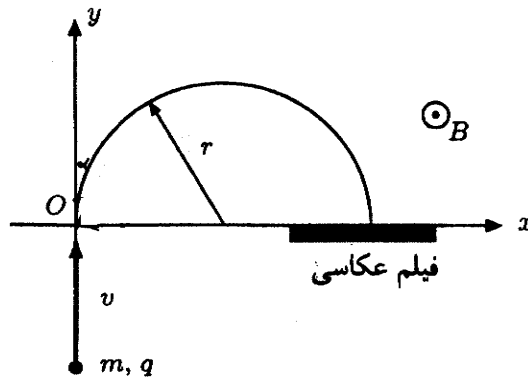
ج) تعداد مول‌های گاز، n

یادآوری: ثابت عمومی گازها $R = 8/3\text{ J/(molK)}$ است.



(۷) طیف‌سنج جرمی وسیله‌ای است که جرم یون‌ها را اندازه می‌گیرد. یون در یک تفنگ یونی شتاب می‌گیرد و به ناحیه‌ای تزریق می‌شود که در آن یک میدان مغناطیسی یک‌نواخت هست. جهت میدان مغناطیسی را محور z می‌گیریم. تفنگ یونی را چنان قرار می‌دهند که یون‌ها در جهت محور y وارد میدان مغناطیسی بشوند. در این صورت، یون‌ها مطابق شکل مسیری دایره‌ای را می‌پیمایند که در صفحه‌ی xy است، و به یک صفحه‌ی حساس (فیلم عکاسی) برخورد می‌کنند. با اندازه‌گیری فاصله‌ی محل برخورد یون به فیلم از نقطه‌ی O (جایی که یون وارد میدان مغناطیسی می‌شود) جرم یون به دست می‌آید.

دو یون ${}^{21}\text{K}$ و ${}^{41}\text{K}$ (هر دو با عدد اتمی ۱۹ و اولی با عدد جرمی ۳۹ و دومی با عدد جرمی ۴۱) هر دو با بار یکسان، به ناحیه‌ای با میدان مغناطیسی تزریق می‌شوند. عدد جرمی مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هسته است. شعاع دایره‌ی مسیر از $r = \frac{mv}{qB}$ به دست می‌آید، که در آن r شعاع دایره‌ی مسیر، v سرعت یون، m جرم یون، q بار یون، و B اندازه‌ی میدان مغناطیسی است. فاصله‌ی محل برخورد یون با فیلم از مبدأ برای این دو یون را L_1 و L_2 ، و میانگین این فاصله را L می‌نامیم.



(الف) با فرض آن که انرژی دو یون یکسان است، $\frac{L_2 - L_1}{L}$ را حساب کنید.

تنظیم دقیق انرژی و جهت خروج یون‌ها از تفنگ یونی ساده نیست.

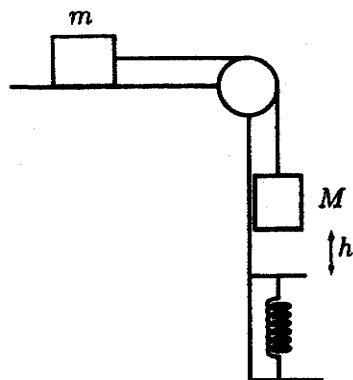
(ب) فرض کنید انرژی یون‌ها بین $7/9 \times 10^{-17} \text{ J}$ و $8/1 \times 10^{-17} \text{ J}$ است. آیا می‌توان یون‌های ${}^{21}\text{K}$ و ${}^{41}\text{K}$ را از هم تشخیص داد؟ چرا؟

(ج) فرض کنید سرعت یون‌ها وقتی وارد میدان مغناطیسی می‌شوند دقیقاً در امتداد محور y نباشد، اما هنوز در صفحه‌ی xy باشد. یون‌ها با زاویه‌های مختلفی نسبت به محور y وارد می‌شوند. زاویه‌ی یکی از این یون‌ها با محور y را α می‌نامیم. L را بر حسب α به دست آورید.

(د) فرض کنید حد اکثر زاویه‌ی سرعت یون‌ها با محور y هنگام ورود 3° باشد. آیا می‌توان این دو یون را از هم تشخیص داد؟ چرا؟

راهنمایی: اگر ϵ خیلی کوچک باشد، $(1 + \epsilon)^\beta \approx 1 + \beta\epsilon$. هم‌چنین، اگر α بر حسب رادیان خیلی کوچک باشد، $\cos \alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}$.

(۸) در شکل زیر، دو جسم به جرم‌های M و m به وسیله‌ی نخ سبکی به هم متصل شده‌اند. جرم m روی میز بدون اصطکاکی قرار دارد و زیر جسم M فنراپده‌آلی با ثابت k قرار داده شده است. فنر سبک است و طول عادی خود را دارد. در حالی که فاصله‌ی M از سر فنر h است، دستگاه از حالت سکون رها می‌شود و جرم M پس از افتادن روی فنر آن را فشرده می‌کند. انرژی پتانسیل ذخیره شده در فنری که به اندازه‌ی Δx نسبت به طول عادی‌اش فشرده شده باشد، $\frac{1}{2} k (\Delta x)^2$ است.



الف) سرعت اجسام در لحظه‌ای که جسم M به فنر می‌رسد چه قدر است؟

ب) بیشینه‌ی سرعت جسم M و m چه قدر است؟

ج) حداکثر فشردگی فنر چه قدر است؟