دفترچه سؤالات مرحله دوم

سی‌ودومین المپیاد فیزیک

سال برگزاری	تعداد سؤالات	زمان پاسخ‌گویی
۱۳۹۸	۶	۱۸۰ دقیقه

توضیحات مهم

استفاده از ماشین‌حساب مجاز نیست.

۱- این پاسخ‌نامه به صورت نیمه کامپیوتری تصحیح می‌شود، بنابراین از مچاله و کثیف کردن آن جداً خودداری نمایید.

۲- مشخصات خود را با اطلاعات بالای هر صفحه تطبیق دهید. در صورتی که حتی یکی از صفحات پاسخ‌نامه با مشخصات شما هم‌خوانی ندارد، بلافاصله مراقبین را مطلع نمایید.

۳- پاسخ هر سؤال را در محل تعیین شده خود بنویسید. چنان‌چه همه یا قسمتی از جواب سؤال را در محل پاسخ سؤال دیگری بنویسید، به شما نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.

۴- با توجه به آن‌که برگه‌های پاسخ‌نامه به نام شما صادر شده است، امکان ارائه هیچ‌گونه برگه اضافه وجود نخواهد داشت. لذا توصیه می‌شود ابتدا سؤالات را در برگه چرک‌نویس، حل کرده و آن‌گاه در پاسخ‌نامه پاک‌نویس نمایید.

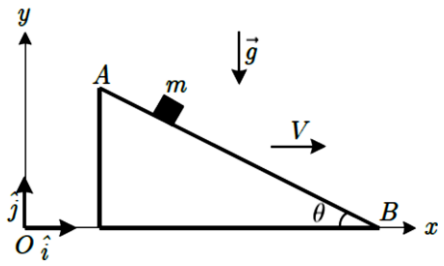
۵- عملیات تصحیح توسط مصححین، پس از قطع سربرگ، به صورت ناشناس انجام خواهد شد. لذا از درج هرگونه نوشته یا علامت مشخصه که نشان‌دهنده صاحب برگه باشد، خودداری نمایید.

۶- از مخدوش کردن دایره‌ها در چهار گوشه صفحه و بارکدها خودداری کنید، در غیر این صورت برگه شما تصحیح نخواهد شد.

۷- همراه داشتن هرگونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ساعت هوشمند، دستبند هوشمند و لپ‌تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب خواهد شد.

۸- آزمون مرحله دوم برای دانش‌آموزان پایه دهم صرفاً جنبه آزمایشی و آمادگی دارد و شرکت‌کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه یازدهم انتخاب می‌شوند.

۱- جسم کوچکی به جرم m از نقطهٔ A بالای سطح شیبداری با زاویهٔ شیب θ به پایین سر می‌خورد. ضریب اصطکاک جنبشی این جسم با سطح شیبدار μ است. این سطح شیبدار مطابق شکل روی سطح افقی، همواره با سرعت ثابت V به سمت راست حرکت می‌کند. کمیت‌های خواسته شده در بخش‌های مختلف این مسئله را در دستگاه مختصات xOy به دست آورید.



آ) اگر جسم m از حال سکون در لحظهٔ $t=0$ نسبت به سطح شیبدار رها و به مدت t حرکت کرده باشد، بردار جابه‌جایی جسم m را نسبت به O از $t=0$ به دست آورید. جواب را برحسب بردارهای یکهٔ $\hat{i}$ و $\hat{j}$ و کمیت‌های θ، g، μ، V و t بنویسید.

راهنمایی: بردار جابه‌جایی m نسبت به O برابر است با جمع برداری بردار جابه‌جایی m نسبت به A و بردار جابه‌جایی A نسبت به O.

ب) بردار سرعت جسم m را در لحظهٔ t برحسب بردارهای یکهٔ $\hat{i}$ و $\hat{j}$ و کمیت‌های θ، g، μ، V و t به دست آورید.

پ) K_1 انرژی جنبشی جرم m در لحظهٔ $t=0$ و K_2 انرژی جنبشی آن در لحظهٔ t را به دست آورید و $\Delta K = K_2 - K_1$ را حساب کنید. جواب‌ها را برحسب m، θ، g، μ، V و t بیان کنید.

ت) نیروی وزن، نیروی عمودی سطح و نیروی اصطکاک وارد بر جرم m را به صورت برداری برحسب بردارهای یکهٔ $\hat{i}$ و $\hat{j}$ و کمیت‌های m، θ، g، μ و t بنویسید.

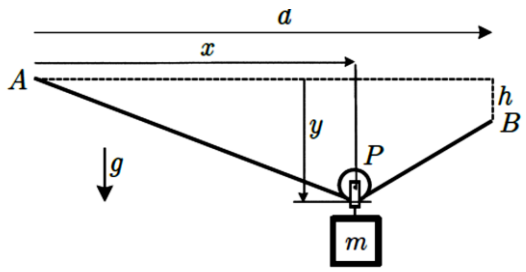
ث) کار هر یک از سه نیروی فوق در جابه‌جایی ذکر شده را برحسب m، θ، g، μ، V و t به دست آورید.

ج) جمع کار نیروهای فوق را به دست آورید و آن را با نتیجهٔ قسمت (پ) مقایسه کنید.

یادآوری: چنانچه می‌دانید کار نیروی ثابت $\vec{F}$ در جابه‌جایی $\vec{d}$ از رابطهٔ $W = Fd\cos\alpha$ به دست می‌آید که α زاویهٔ بین دو بردار است. می‌توان ثابت کرد که این کمیت برحسب مؤلفه‌های دو برابر به صورت $W = F_x d_x + F_y d_y$ است.

محاسبات و نکته‌های مهم

۲- دو انتهای طناب نازکی به طول L را به دو نقطهٔ ثابت A و B وصل می‌کنیم.



فاصلهٔ قائم بین این دو نقطه h و فاصلهٔ افقی آن‌ها d است. قرقرهٔ بدون اصطکاک P که از جرم و ابعاد آن صرف‌نظر می‌کنیم، می‌تواند روی طناب حرکت کند. جرم m از محور قرقره آویزان است و دستگاه در حال تعادل است.

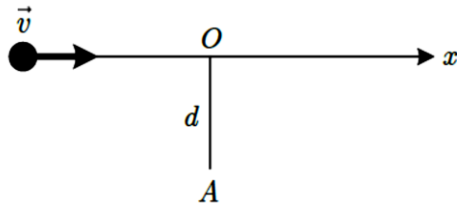
آ) کشش طناب را برحسب m، g، d و L به دست آورید.

ب) مختصات قرقره، (x,y)، را نسبت به نقطهٔ A برحسب h، d و L به دست آورید.

اگر طنابی با طول اولیهٔ L_0 کشسان باشد و با دو نیروی یکسان F از طرفین کشیده شود، طول آن به اندازهٔ ΔL افزایش می‌یابد که از رابطهٔ $\Delta L = \frac{F}{R} L_0$ به دست می‌آید. در این رابطه R کمیت ثابتی است. (این کمیت برای جسمی با سطح مقطع S برابر YS است که Y را مدول یانگ می‌گویند.)

پ) فرض کنید طنابی که در شکل به دو نقطهٔ A و B وصل شده، قبل از اتصال جرم m به آن دارای طول L_0 است. پس از اتصال جرم m و رسیدن به حالت تعادل، طول طناب L است. ثابت R را برحسب m، g، d، L و L_0 به دست آورید.

۳- سرعت نور در محیطی شفاف را w بگیرید که از سرعت نور در خلأ کوچک‌تر است. یک چشمهٔ نقطه‌ای مطابق شکل با سرعت ثابت v ($v > w$) در این محیط بر روی محور x در حال حرکت است. ناظر A در فاصلهٔ d از محور x و زیر مبدأ O قرار دارد. فرض کنید در لحظهٔ $t = 0$ چشمه در نقطهٔ O و در لحظهٔ t در نقطه‌ای به مختصهٔ x است. نور گسیل شده در لحظهٔ t از چشمه در لحظهٔ T توسط ناظر دیده می‌شود.



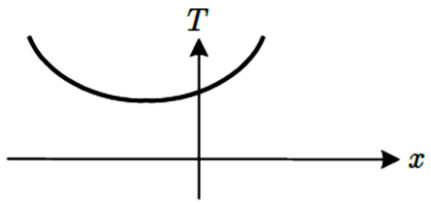
آ) T را برحسب d، x، w و v به دست آورید.

ب) T را برحسب d، t، w و v به دست آورید.

محاسبات و نکته‌های مهم

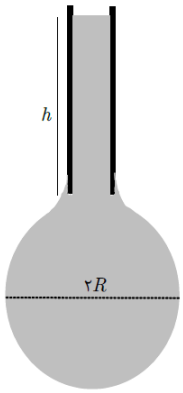
پ) X مختصهٔ چشمه روی محور x را در لحظهٔ T برحسب d، t، w و v به دست آورید.

ت) نمودار T برحسب x مطابق شکل است. ناظر A اولین بار چشمه را در نقطهٔ x_0 و در لحظهٔ T_0 می‌بیند. x_0 و T_0 را برحسب d، w و v به دست آورید.



ث) برای زمان‌های $T > T_0$ ناظر چشمه را در چه مکان یا مکان‌هایی می‌بیند؟ جواب را بر حسب T، T_0، w و v بین کنید.

۴- لوله‌ای مطابق شکل حاوی مایعی به چگالی ρ است. در انتهای باز لوله قطره‌ای تشکیل شده که شکل آن تقریباً یک کرهٔ کامل به شعاع R است. ضریب کشش سطحی (که در انتهای مسئله توضیح داده شده است) برای این مایع σ است. ارتفاع مؤثر مایع در لوله با لحاظ کردن اثر مویینگی h است. فشار هوای بیرون P_0 است. می‌خواهیم شعاع قطره را برحسب کمیت‌های مرتبط به دست آوریم.



آ) ترکیب معینی از کمیت‌های σ، ρ و g یکای طول دارد. این ترکیب را بیابید و a_0 بنامید.

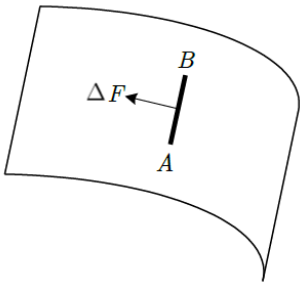
ب) نیروهای وارد بر نیمکرهٔ پایینی را در نظر بگیرید و با استفاده از شرط تعادل، شعاع قطره را برحسب h، a_0 حساب کنید.

پ) جواب R را با توجه به آن‌که a_0 خیلی از h کوچک‌تر است به طور تقریبی حساب کنید. از رابطهٔ $\sqrt{1+\varepsilon} \approx 1 + \varepsilon/2$ برای ε بسیار کوچک‌تر از ۱ استفاده کنید.

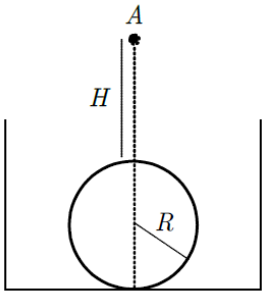
ت) به ازای $h = 8\ mm$ شعاع قطره $R = 1/2\ mm$ است. با فرض آن‌که $g = 10\ m/s^2$ و $\rho = 1\ g/cm^3$ ضریب کشش سطحی مایع را بر حسب N/m به دست آورید.

محاسبات و نکته‌های مهم

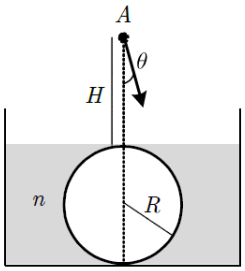
توضیح: عناصر واقع بر سطح تماس دو محیط یکدیگر را با نیرویی می‌کشند. فرض کنید سطح نشان داده شده در شکل مقابل سطح جدایی بین دو محیط است، مثلاً یک طرف صفحه آب و طرف دیگر آن هوا قرار دارد. عناصر واقع در سمت چپ پاره‌خط AB به طول ΔL عناصر سمت راست را مطابق شکل با نیرویی می‌کشند که با طول AB متناسب است، به طوری‌که $\Delta F = \sigma \Delta L$ به کمیت σ ضریب کشش سطحی گفته می‌شود که واحد آن نیوتن بر متر است.



۵- کره‌ای به شعاع R را درون ظرف مکعب مستطیل مقابل که کف آن افقی است گذاشته‌ایم. یک چشمهٔ نقطه‌ای نور روی خط قائم گذرنده از نقطهٔ تماس کره با کف ظرف و در فاصلهٔ H از بالای کره قرار دارد.



آ) مساحت سایهٔ ایجاد شده در کف ظرف را برحسب H و R به دست آورید. ظرف را با مایع شفافی به ضریب شکست n پر می‌کنیم به طوری‌که سطح مایع در ظرف، مماس بر بالاترین نقطهٔ کره شود و کره کاملاً درون مایع قرار گیرد.



ب) اگر θ زاویهٔ یک پرتو دلخواه با امتداد قائم باشد، پرتوهای با $\theta < \theta_\circ$ به کف ظرف نمی‌رسند. در این حالت معادله‌ای برای $\sin\theta_\circ$ به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\sin^3\theta_\circ + a\sin^2\theta_\circ + b\sin\theta_\circ + c = \circ,$$

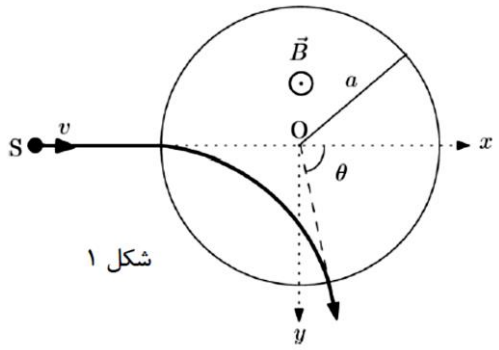
ضرایب a، b و c را برحسب n، R و H به دست آورید.

پ) به ازای $H = R$، $\sin\theta_\circ$ را بر حسب n به دست آورید.

ت) به ازای $n = \sqrt{۳}$ و $H = R$، مساحت سایهٔ ایجاد شده در کف ظرف را بر حسب R به دست آورید.

محاسبات و نکته‌های مهم

۶- در یک ناحیهٔ دایره‌ای به شعاع a و مرکز O میدان مغناطیسی B مطابق شکل عمود بر صفحهٔ شکل و به سمت بیرون وجود دارد. خارج از این ناحیه میدان مغناطیسی صفر است. باریکه‌ای از ذراتی به جرم m و بار الکتریکی q با سرعت v در راستای یکی از قطرها که آن را محور x می‌گیریم، وارد این ناحیه می‌شود و مسیری دایره‌ای را طی می‌کند. پس از خروج از این ناحیه، جهت حرکت باریکه به اندازهٔ زاویهٔ θ نسبت به جهت اولیه منحرف می‌شود.

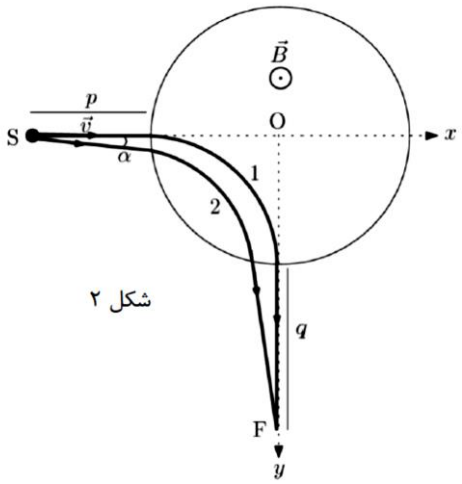


شکل ۱

آ) جرم ذرات، m را برحسب B، a، q، v و θ به دست آورید.

ب) اگر C مرکز دایره‌ای باشد که ذرات باریکه در ناحیهٔ میدان طی می‌کنند، مختصات نقطهٔ C یعنی x_C و y_C را در دستگاه مختصات xOy شکل ۱ به دست آورید.

فرض کنید پارامترهای مسئله چنان تنظیم شده باشند که، ذراتی که درست روی محور x داخل میدان می‌شوند روی محور y خارج شوند (باریکهٔ ۱ در شکل ۲).



شکل ۲

از چشمهٔ S که در فاصلهٔ p از دایره ناحیهٔ میدان مغناطیسی قرار دارد علاوه بر باریکهٔ یاد شده، باریکهٔ ۲ هم در صفحهٔ $x-y$ به سمت میدان گسیل می‌شود که با باریکهٔ قبلی زاویهٔ بسیار کوچک α می‌سازد.

پ) فرض کنید باریکهٔ ۲ پس از عبور از میدان مغناطیسی در نقطهٔ F روی محور y باریکهٔ ۱ را قطع کند. فاصلهٔ F تا دایره را q بنامید و آن را برحسب a و p به دست آورید.

ت) فرض کنید $p'=p+a$ و $q'=q+a$. مقدار $1/p'+1/q'$ را به دست آورید و ساده کنید.

محاسبات و نکته‌های مهم

- **آشنایی و برنامه‌ریزی المپیادهای علمی**
- **اطلاع‌رسانی تمام اخبار المپیادی کشور**
- **مشاوره و کلاس‌های آنلاین**
- **آزمون‌های آنلاین المپیاد**
- **معرفی منابع و فروشگاه کتاب آنلاین**

برای دریافت، تصویر بالا را اسکن یا
"المپیاد آیریسک" را جستجو کنید.