جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه سوالات به همراه پاسخنامه تشریحی
مرحله دوم
بیست و دومین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۸۵

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
–	۹	۲۱۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب ممنوع است.

تذکرات آزمون:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما دانش‌پژوه گرامی، خواهشمند است قبل از پاسخ به سؤالات آزمون به موارد زیر توجه کنید:

- این آزمون شامل **۱۱ مسئله‌ی تشریحی** و وقت آن **۲۴۰ دقیقه** است.
- نمره‌ی هر سوال در ابتدای آن نوشته شده است.
- استفاده از ماشین‌حساب در این آزمون مجاز است.
- همراه داشتن تلفن همراه (حتی خاموش) در طول زمان آزمون مجاز **نیست**.
- فقط داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند.
- جمع‌آوری و آماده‌سازی دفترچه‌ی سوالات این آزمون توسط **کمیته‌ی علمی ماخ** انجام شده است.

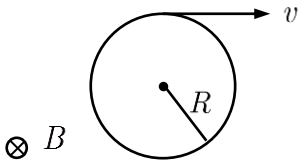
www.MAAKH.ir

کلیه حقوق این سوالات برای ماخ محفوظ است.

۱- گشتاور دو قطبی مغناطیسی یک حلقه سیم دایره‌ای به شعاع R که جریان i از آن می‌گذرد برداری است که اندازه‌ی آن $\mu = \pi R^2 i$ و جهت آن همان جهت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه است. در فیزیک کلاسیک ساده‌ترین مدل برای حرکت الکترون‌ها حول هسته حرکت دایره‌ای یکنواخت است. این حرکت را می‌توان با یک حلقه‌ی جریان یکنواخت نشان داد.

الف) برای الکترونی که بار الکتریکی آن $-e$ است، و مطابق شکل بر روی دایره‌ای به شعاع R با سرعت یکنواخت v می‌چرخد گشتاور دوقطبی مغناطیسی را به دست آورید. این شکل را روی پاسخنامه‌ی خود بکشید و جهت μ را با علامت $\otimes$ یا $\odot$ مشخص کنید.

یک میدان مغناطیسی B که جهت آن در شکل مشخص شده است به اتم اعمال می‌کنیم. فرض کنید میدان مغناطیسی بر صفحه‌ی حرکت دایره‌ای یکنواخت الکترون عمود است. فرض کنید شعاع حرکت الکترون با اعمال میدان مغناطیسی ثابت می‌ماند ولی سرعت آن به اندازه‌ی Δv تغییر می‌کند. حتی برای قوی‌ترین میدان‌های مغناطیسی قابل تولید در آزمایشگاه Δv از v بسیار کوچک‌تر است.



ب) Δv را به دست آورید. جرم الکترون را m بگیرید.

ج) با اعمال این میدان مغناطیسی گشتاور دوقطبی مغناطیسی مربوط به حرکت الکترون دور هسته $\mu + \Delta\mu$ می‌شود. $\Delta\mu$ را به دست آورید.

د) برای الکترونی به جرم $9/1\times10^{-31} kg$ و بار $1/6\times10^{-19}$ که در میدان مغناطیسی T ۲/۰ بر روی دایره‌ای به شعاع $\mathring{A}$ ۰/۵۱ می‌چرخد $\Delta\mu$ چقدر است؟

۲- تلمبه ابزاری است که با وارد کردن نیرو به شاره‌ی درونش، مثلاً آب، میان شاره‌ی ورودی به تلمبه و شاره‌ی خروجی از تلمبه، اختلاف فشار پدید می‌آورد.

یک تلمبه با لوله‌ای به سطح مقطع A، آب را از چاه بالا می‌کشد و آن را درون لوله‌ی قائمی به همان سطح مقطع می‌فرستد. فاصله‌ی تلمبه با سطح آب درون چاه h_1 و ارتفاع لوله‌ی قائم بالای تلمبه h_2است. آب از بالای لوله‌ی قائم با سرعت u بیرون می‌جهد. فشار هوا P_0 و چگالی آب را p بگیرید و از ارتفاع خود تلمبه چشم بپوشید. دهانه‌ی چاه از قطر لوله‌ها بسیار بزرگ‌تر است. شتاب گرانش را g بگیرید. از اتلاف انرژی چشم بپوشید.

الف) توان تلمبه، Q، را حساب کنید.

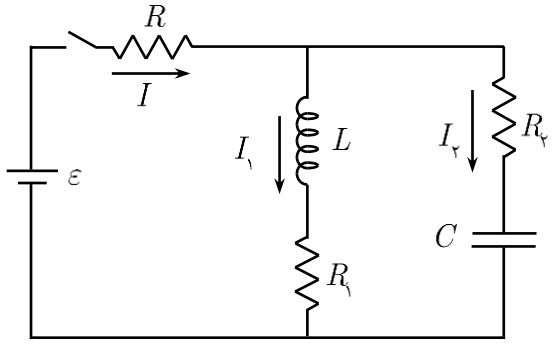
ب) فشار آب در خروجی تلمبه، P_2 چه قدر است؟

ج) فشار آب در ورودی تلمبه، P_1 چه قدر است؟

۳- مداری مانند شکل در نظر بگیرید. پیش از بستن کلید خازن خالی است و از خود القا جریانی نمی‌گذرد.

الف) بلافاصله پس از بستن کلید، مقدار بار خازن، q، جریان‌های I_1 و I_2 و I، و اختلاف پتانسیل دو سر خودالقا، V_L، چه قدر است؟

ب) پس از زمان طولانی از بستن کلید، مقدار همان کمیت‌های بند الف چه قدر است؟



www.MAAKH.ir

۴- منبع انرژی خورشید واکنشهای هسته‌ای زیر است که به زنجیره‌ی پروتون - پروتون مشهور است.

$$_{۱}^{۱}H + _{۱}^{۱}H \rightarrow _{۱}^{۳}H + e^{+} + v$$

$$_{۱}^{۲}H + _{۱}^{۱}H \rightarrow _{۲}^{۳}H + \gamma$$

$$_{۲}^{۳}H + _{۲}^{۳}H \rightarrow _{۲}^{۴}H + _{۱}^{۱}H + _{۱}^{۱}H$$

در این واکنش‌ها، v ذرّه‌ای به نام نوترینو است. مجموع واکنش‌های بالا به صورت

$$n\,_{۱}^{۱}H \rightarrow _{۲}^{۴}H + ۲e^{+} + ۲v + ۲\gamma$$

است.

الف) با توجه به واکنش‌های بالا عدد n چیست؟

ب) برای تولید هر هسته‌ی هلیوم $(_{۲}^{۴}He)$ چند واکنش باید انجام شود؟

ج) می‌دانیم توان کل تابشی خورشید تقریباً $۴\times۱۰^{۲۶}W$ است. جرم هسته‌ی هلیوم $۳/۹۷m_p$ است که در آن m_p جرم هسته‌ی هیدروژن (پروتون) است. تعداد واکنش‌هایی که در هر ثانیه باید درون خورشید انجام شود تا توان تابشی خورشید را تأمین کند چند تا است؟

$$m_p = ۱/۷\times۱۰^{-۲۷}kg, \qquad c = ۳\times۱۰^{۸}m/s.$$

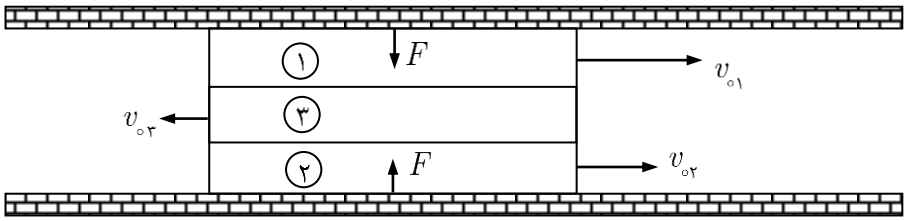
د) چند کیلوگرم هیدروژن بر ثانیه باید تبدیل به هلیوم شود تا این توان تابشی تأمین شود؟

۵- سه مکعب مستطیل بسیار طویل یکسان به جرم M روی زمین و بین دو دیوار ثابت قائم، در تماس با هم در حرکت‌اند، به طوری که تصویر آن‌ها از بالا مانند شکل است. ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم‌ها μ_s و ضریب اصطکاک لغزشی‌ی بین آنها μ_k است. $\mu_s > \mu_k$. اصطکاک بین جسم‌ها و زمین و هم‌چنین بین جسم‌ها و دیوار قابل چشم‌پوشی است. نیروی عمودی‌ای که دیوارها به جسم مجاورشان وارد می‌کنند را F بگیرید. اندازه‌ی سرعت اولیه‌ی جسم‌ها $u_{۰۱}$ ، $u_{۰۲}$، و $u_{۰۳}$ است. $u_{۰۱} > u_{۰۲} > u_{۰۳}$. فرض کنید جسم‌ها و دیوارها آن‌قدر طویل‌اند که در تمام مدت حرکت در تماس با هم باقی می‌مانند.

الف) در یک نمودار منحنی سرعت - زمان را برای سه جسم بکشید.

ب) پس از چه مدت سرعت سه جسم یکی می‌شود؟

ج) انرژی تلف شده در این مدت چه‌قدر است؟

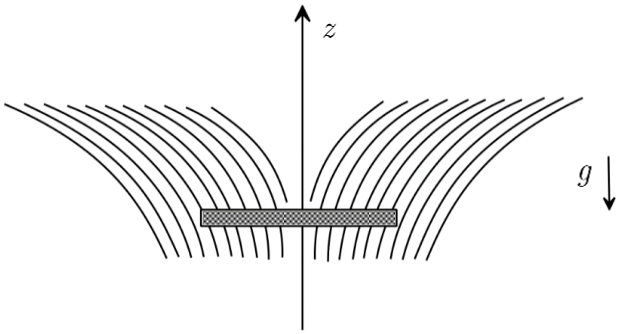


۶- رسانایی به شکل یک حلقه به مقاومت الکتریکی‌ی R، و جرم m از ارتفاع بلندی در حضور یک میدان مغناطیسی سقوط می‌کند. میدان مغناطیسی حول محور قائم z، که همان محور حلقه است، تقارن دارد و مؤلفه‌ی قائم آن $B_z = B_o(۱+\alpha z)$ است. محور z در جهت قائم است. α ثابت است. قطر حلقه D است، و صفحه‌ی حلقه همواره افقی می‌ماند. از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید.

الف) جریان القایی در حلقه، I، وقتی که حلقه در ارتفاع z است، چه‌قدر است؟ در این لحظه سرعت حلقه v است. I را بر حسب B_o، α، D، R و v به دست آورید.

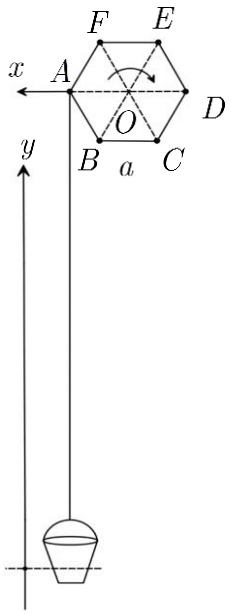
ب) پس از مدتی سرعت حلقه به سرعت حد u_f، که ثابت است، میل می‌کند. u_f را بر حسب B_o، α، D، m ، R و شتاب گرانش g به دست آورید.

راهنمایی: وقتی سرعت حلقه به سرعت حد می‌رسد اتلاف انرژی در مقاومت الکتریکی باید از طریق انرژی پتانسیل گرانشی تأمین شود.

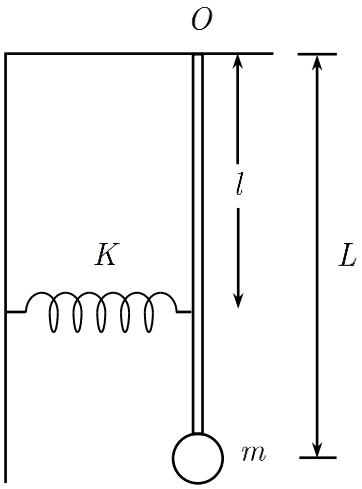


۷- شکل مقابل مقطع قائم یک چرخ چاه قدیمی را نشان می‌دهد که از میله‌های افقی A، B، C، D، E، و F تشکیل شده است که توسط پره‌هایی به محور دستگاه، O، متصل شده‌اند. مقطع دستگاه یک شش ضلعی منتظم به طول ضلع α است. زاویه θ، زاویه‌ی میان پره‌ی OA و امتداد افقی Ox است. در ابتدا قسمت آزاد طناب از میله‌ی افقی A آویزان است و سطح در نقطه‌ی $y=0$ قرار دارد، و زاویه‌ی چرخش دستگاه، θ، نیز صفر است.

با چرخش دستگاه ارتفاع سطل، y را به عنوان تابعی از θ به دست آورید و $y(\theta)$ را برای $0<\theta<\pi$ رسم کنید. فرض کنید طناب همواره قائم می‌ماند.



۸- در دستگاه روبرو جرم وزنه m است، و جرم میله‌ی قائم متصل به آن ناچیز است. راستای فنر افقی و ضریب سختی آن k است. میله می‌تواند حول محور افقی که از نقطه‌ی O می‌گذرد در صفحه‌ی قائم نوسان کند. یک سر فنر به دیوار قائم و سر دیگر آن به میله‌ی قائم محکم شده است. هنگامی که میله قائم است فنر کشیده یا فشرده نیست. میله را کمی از حال تعادل خارج و رها می‌کنیم. شتاب گرانش g، طول میله L، و فاصله‌ی نقطه‌ی O تا محل اتصال فنر به میله ℓ است.

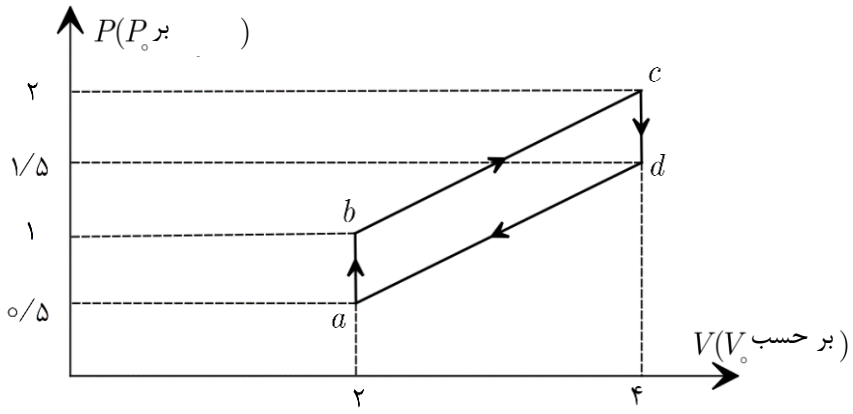


الف) عبارتی برای انرژی پتانسیل دستگاه بر حسب x، جابه‌جایی افقی وزنه از حالت تعادل، π، جابه‌جایی افقی وزنه از حالت تعادل، π ، ℓ، و L به دست آورید. توجه داشته باشید که برای زوایای کوچک (بر حسب رادیان) داریم.

$$\sin\theta \simeq \theta \qquad \cos\theta \simeq 1-\frac{\theta^2}{2}$$

ب) انرژی مکانیکی دستگاه، E را بر حسب x، v، m، k، ℓ و L بنویسید و از طریق مشابهت آن با نوسان‌گر ساده، دوره‌ی تناوب حرکت نوسانی دستگاه را محاسبه کنید. در محاسبه‌ی انرژی، مؤلفه‌ی سرعت وزنه در راستای قائم را نادیده بگیرید.

۹- ماخ انرژی درونی گاز کامل تک‌اتمی $U = \frac{۳}{۲} pV$ است، که p فشار، و V حجم گاز است. یک مول گاز کامل تک‌اتمی، چرخه‌ای مانند شکل را می‌پیماید.



الف) برای هر یک از چهار بخش چرخه، مقدار کار انجام شده روی گاز، W، و مقدار گرمای داده شده به گاز، Q، را به دست آورید. تمام پاسخ‌ها بر حسب $P_۰$ و $V_۰$ باشد.

ب) بازده چرخه را حساب کنید.

جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه آزمون عملی
مرحله دوم
بیست و دومین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۸۸

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
–	۱	۳۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب ممنوع است.

تذکرات آزمون:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما دانش‌پژوه گرامی، خواهشمند است قبل از پاسخ به سؤالات آزمون به موارد زیر توجه کنید:

- این آزمون شامل **۱ مسئله‌ی تشریحی** و وقت آن **۳۰ دقیقه** است.
- نمره‌ی هر سوال در ابتدای آن نوشته شده است.
- استفاده از ماشین‌حساب در این آزمون مجاز است.
- همراه داشتن تلفن همراه (حتی خاموش) در طول زمان آزمون مجاز **نیست**.
- فقط داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند.
- جمع‌آوری و آماده‌سازی دفترچه‌ی سوالات این آزمون توسط **کمیته‌ی علمی ماخ** انجام شده است.

www.MAAKH.ir

کلیه حقوق این سوالات برای ماخ محفوظ است.

اندازه‌گیری ضریب تخلخل

وسایل آزمایش:

آب، سرنگ ۲۰ میلی‌لیتری، دانه‌های پلاستیکی، همزن فلزی، دو تا لیوان یک‌بار مصرف.

مقدمه

اگر توده‌ای از دانه‌های مانند شن را روی هم بریزیم، حجم اشغال شده توسط توده‌ی شن، V_T، بیش از مجموع حجم دانه‌های شن است. در میان دانه‌ها مقداری فضای خالی هست که حجم آن را V_E می‌نامیم. نسبت حجم این فضای خالی به حجم توده ضریب تخلخل نام دارد که آن را با ϕ نشان می‌دهیم.

$$\phi = \frac{V_E}{V_T}$$

در این آزمایش می‌خواهیم ضریب تخلخل را برای توده‌ای که از نوعی دانه‌های پلاستیکی تشکیل شده بسنجیم.

روش آزمایش:

برای اندازه‌گیری حجم، به جای استوانه‌ی مدرج، از یک سرنگ ۲۰ میلی‌لیتری استفاده می‌کنیم. آبی که داخل سرنگ ریخته می‌شود از آن خارج نمی‌شود.

ابتدا مقداری آب داخل سرنگ بریزید و حجم آن را، که V_1 می‌نامیم، یادداشت کنید. سپس مقداری دانه‌ی پلاستیکی در سرنگ بریزید. سطح آب بالا می‌آید. به کمک همزن فلزی دانه‌ها را ته‌نشین کنید. در این حالت حجم توده‌ی پلاستیک، V_T، و حجم مجموع آب و توده، V_2 را بسنجید.

الف) عبارت مناسبی برای ϕ بر حسب V_1 و V_2 و V_T به دست آورید و آن را در پاسخ‌نامه بنویسید.

ب) V_1 و V_2 و V_T را با دو بار آزمایش، یعنی دو مقدار مختلف V_T، بسنجید و در پاسخ‌نامه بنویسید.

ج) ϕ را، برای هر دو سنجش، حساب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید.