باسمه تعالی

وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش‌پژوهان جوان

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده‌کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیّت‌هاست.
«امام خمینی (ره)»

هیجدهمین المپیاد فیزیک کشور

مرحله‌ی دوم

آزمون نظری: ۱۵ اردیبهشت ماه ۱۳۸۴

مدت آزمون: ۳ ساعت و ۳۰ دقیقه

شروع: ۱۰:۰۰

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 نام‌خانوادگی خود را حتماً بنویسید.

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

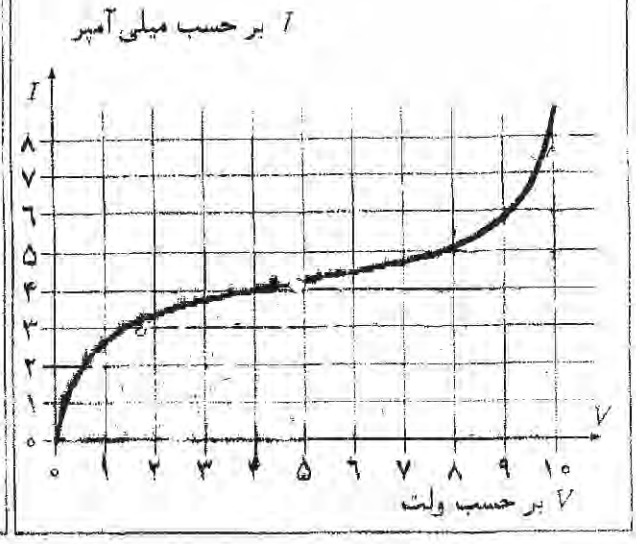
۴) در یک مدار عنصری هست، که نمودار جریان بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر آن مطابق شکل (۱) است. جریان گذرنده از این عنصر را با I و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با V نشان می‌دهیم. در یک آزمایش نمودار جریان ـ زمان این عنصر به صورت شکل (۲) است (این نمودارها در پاسخ‌نامه هم آمده است).

الف) نمودار V بر حسب زمان را بکشید.

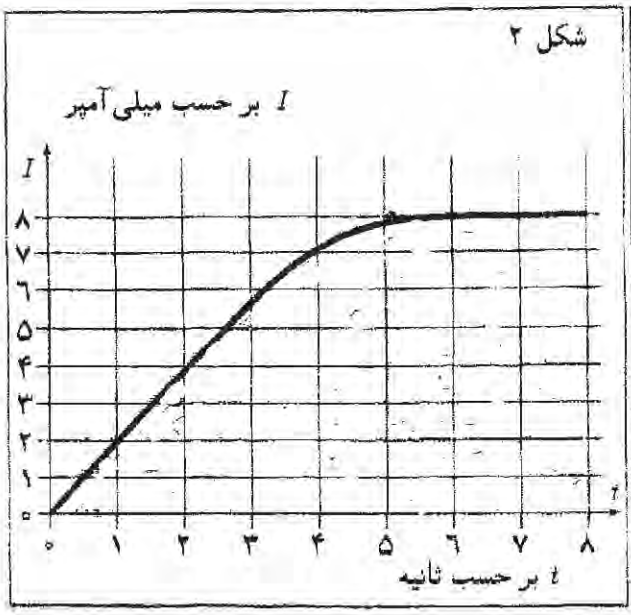
ب) نمودار $I \times V$ بر حسب زمان را بکشید.

ج) در فاصله‌ی $t = ۰$ تا $t = ۸\,s$ چه مقدار انرژی در این عنصر مصرف شده است؟

شکل ۱



شکل ۲



۲) مکعب‌مستطیلی که طول آن به اندازه‌ی کافی بزرگ و جرم آن $۳m$ است، روی سطحی افقی ساکن است. ضریب اصطکاک این مکعب‌مستطیل با سطح افقی $\mu_۱$ است. مکعبی به جرم m با سرعت $v_۰$، مطابق شکل، با مکعب‌مستطیل در تماس قرار می‌گیرد. ضریب اصطکاک بین مکعب و مکعب‌مستطیل $\mu_۲$ است.

الف) چه رابطه‌ای میان $\mu_۱$ و $\mu_۲$ برقرار باشد تا مکعب‌مستطیل شروع به حرکت کند؟

اکنون فرض کنید شرط مورد نظر برقرار است، یعنی مکعب مستطیل شروع به حرکت می‌کند. در لحظه‌ی $t_۱ = ۰$ دو جسم در تماس با هم قرار می‌گیرند، و در لحظه‌ی $t_۲ = T$ سرعت دو جسم برابر می‌شود (و پس از آن برابر می‌ماند).

ب) T را به دست آورید.

ج) در لحظه‌ی T سرعت دو جسم چیست؟

د) از لحظه‌ی $t_۱ = ۰$ تا $t_۲ = T$، مکعب مستطیل به اندازه‌ی ΔX، و مکعب به اندازه‌ی Δx، نسبت به سطح حرکت کرده اند. ΔX و Δx را به دست آورید.

ه) کار انجام شده روی مکعب مستطیل، $W_۱$، و کار انجام شده روی مکعب، $W_۲$، در فاصله‌ی زمانی $t_۱ = ۰$ تا $t_۲ = T$ چه‌قدر است؟

و) تغییر انرژی جنبشی هر یک از دو جسم در فاصله‌ی $t_۱ = ۰$ تا $t_۲ = T$ چه‌قدر است؟

۳) یک باتری شامل m شاخه‌ی موازی با هم است، که هر کدام از شاخه‌ها از n پیل متوالی مشابه تشکیل شده اند. نیروی محرکه‌ی هر پیل $\mathcal{E}$ و مقاومت درونی هر پیل r است. این باتری به مقاومت خارجی R متصل می‌شود.
فرض کنید تعداد پیل‌ها ۳۶۰، $\mathcal{E} = ۲\,V$، $r = ۱\,\Omega$، و $R = ۱۰\,\Omega$ است.

الف) m و n چه‌قدر باشند تا جریان گذرنده از R بیشینه شود؟

ب) مقدار این جریان بیشینه را حساب کنید.

۴) می‌گوییم مخلوطی از گازهای کامل a و b آرمانی است، اگر $PV = (n_a + n_b)RT$ برقرار باشد. P فشار مخلوط، V حجم آن، T دمای آن، R ثابت عمومی گازها، n_a تعداد مول‌های گاز a، و n_b تعداد مول‌های گاز b است.

یک ظرف استوانه‌ای به طول L و مساحت مقطع A را در نظر بگیرید. این ظرف با یک پیستون نازک عمود بر محور استوانه به دو بخش تقسیم شده. این پیستون با یک فنر به قاعده‌ی راست استوانه متصل است. طول آزاد این فنر x_0 $(x_0 < L)$، و ضریب سختی آن k است. پیستون بدون اصطکاک حرکت می‌کند. در طرف چپ این ظرف n_b مول گاز کامل b و مقداری گاز کامل a است. در طرف راست این ظرف هم مقداری گاز کامل a است. مخلوط طرف چپ آرمانی است و ملکول‌های گاز b در طرف چپ هیچ اثری بر ملکول‌های گاز a در آن طرف ندارند. ملکول‌های گاز a آزادانه از پیستون می‌گذرند اما ملکول‌های گاز b نمی‌توانند از پیستون بگذرند. در این ظرف کلاً n_a مول گاز a هست. دمای دو طرف ظرف مقدار ثابت T است.

الف) در حالتی که طول بخش راست ظرف x است، تعداد مول‌های گاز a در هر طرف ظرف را به دست آورید.

ب) در همین حالت فشار گاز در هر طرف را به دست آورید.

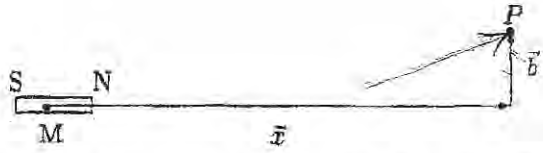
ج) مقدار x در حالت تعادل را به دست آورید.

۵

۵) میدان مغناطیسی آهن‌ربایی که در M است، در نقطه‌ی P دور از آن

$$\vec{B} = \frac{A}{x^۴}(۲\vec{x} + ۳\vec{b})$$

است، که A ثابت است، بردار $\vec{x}$ در جهت قطب جنوب آهن‌ربا به قطب شمال آن (محور آهن‌ربا) است، و x طول بردار $\vec{x}$ است. این رابطه به شرطی درست است که طول بردار $\vec{b}$ خیلی کوچک‌تر از طول بردار $\vec{x}$ باشد. این بردارها در شکل نشان داده شده اند.



یک حلقه به شعاع a در فاصله‌ی x از یک آهن‌ربا است. محور آهن‌ربا از مرکز حلقه می‌گذرد و بر صفحه‌ی حلقه عمود است. حلقه دور از آهن‌ربا است و a خیلی کوچک‌تر از x است. مقاومت الکتریکی حلقه R است و از خودالقایی آن چشم می‌پوشیم.

الف) شار مغناطیسی‌ای که از حلقه می‌گذرد را حساب کنید.

فرض کنید آهن‌ربا با سرعت v در راستای محور خود حرکت می‌کند و حلقه ساکن است. در این حالت،

ب) جریان الکتریکی حلقه را حساب کنید.

ج) نیروی وارد بر حلقه را حساب کنید.

د) برای این که آهن‌ربا با سرعت ثابت حرکت کند یک نیروی خارجی لازم است. توان این نیرو را حساب کنید.

ه) توان الکتریکی حاصل از جریان حلقه را حساب کنید.

۶) یک دوربین عکاسی شامل یک عدسی هم‌گرا با فاصله‌ی کانونی f است. عدسی چسبیده به روزنه‌ای دایره‌ای به قطر d (کوچک‌تر از قطر عدسی) است. یک فیلم عکاسی هم به موازات عدسی و در فاصله‌ی L از آن است.
یک نقطه‌ی نورانی در فاصله‌ی x از عدسی و روی محور آن است، چنان که عدسی بین فیلم و این نقطه‌ی نورانی است. قطر لکه‌ی نورانی روی فیلم عکاسی را به دست آورید.

۷) درون یک استوانه با مساحت مقطع A و ارتفاع h پر از گازی با دمای T و جرم مولکولی M است. ارتفاع این استوانه در راستای قائم است.

الف) لایه‌ای افقی از این گاز به ضخامت Δx را در نظر بگیرید. فشار گاز در پایین این لایه را P و در بالای آن را $P + \Delta P$ بنامید. فرض کنید چگالی گاز در این لایه ثابت و برابر ρ باشد. $\frac{\Delta P}{\Delta x}$ را به دست آورید.

ب) با استفاده از معادله‌ی گازهای کامل، رابطه‌ای بین P و ρ بیابید و به کمک آن $\frac{\Delta \rho}{\Delta x}$ را حساب کنید.

ج) $\frac{\Delta \rho}{\Delta x}$ تابع ρ است. به جای ρ به تقریب چگالی متوسط گاز درون استوانه ($\bar{\rho}$) را بگذارید و با استفاده از آن چگالی در بالای استوانه را بر حسب $\bar{\rho}$ حساب کنید

د) فرض کنید گاز داخل جعبه از دو گاز نیتروژن (N_2) و اکسیژن (O_2) با نسبت جرمی ۴ تشکیل شده باشد. جرم مولکولی نیتروژن و اکسیژن را M_{N_2} و M_{O_2} بنامید. فرض کنید این دو گاز هر کدام جداگانه از رابطه‌ی بخش (ج) تبعیت می‌کنند. نسبت چگالی دو گاز در بالای جعبه را به دست آورید.

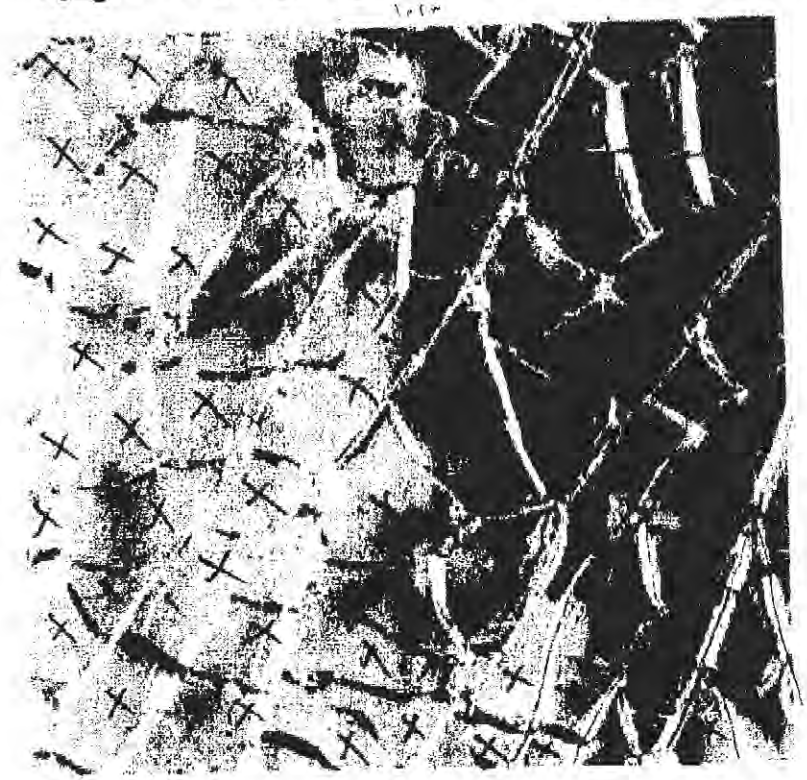
هـ) دردمای اتاق RT تقریباً ۲۵۰۰ J/Mol است، که در آن R ثابت گازها است. $M_{N_2} = ۲۸\,g/Mol$ و $M_{O_2} = ۳۲\,g/Mol$ است. ارتفاع استوانه ۵۰ m و $g = ۱۰\,N/kg$ است. نسبت چگالی دو گاز در بالای استوانه، با ۴ چه قدر تفاوت دارد. می‌توانید از فرمول $\frac{۱-\varepsilon_۱}{۱-\varepsilon_۲} \simeq ۱ - \varepsilon_۱ + \varepsilon_۲$ که برای $\varepsilon_۱$ و $\varepsilon_۲$ خیلی کوچک درست است استفاده کنید.

۸۰) هنگامی که یک جسم جامد می‌شکند، تعداد زیادی از پیوندهای میان ملکول‌های آن گسسته می‌شود. ولی در فرایند شکستن، تمام انرژی داده شده به جسم صرف گسستن پیوندها نمی‌شود. بقیه‌ی انرژی صرف گرما، صوت، و ... می‌شود. انرژی لازم برای گسستن هر پیوند ملکولی از مرتبه‌ی بزرگی 10^{-19} J است.

گاهی عددها را به شکل نماد علمی $A = x \times 10^n$ می‌نویسیم، که $1 \le x < 10$، و n یک عدد صحیح است. در این صورت، اگر $x < 3$ می‌گوییم A از مرتبه‌ی بزرگی 10^n است، و اگر $x > 3$، می‌گوییم A از مرتبه‌ی بزرگی 10^{n+1} است.

برای شیشه مدلی به این شکل در نظر می‌گیریم، که شیشه از واحدهای SiO_2 ساخته شده که هر کدام یک مکعب را اشغال می‌کند، و هر مکعب با هر یک از مکعب‌های مجاورش یک پیوند دارد. جرم یک مول SiO_2: 60 g است. چگالی شیشه را $2000\ kg/m^3$، و عدد آوگادرو را 6×10^{23} بگیرید.

یک قطعه شیشه به شکل مکعب مستطیل به ابعاد $2\ mm \times 100\ mm \times 100\ mm$ را از ارتفاع 30 cm روی سطح سختی رها می‌کنیم. شیشه به قطعات کوچکی مطابق شکل شکسته می‌شود.



همه‌ی پاسخ‌های خود را تا حد مرتبه‌ی بزرگی بنویسید.

الف) مجموع طول شکستگی‌ها در شکل را تخمین بزنید.

ب) طول ضلع مکعب‌های مدل را تخمین بزنید.

ج) تعداد پیوندهای گسسته شده را تخمین بزنید.

د) انرژی گسستن این پیوندها، در این آزمایش، را تخمین بزنید.

ه) انرژی جنبشی شیشه قبل از شکستن چه قدر است؟

و) چه کسری از انرژی صرف گسستن پیوندها شده است؟