جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه سوالات
مرحله دوم
چهاردهمین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۹

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
–	۸	۱۸۰

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 **۸ سوال تشریحی** و وقت آن **۱۸۰ 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- الف) مقابل آینه مقعری با فاصله کانونی f، یک چشمه دایره‌ای عمود بر محور اصلی آن قرار دارد. چشمه از جایی‌که آینه قرار دارد با زاویه (قطر ظاهری) خیلی کوچک α دیده می‌شود. اگر فاصله چشمه از آینه خیلی زیاد باشد، شعاع تصویر چقدر است؟

ب) برای آتش زدن یک تکه چوب لازم است حداقل توان تابشی بر واحد سطح $۶۰kW/m^۲$ بر آن بتابد. یک تکه چوب را در کانون یک آینه مقعر با مساحت A و فاصله کانونی $۵۰m$ قرار می‌دهیم. A چند مترمربع باشد تا تکه چوب با بشود با نور خورشید که به‌وسیله آینه روی آن تابانده می‌شود، آتش زد؟ در سطح زمین توان تابشی خورشید بر واحد سطح $۱kW/m^۲$ و قطر ظاهری خورشید از زمین $۰/۵^\circ$ است.

۲- یک نوع ارتفاع‌سنج براساس سنجش فشار هوا کار می‌کند. فشار هوا در ارتفاع‌های $h_۰$، $h_۱$ و $h_۲$ به‌ترتیب $P_۰$، $P_۱$ و $P_۲$ است. دمای مطلق هوا در این ارتفاع به‌ترتیب $T_۰$، $T_۱$ و $T_۲$ است. می‌خواهیم اختلاف ارتفاع‌های $h_۱-h_۰$ و $h_۲-h_۰$ را به‌دست آوریم.

الف) برای به‌دست آوردن چگالی هوا در فاصله نقطه i و نقطه $i+۱$، فشار هوا در این فاصله را $\frac{P_i+P_{i+۱}}{۲}$، و دمای مطلق هوا در این فاصله را $\frac{T_i+T_{i+۱}}{۲}$ بگیرید. چگالی هوا در این فاصله را به‌دست آورید.

راهنمایی: هوا مثل یک گاز کامل است و معادله حالت آن $PV=nRT$ است، که در آن V حجم گاز، n تعداد مول‌ها و R ثابت عمومی گاز است. جرم هر مول هوا M است.

ب) با استفاده از این چگالی، $h_{i+۱}-h_i$ را به‌دست آورید و از آن‌جا $h_۱-h_۰$ و $h_۲-h_۰$ را بنویسید.

ج) با فرض $P_۰=۱۰۳\times۱۰^۳Pa$، $P_۱=۹۷\times۱۰^۳Pa$، $t_۰=۲۰^\circ C$، $t_۱=۱۴^\circ C$، $M=۲۹\,g/mo$، $g=۱۰\,m/s^۲$ و $R=۸/۳\,J/mol.K$، مقدار عددی $h_۱-h_۰$ را به‌دست آورید.

۳- یک جسم به جرم m از ارتفاع h بالای سر آزاد یک فنر سبک عمودی روی فنر می‌افتد. سر دیگر فنر ثابت است و ثابت فنر آن K است. حرکت یک جرم m که به یک فنر قائم با ثابت K بسته شده باشد نوسانی ساده، و زمان یک نوسان کامل آن $T=۲\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$ است.

الف) سرعت جسم هنگام برخورد آن با فنر را به‌دست آورید.

ب) در این لحظه فاصله جسم تا نقطه تعادل جرم و فنر چقدر است؟

ج) مبدأ زمان را لحظه رها شدن جسم و محور y را رو به بالا بگیرید. مبدأ محور y را سر آزاد فنر (در حالت فشرده نشده) بگیرید. معادله حرکت جسم از لحظه برخورد آن با فنر تا لحظه جدا شدن آن‌را بنویسید.

د) زمان بازگشت جسم به ارتفاع اولیه را به‌دست آورید. فرض کنید لحظه جدا شدن زمانی است که طول فنر دوباره به مقدار فشرده نشده‌اش می‌رسد.

۴- مداری مانند شکل درنظر بگیرید. در این مدار $S_۱$ و $S_۲$ چشمه‌های جریان هستند که جریانی به مقدار و جهت معین شده از آن‌ها می‌گذرد.

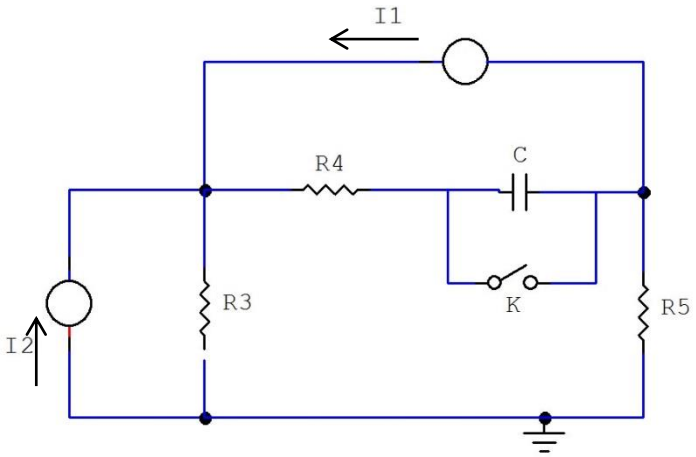
الف) کلید K را می‌بندیم. جریانی که از هرکدام از مقاومت‌ها می‌گذرد را حساب کنید.

ب) در این حالت پتانسیل $V_۱$ و $V_۲$ (نسبت به زمین) را به‌دست آورید.

ج) کلید K را باز می‌کنیم. بار نهایی خازن را به‌دست آورید.

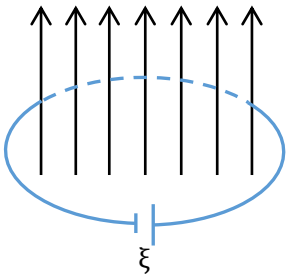
در محاسبات خود، مقادیر زیر را درنظر بگیرید.

$$C=۱۰\mu F\ ,\ I_۲=۲A\ ,\ I_۱=۴/۵A\ ,\ R_۵=۵\Omega\ ,\ R_۴=۴\Omega\ ,\ R_۳=۳\Omega$$



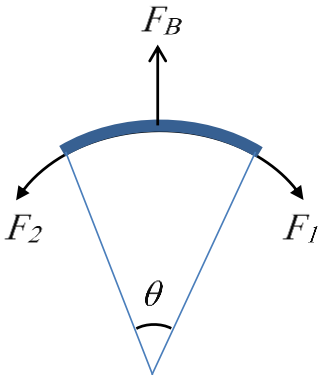
۵- یک حلقه فلزی به شعاع r، مقاومت R دارد. در این حلقه یک باتری با نیروی محرکه ε قرار دارد و مقاومت درونی آن صفر است. مطابق شکل (۱)، یک میدان مغناطیسی یکنواخت عمود بر حلقه و در جهت نشان داده شده اعمال می‌کنیم. اندازه میدان مغناطیسی $B = at$ است که در آن a یک عدد ثابت مثبت و t زمان است.

الف) نیروی ناشی از میدان مغناطیسی وارد بر یک کمان بسیار کوچک از حلقه با زاویه مرکزی θ را حساب کنید. در چه شرایطی این نیرو، F_B، به طرف مرکز حلقه است (برای $t > 0$)؟



شکل (۱)

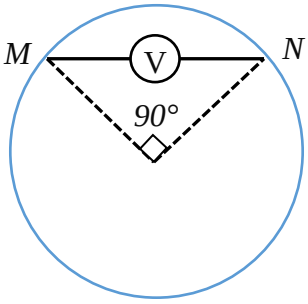
فرض می‌کنیم که آهنگ تغییرات میدان مغناطیسی آن‌قدر کم است که سیستم همواره درحال تعادل مکانیکی است. برای این‌که تعادل مکانیکی وجود داشته باشد، باید نیروهای دیگری علاوه بر نیرویی که در قسمت (الف) حساب کرده‌اید به کمان وارد شوند. این نیروها (F_1 و F_2) از طرف بقیه حلقه بر کمان وارد می‌شوند و آن‌ها را نیروی تنشی می‌نامند (شکل (۲)).



شکل (۲)

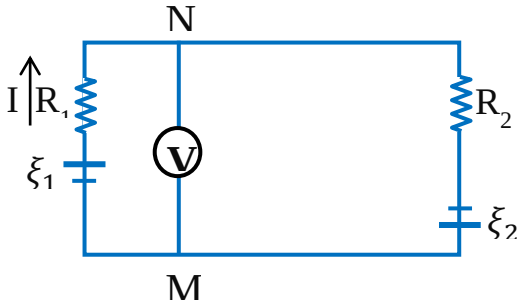
ب) اندازه نیروهای تنشی را به‌دست آورید.

۶- شعاع یک حلقه r و مقاومت آن R است. یک میدان مغناطیسی یکنواخت و متغیر با زمان $B = at$ عمود بر صفحه این حلقه اعمال می‌کنیم، که در آن a عددی ثابت و t زمان است. یک ولت‌متر را به کمک دو سیم راست به دو نقطه M و N وصل می‌کنیم (شکل (۱)). زاویه مرکزی کمان MN، 90° است.



شکل (۱)

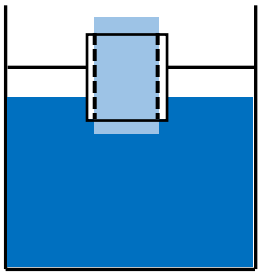
الف) این مدار را با مدار شکل (۲) مدل‌سازی می‌کنیم. مقدار نیروهای محرکه ε_1 و ε_2 و مقاومت‌های R_1 و R_2 را مشخص کنید.



شکل (۲)

ب) ولت‌متر چه عددی را نشان می‌دهد؟

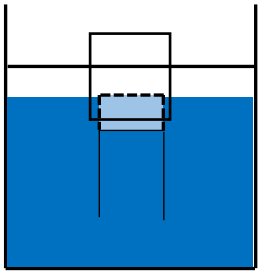
۷- لوله آزمایی به وزن W و سطح مقطع A و طول h در اختیار داریم. این لوله آزمایش را به‌صورت وارونه درون یک غلاف می‌گذاریم و آن‌را رها می‌کنیم. لوله با غلاف اصطکاک ندارد. لوله به درون آب می‌رود تا به حال تعادل درآید (شکل ۱)، به‌طوری‌که لوله قائم می‌ماند.



شکل (۱)

الف) با فرض این‌که فشار هوای بالای آب P_0 است، فشار هوای درون لوله، P_1 را به‌دست آورید.

ب) در ظرف را می‌بندیم و فشار هوای درون ظرف را بالا می‌بریم تا ته لوله آزمایش با سطح آب هم‌تراز شود (شکل ۲). فشار هوای درون ظرف، P_2، چقدر است؟ چگالی آب را ρ بگیرید.



شکل (۲)

۸- از یک ورقه فلزی تخت، یک قرص دایره‌ای بیرون آورده‌ایم. با یک مفتول نازک به سطح مقطع a یک حلقه دایره شکل درست کرده‌ایم. ضریب انبساط سطحی ورقه 2λ و ضریب انبساط طولی مفتول α است. در دمای صفر درجه سلسیوس شعاع دایره‌ای که از ورقه بیرون آورده‌ایم، R_0، و شعاع حلقه $r_0 = \beta R_0$ است ($\beta < 1$). حلقه را جای خالی قرص می‌گذاریم به‌طوری‌که آن دو هم‌مرکز باشند و صفحه آن‌ها برهم منطبق باشد.

الف) چه رابطه‌ای میان شعاع‌های حلقه و قرص و ضرایب انبساط آن‌ها برقرار باشد، تا با افزایش دما، حلقه در جای خالی قرص گیر کند؟

ب) حداقل افزایش دما، $\Delta\theta_1$، برای این منظور چقدر است؟

میله‌ای به طول l و سطح مقطع A درنظر بگیرید. اگر مطابق شکل به دو سر این میله دو نیروی هم‌اندازه F در راستای میله وارد شود و طول میله به اندازه Δl کوتاه شود، مدول یانگ برای این میله، Y، با رابطه $Y = \frac{F}{A}\frac{l}{\Delta l}$ تعریف می‌شود.

ج) درحالی‌که حلقه در جای خالی قرص قرار دارد، دمای حلقه و ورقه فلزی را از صفر درجه سلسیوس $2\Delta\theta_1$ افزایش می‌دهیم. کمان کوچکی از حلقه به طول ΔS را درنظر بگیرید و نیروی شعاعی وارد بر آن، ΔF_r، را به‌دست آورید. از تغییر شعاع جای خالی قرص به جز بر اثر افزایش دما چشم‌پوشی کنید.