جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه سوالات
مرحله دوم
پانزدهمین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۸۰

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

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب ممنوع است.

تذکرات آزمون:

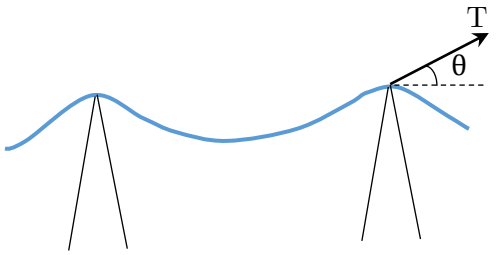
ضمن آرزوی موفقیت برای شما دانش‌پژوه گرامی، خواهشمند است قبل از پاسخ به سؤالات آزمون به موارد زیر توجه کنید:

- 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- در شکل (۱) قسمتی از یک خط انتقال نیرو نشان داده شده است. طول کابلی که میان دو دکل بسته شده، $l = ۳۰۰m$ است. کابل در محل اتصال به دکل، با راستای افق زاویه $\theta = ۳۰^\circ$ می‌سازد. در شکل (۲)، مقطع کابل نشان داده شده است. کابل از یک رشته فولادی به سطح مقطع $S_s = ۸cm^۲$ و یک غلاف آلومینیومی تشکیل شده است که به آن چسبیده است. مساحت مقطع قسمت آلومینیومی $S_A = ۱۲cm^۲$ است. چگالی فولاد $d_s = ۷۸۰۰\,kg/m^۳$ و چگالی آلومینیوم $d_A = ۱۷۰۰\,kg/m^۳$ و $g = ۱۰\,m/s^۲$ است.



شکل (۱)

شکل (۲)

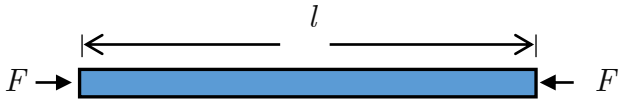
الف) نیروی کشش کابل، T را در محل اتصال به دکل به‌دست آورید.

اگر مطابق شکل (۳)، میله‌ای به طول l و سطح مقطع S، تحت نیروی کشش F قرار گیرد، طول میله به اندازه Δl افزایش می‌یابد. بنا به تعریف، مدول یانگ، Y برای این میله با رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$Y = \frac{F}{S}\frac{l}{\Delta l}$$

مدول یانگ را برای فولاد $Y_s = ۲۵۰ \times ۱۰^۹\,N/m^۲$ و برای آلومینیوم $Y_A = ۷۰ \times ۱۰^۹\,N/m^۲$ بگیرید. پیش از بستن کابل به دکل‌ها، مغز فولادی و غلاف آلومینیومی، کشیده شده نبوده و تحت فشار نبوده‌اند.

ب) نیروی کشش در مغز فولادی کابل، T_s و نیز نیروی کشش در غلاف آلومینیوم، T_A، را به‌دست آورید. فرض کنید شدت جریانی که از کابل می‌گذرد، $I = ۴۰۰\,A$ است. مقاومت ویژه فولاد را $\rho_s = ۹/۵ \times ۱۰^{-۸}\,\Omega m$ و مقاومت ویژه آلومینیوم را $\rho_A = ۲/۷ \times ۱۰^{-۸}\Omega m$ بگیرید.

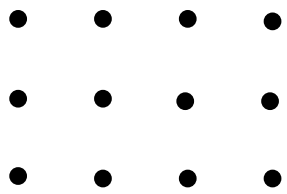


شکل (۳)

ج) جریانی که از مغز فولادی می‌گذرد، I_s، و جریانی که از غلاف آلومینیومی می‌گذرد، I_A، چقدر است؟ (۱۰ نمره)

۲- نواری به پهنای W و طول L از یک ماده کشسان را درنظر بگیرید. وقتی این نوار را در راستای طولی می‌کشیم، طول آن زیاد و پهنای آن کم می‌شود. افزایش طول را Δx، کاهش عرض را Δy، و نیروی کشش را F می‌نامیم. برای تغییر طول‌های کم، Δx و

Δy با F متناسب‌اند. $Y_s = \frac{F}{W}\frac{L}{\Delta x}$ را مدول یانگ سطحی و $P_s = \frac{\Delta y}{\Delta x}\frac{L}{W}$ را نسبت پواسن می‌نامیم.



مطابق شکل برای نوار این مدل را درنظر می‌گیریم. در حالت تعادل، یک شبکه مربعی منظم داریم که روی هر رأس آن یک اتم قرار دارد. روی هر ضلع هر مربع فنری با ثابت فنر k است، که اتم‌های دو رأس آن ضلع را به‌هم وصل می‌کند. روی هر قطر هر مربع هم یک نفر با ثابت فنر k' است، که اتم‌های دوسر آن قطر را به هم وصل می‌کند. طول ضلع هر مربع در حالت تعادل l است.

فرض کنید نوار را در راستای طول با نیروی F بکشیم (نیروی F به‌طور یکنواخت در عرض نوار توزیع شده است.) در اثر این‌کار، مربع‌ها به مستطیل‌ها تبدیل می‌شوند. طول هر مستطیل را $l+a$ و عرض هر مستطیل را $l-b$ بگیرید.

الف) طول قطر مستطیل در این حالت چقدر است؟

(راهنمایی: اگر ε خیلی کوچک‌تر از ۱ باشد، آن‌گاه $\sqrt{1+\varepsilon} \approx 1+\frac{\varepsilon}{2}$ است. فرض کنید a و b خیلی کوچک‌تر از l باشد. در به‌دست آوردن طول جدید از جمله‌های درجه ۲ نسبت به a و b چشم بپوشید.)

یکی از اتم‌های لبه طولی (لبه‌ای که نیرو به آن وارد نمی‌شود) را درنظر بگیرید. از تغییر زاویه قطر هر مستطیل با طول و عرض آن چشم بپوشید.

ب) نسبت $\frac{b}{a}$ را چنان پیدا کنید که اتم در حالت تعادل باشد. از این‌جا P_s را به‌دست آورید.

ج) یکی از اتم‌های لبه عرضی را درنظر بگیرید و با استفاده از شرط تعادل آن، نسبت $\frac{F}{a}$ را حساب کنید. از این‌جا Y_s را به‌دست آورید.

۳- ماخ یک ماشین گرمایی از یک مول گاز کامل تشکیل شده که هر چرخه آن شامل سه مرحله متوالی زیر است.

مرحله اول: گاز از حجم V_0 و دمای T_0 به‌طور هم‌حجم گرم می‌شود و به دمای T می‌رسد.

مرحله دوم: گاز از نقطه جدید به‌طور هم‌دما منبسط می‌شود.

مرحله سوم: گاز از نقطه جدید به‌طور هم‌فشار متراکم می‌شود و به نقطه اولیه برمی‌گردد.

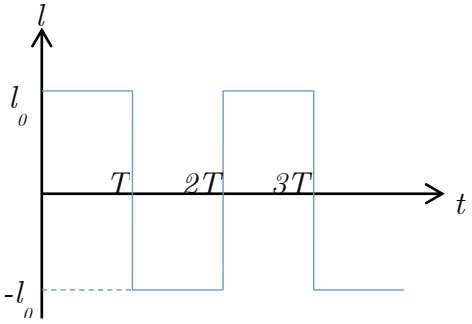
گرمای ویژه مولی گاز در حجم ثابت C_{MV} و گرمای ویژه مولی آن در فشار ثابت C_{MP} است. فرض کنید $\frac{\Delta T}{T_0}$ خیلی کوچک‌تر از ۱ است که در آن $\Delta T = T - T_0$ است. درنتیجه بخش هم‌دمای چرخه در صفحه $P-V$ را می‌توانید تقریباً یک پاره‌خط بگیرید.

الف) کار و گرمای مبادله شده در هر مرحله چرخه را به‌دست آورید. در هر مرحله، معلوم کنید کار یا گرما به دستگاه داده می‌شود یا از آن گرفته می‌شود.

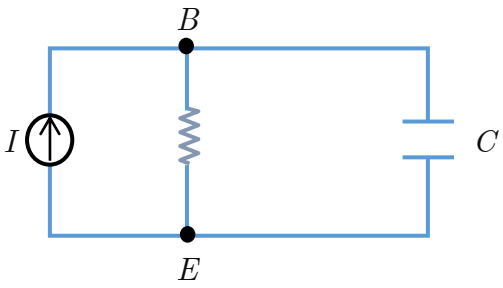
ب) بازده این ماشین گرمایی را حساب کنید.

ثابت عمومی گازها را R بگیرید و تمام پاسخ‌ها را تنها برحسب T_0، ΔT، R، C_{MV} و C_{MP} بنویسید.

۴- ماخ در شکل (۱)، نماد یک چشمه جریان است که جریانی در جهت مشخص شده در مدار می‌فرستد. نمودار جریان برحسب زمان، به‌صورت شکل (۲) است. اختلاف پتانسیل دو سر خازن C در لحظه $t=0$ برابر $-\frac{I_c T}{2C}$ است.



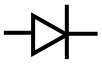
شکل (۲)

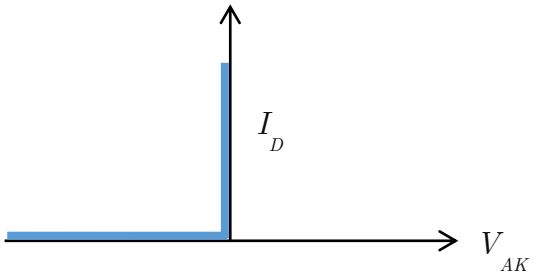


شکل (۱)

الف) با چشم‌پوشی از جریان گذرنده از مقاومت R، نمودار اختلاف پتانسیل دو سر خازن برحسب زمان را بکشید.

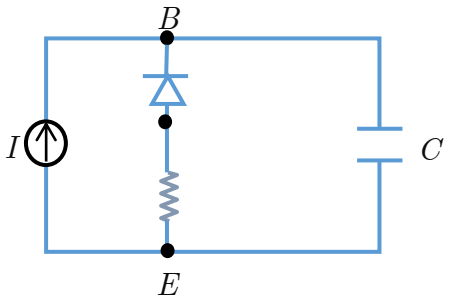
ب) چه شرطی لازم است تا چشم پوشیدن از جریان مقاومت R در بخش قبل قابل قبول باشد؟

دیود آرمانی عنصری است که با نماد  نشان داده می‌شود. در این نماد، A آند و K کاتد نام دارد. تغییرات جریانی که از دیود می‌گذرد برحسب اختلاف پتانسیل دو سر آن، یعنی V_{AK}، مطابق شکل (۳) است. به این معنی که یا اختلاف پتانسیل دوسر آن صفر است و یک جریان نامنفی (از آند به کاتد) از آن می‌گذرد، یا جریان گذرنده از آن صفر است . اختلاف پتانسیل دوسر آن (پتانسیل آند منهای پتانسیل کاتد) نامثبت است.



شکل (۳)

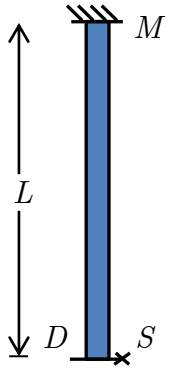
ج) فرض کنید در مدار شکل (۴) نیز، بشود از جریان گذرنده از مقاومت R در برابر جریان گذرنده از خازن C چشم پوشید. جریان چشمه جریان و اختلاف پتانسیل اولیه دوسر خازن مثل قبل‌اند. نمودار اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت R (V_{AE}) برحسب زمان را بکشید.



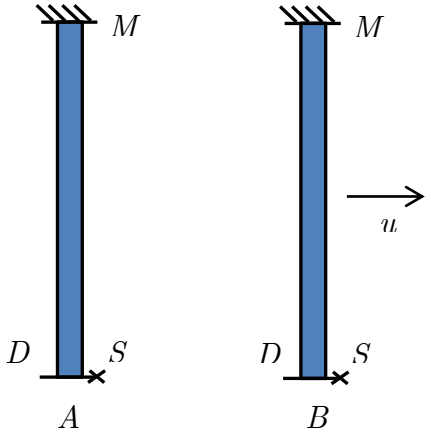
شکل (۴)

۵- شکل (۱)، یک نوع ساعت است که طرز کار آن در زیر توضیح داده شده است. چشمه S یک علامت نوری در راستای میله می‌فرستد. این علامت از آینه M که عمود بر میله است، بازتاب می‌کند و توسط آشکارساز D دریافت می‌شود. با دریافت علامت نوری بازتابیده توسط آشکارساز D، چشمه S علامت بعدی را می‌فرستد. هربار که آشکارساز D علامت نوری را دریافت می‌کند، یک شمارنده به کار می‌افتد و یک واحد جلو می‌رود. بنابراین گذشت زمان را می‌توان از روی عدد شمارنده به‌دست آورد. فاصله چشمه S و نیز آشکارساز D از یک‌دیگر در مقایسه با L بسیار کوچک است، به‌طوری‌که علامت نوری در امتداد میله حرکت می‌کند.

دو ساعت مشابه از این نوع در اختیار داریم که آن‌ها را A و B می‌نامیم. مطابق شکل (۲) ساعت B نسبت به ساعت A با سرعت ثابت u در راستای عمود بر میله حرکت می‌کند.



شکل (۱)



شکل (۲)

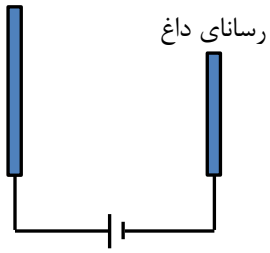
الف) ناظری که همراه ساعت A است، مسیر رفت و برگشت نور در ساعت B را چگونه می‌بیند؟ مسیر نور را برای یک بار حرکت علامت نوری میان چشمه تا آینه و سپس آشکارساز رسم کنید.

براساس نظریه نسبیت انیشتین،

* نور در هر دستگاه مختصاتی، در خلأ با سرعت ثابت $c = ۳ \times ۱۰^{۸}\ m/s$ حرکت می‌کند.
* طول میله ساعت B برای ناظر همراه ساعت A تغییر نمی‌کند.

ب) هنگامی‌که دو ساعت کنار یک‌دیگر قرار دارند، هر دو عدد صفر را نشان می‌دهند. فرض کنید هنگامی‌که ساعت B، زمان t_B را نشان می‌دهد، ساعت B یک علامت نوری به طرف ساعت A می‌فرستد. هنگامی‌که ساعت A علامت نوری را دریافت می‌کند، این ساعت زمان t_A را نشان می‌دهد. t_A را حساب کنید.

۶- ماخ در اجسام رسانا الکترون آزاد وجود دارد. هنگامی‌که دمای یک جسم رسانا بالا می‌رود، تعدادی از الکترون‌های آزاد که انرژی کافی دارند از سطح آن می‌گریزند. این پدیده مانند بخار شدن آب است که در آن مولکول‌های آب از سطح مایع می‌گریزند.



شکل (۱)

در شکل (۱)، یک صفحه رسانا که دمای آن را بالا می‌بریم، نشان داده شده است. مقابل این صفحه، رسانای دیگری قرار دارد و این دو رسانا با

یک باتری به هم متصل شده‌اند. تمام مجموعه نیز در یک محفظه خلأ قرار دارد. الکترون‌هایی که از رسانای داغ خارج می‌شوند، انرژی جنبشی و درنتیجه سرعت‌های متفاوتی دارند. تعداد الکترون‌هایی که در هر ثانیه از رسانای داغ خارج می‌شوند و سرعت آن‌ها میان مقدار معین V و $V+\Delta V$ است، با این فرض که ΔV بسیار کوچک باشد، با $N(V)\Delta V$ برابر است. در شکل (۲)، $N(V)$ برحسب V نشان داده شده است. فرض کنید همه الکترون‌ها در راستای عمود بر صفحه داغ از آن خارج می‌شوند.

الف) تعداد الکترون‌هایی که در هر ثانیه از رسانای داغ خارج می‌شوند، چقدر است؟

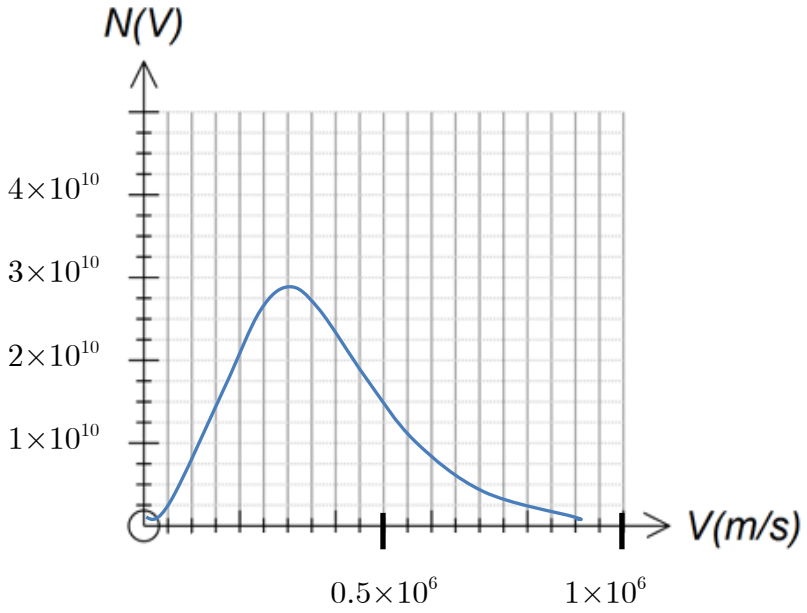
ب) جریانی را که از مدار می‌گذرد، به‌دست آورید.

جای قطب‌های باتری را عوض می‌کنیم، به‌طوری‌که رسانای داغ به قطب مثبت و رسانای مقابل آن به قطب منفی وصل شود.

ج) حداقل اختلاف پتانسیل باتری در این حالت چقدر باشد تا جریان مدار قطع شود؟

د) اگر اختلاف پتانسیل باتری در این حالت V ۴۵ / ۰ باشد، چه جریانی از مدار می‌گذرد؟

جرم الکترون $m=۹/۱\times۱۰^{-۳۱}\,kg$ و بار آن $e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C$ است.



۷- نمودار توان - سرعت کامیونی مطابق شکل است.

جرم کامیون را $m=۱۰^{۴}\,kg$ بگیرید.

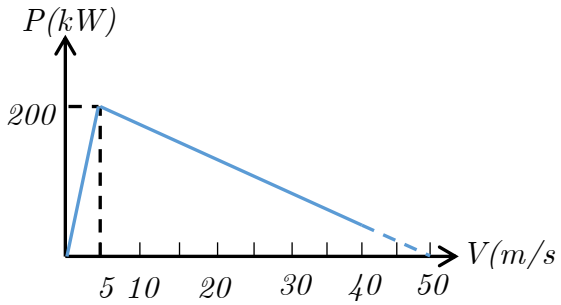
الف) کامیون از جاده‌ای با زاویه θ نسبت به افق بالا می‌رود. حداکثر سینوس زاویه θ چقدر است؟

ب) بیشترین سرعت کامیون در این جاده چقدر است؟

در یک جاده $\sin\theta=۰/۲۵$ است.

ج) بیشترین سرعتی که این کامیون خالی می‌تواند در این جاده داشته باشد، چقدر است؟

د) بیشترین باری که این کامیون می‌تواند در این جاده جابه‌جا کند، چقدر است؟



«سوال عملی»

توجه:

کش‌هایی که در اختیار دارید، با کشیده شدن، کاملاً به حالت اول بر نمی‌گردد. چون لازم است که آزمایش خود را با کش‌های کشیده شده شروع کنید، در جدا کردن کش‌ها از یکدیگر و نیز هنگام آزمایش به این نکته توجه کنید.

وسایلی که در اختیار دارید:

ـ پنج رشته کش به هم چسبیده

ـ سه وزنه‌ی یکسان هر کدام به جرم $۱۵g$

ـ دو عدد گیره‌ی کاغذ که جرم آن قابل چشم‌پوشی است.

ـ یک خط‌کش

روش انجام آزمایش:

الف) ابتدا رشته‌های کش را به طوی که کشیده نشوند، از هم جدا کنید. یک وزنه را به یک سر یک رشته کش به طول $۱۵cm$ آویزان کنید و پس از حدود یک دقیقه تغییر طول کش را اندازه‌گیری کنید. پس از آن یک وزنه‌ی دیگر را به کمک گیره به وزنه‌ی اول آویزان کنید و باز هم پس از حدود یک دقیقه تغییر طول کش را اندازه‌گیری کنید. سومین وزنه را نیز به وزنه‌ی دوم بیاوزید و این بار نیز پس از حدود یک دقیقه تغییر طول را اندازه بگیرید. آویختن وزنه‌ها را به آرامی انجام دهید تا در طول آزمایش کش به نوسان در نیاید.

ب) پس از آن به ترتیب وزنه‌های سوم، دوم، اول را بردارید و هر بار پس از حدود یک دقیقه طول کش را اندازه‌گیری کنید.

ج) نتایج تمامی مراحل را در جدولی که در پاسخ‌نامه آمده است، ثبت کنید. نمودار نیرو برحسب تغییر طول را با انتهاب مقیاس مناسب روی محورها بکشید. برای این کار از مبدأ شروع کنید و نقاط را به ترتیب انجام آزمایش به هم وصل کنید.