

به نام خداوند بخشنده مهربان

جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
مرکز ملی پرورش استعداد‌های درخشان و دانش‌پژوهان جوان

مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف واقعیت‌هاست. «امام خمینی (ره)»



معاونت دانش‌پژوهان جوان

باشگاه المپیاد طلایی‌ها

مرحله دوم المپیاد فیزیک

تاریخ: ۹۱/۲/۱۴ - مدت: ۲۱۰ دقیقه

تایید کمیته علمی

شماره صندلی

۱

استان: --

منطقه: --

حوزه: --

رشته تحصیلی: --

نام پدر: --

کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰

نام مدرسه: --

پایه تحصیلی: نامشخص



توضیحات مهم

- این پاسخنامه به صورت نیمه کامپیوتری تصحیح می‌شود. بنابراین از مجاله و کثیف کردن آن خودداری نمایید.
- مشخصات خود را با اطلاعات بالای هر صفحه تطبیق دهید. در صورتی که حتی یکی از صفحات پاسخنامه با مشخصات شما همخوانی ندارد، مراقبین را مطلع نمایید.
- پاسخ هر سوال را در محل تعیین شده خود بنویسید. چنانچه همه یا قسمتی از جواب سوال را در محل پاسخ سوال دیگری بنویسید، به شما نمره ای تعلق نمی‌گیرد.
- با توجه به آنکه برگه‌های پاسخنامه به نام صادر شده است، امکان ارائه هیچگونه برگه اضافه وجود نخواهد داشت. لذا توصیه می‌شود اول سوالات را در برگه چکر نویس ضمیمه، حل کرده و آنگاه نتایج را در پاسخ نامه وارد کنید.
- عملیات تصحیح توسط مصححین پس از قطع سربرگ به صورت ناشناس انجام خواهد شد. لذا از درج هر گونه نوشته یا علامت مشخصه که نشان دهنده صاحب برگه باشد، خودداری نمایید. در غیر این صورت تقلب محسوب شده و در هر مرحله‌ای که باشید از ادامه حضور در المپیاد محروم خواهید شد.
- برای نوشتن در پاسخنامه حتماً از مداد پر رنگ مشکی، استفاده نمایید. (به هیچ وجه از مداد اتود و خودکار قرمز استفاده نکنید)
- از مخدوش کردن دایره‌ها در چهارگوشه‌ی صفحه و بارکدها خودداری کنید، در غیر این صورت برگه شما تصحیح نخواهد شد.
- همراه داشتن ماشین حساب و تلفن همراه مجاز نیست. در صورت داشتن این موارد، در اسرع وقت مسوول جلسه را مطلع کنید تا آن را تحویل بگیرد. در غیر این صورت حتی اگر خاموش بوده یا از آنها استفاده نکنید، تقلب محسوب خواهد شد.

در این قسمت چیزی بنویسید



مرحله دوم المپیاد فیزیک



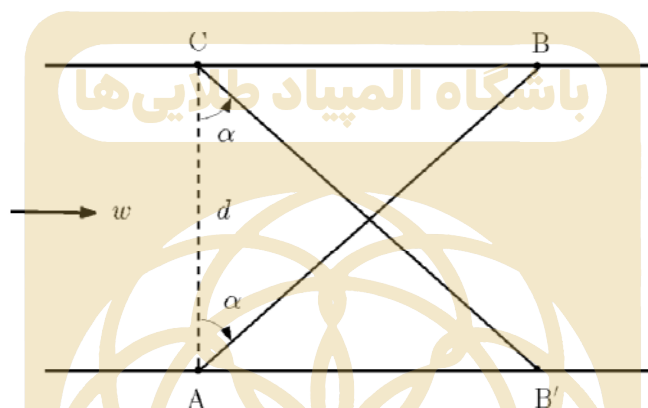
تایید کمیته علمی

کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰

معاونت دانش پژوهان جوان

۱- (۱۵ نمره)

تندی جریان آب در رودخانه‌ای به عرض d برابر مقدار ثابت w است. شخصی می‌خواهد با ترکیبی از دو مسیر مستقیم، که یکی مسیری است که با قایق روی آب طی می‌کند و دیگری مسیری است که با دویدن در ساحل رودخانه طی می‌کند، از نقطه‌ی A به نقطه‌ی C برود و دوباره به نقطه‌ی A برگردد. این شخص قادر است روی آب ساکن قایق را با تندی ثابت v براند ($v > w$) و در ساحل با تندی ثابت u بدود.



اگر این شخص مسیر $A \rightarrow B \rightarrow C$ را برای رفت و مسیر $C \rightarrow B \rightarrow A$ را برای بازگشت انتخاب کند:

(آ) مدت زمان لازم برای رفتن از A به B بر حسب d ، w و α چقدر است؟

(ب) مدت زمان لازم برای برگشت از B به A بر حسب d ، w و α چقدر است؟

(پ) مدت زمان لازم برای حرکت از نقطه‌ی A و برگشت به آن چقدر است؟

(ت) به ازای چه مقداری از α مدت زمان رفت و برگشت کمینه می‌شود؟

اگر این شخص مسیر $A \rightarrow B \rightarrow C$ را برای رفت و مسیر $C \rightarrow B' \rightarrow A$ را برای بازگشت انتخاب کند

(ث) مدت زمان لازم برای حرکت از نقطه‌ی A و برگشت به آن چقدر است؟

(ج) به ازای چه مقداری از α مدت زمان رفت و برگشت کمینه می‌شود؟ برای وجود این کمینه چه رابطه‌ای بین تندی‌ها باید وجود داشته باشد؟

(چ) زمان کمینه چقدر است؟





۲ - (۱۵ نمره)

باشگاه المپیاد طلایی‌ها

The diagram shows a semi-circular arch of radius R with center O . The arch is divided into two segments: a black segment on the left with density ρ_1 and a grey segment on the right with density ρ_2 . The central angle of the black segment is θ_1 and the central angle of the grey segment is θ_2 . The total central angle is θ_0 . A vertical line passes through O . A horizontal line of length a is shown at the top right, representing a support or a point of interest.

زاویه‌ی θ_0 را بر حسب پارامترهای داده شده بدست آورید.
چقدر است؟

تعال θ_0 به مقدار بسیار جزئی منحرف و رها می‌کنیم.
 $\Delta\theta$ است ($\Delta\theta \ll 1 \text{ rad}$) نیروی بازگرداننده در امتداد مماس

(آ) در حالت تعادل (وقتی مایع ساکن است) زاویه‌ی θ را بر حسب پارامترهای داده شده بدست آورید.

(ب) فشار در محل تماس دو مایع با یکدیگر چقدر است؟

از یک طرف لوله مایع را از حالت تعادل θ_0 به مقدار بسیار جزئی منحرف و رها می‌کنیم.

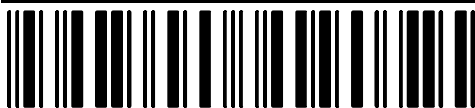
(پ) در وضعیتی که انحراف از حالت تعادل $\Delta\theta$ است ($\Delta\theta \ll 1 \text{ rad}$) نیروی بازگرداننده در امتداد مماس بر لوله را تا مرتبه‌ی اول $\Delta\theta$ محاسبه کنید.

(ت) زمان تناوب نوسان مایع داخل لوله را بدست آورید.

در این قسمت چیزی بنویسید

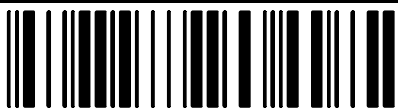


مرحله دوم المپیاد فیزیک



تایید کمیته علمی

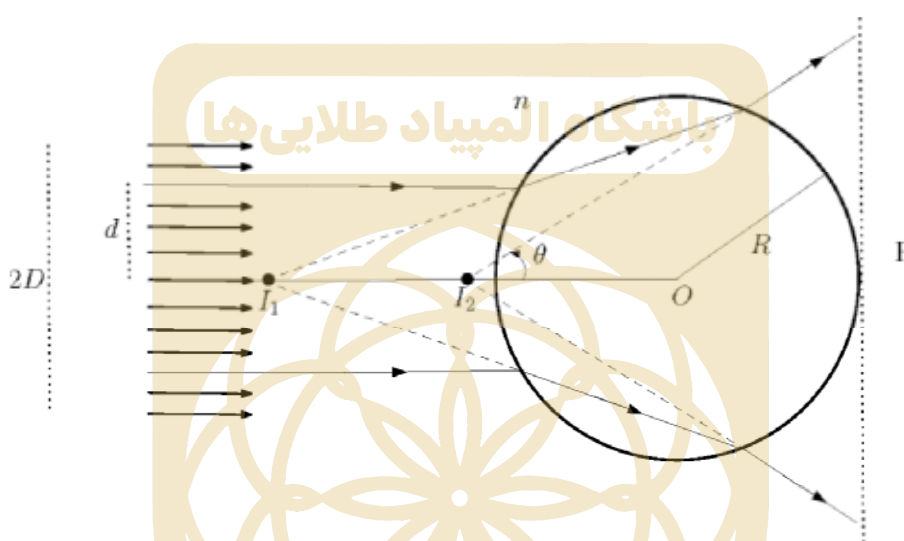
کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰



معاونت دانش پژوهان جوان

۳- (۱۵ نمره)

یک حباب هوای کروی شکل به شعاع R و ضریب شکست ۱ در یک محیط شفاف به ضریب شکست n در نظر بگیرید. یک دسته پرتو نور موازی به شدت I که مقطع آن دایره‌ای به قطر $2D$ است ($D < R/n$) مطابق شکل به حباب می‌تابد.



(آ) یک پرتو نور از این دسته را در نظر بگیرید که به فاصله‌ی d از محور تقارن دسته پرتو به حباب می‌تابد و پس از عبور از حباب وارد محیط با ضریب شکست n می‌شود. اگر زاویه‌ی انحراف نسبت به پرتو تابیده θ باشد، $\sin \theta$ بر حسب d ، R و n چقدر است؟

(ب) اگر I_1 و I_2 تصویرهایی باشند که پرتو مذکور در قسمت (آ) هنگام عبور از سطح سمت چپی و سطح سمت راستی حباب تشکیل می‌دهند، فاصله‌ی OI_1 و OI_2 را بر حسب d ، R و n بدست آورید.

(پ) با توجه به این که هر کدام از پرتوهای تابیده و عبور کننده از حباب تصاویری همانند I_1 و I_2 روی محور تقارن (محور افقی گذرنده از O) تشکیل می‌دهند، طول بازه‌ای را محاسبه کنید که تصاویر I_1 و I_2 تمام پرتوهای موجود در دسته ورودی، روی محور تقارن تشکیل می‌دهند.

(ت) با صرفنظر از بازتاب پرتوهای فرودی روی سطوح حباب شدت متوسط نور خروجی از حباب را روی سطح فرضی P (که عمود بر دسته پرتو فرودی است) حساب کنید.



○

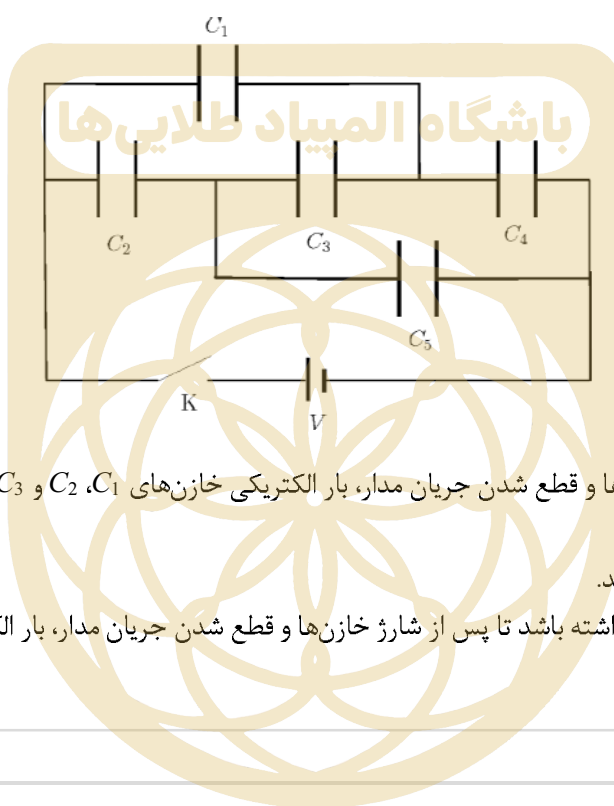


O



کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰

پنج خازن به ظرفیت‌های C_1, C_2, C_3, C_4 و C_5 که قبل از بسته شدن کلید K بدون بار الکتریکی هستند در مدارى مطابق شکل به همراه یک باترى قرار گرفته‌اند که اختلاف پتانسیل V را به دو سر مجموعه اعمال میکند. خازن‌ها را ایده‌آل در نظر بگیرید.



(آ) پس از بسته شدن کلید K و شارژ خازن‌ها و قطع شدن جریان مدار، بار الکتریکی خازن‌های C_1 ، C_2 و C_3 را بر حسب V و ظرفیت خازن‌ها بدست آورید.

(ب) ظرفیت خازن معادل مدار را حساب کنید.

(پ) چه شرطی بین ظرفیت خازن‌ها وجود داشته باشد تا پس از شارژ خازن‌ها و قطع شدن جریان مدار، بار الکتریکی روی خازن C_3 صفر شود.



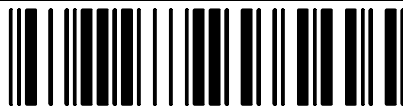


مرحله دوم المپیاد فیزیک

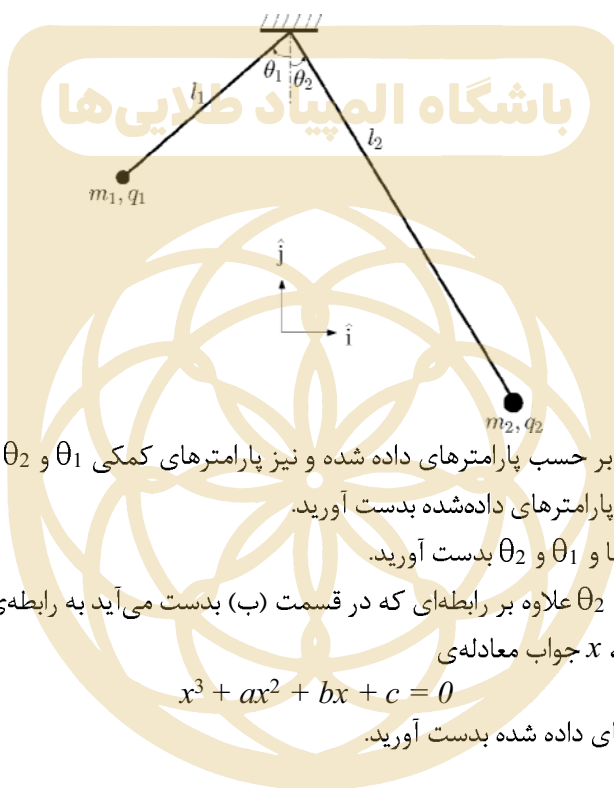


تایید کمیته علمی

کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰



دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 که به ترتیب دارای جرم‌های m_1 و m_2 هستند به دو انتهای نخ‌هایی به طول l_1 و l_2 وصل شده‌اند. سر دیگر نخ‌ها به یک نقطه‌ی ثابت مطابق شکل زیر بسته شده‌اند به طوری که دو بار در اثر نیروهای وارد بر آنها در یک صفحه در حال تعادل می‌باشند. از جرم نخ‌ها صرف‌نظر کنید.



(آ) شرط تعادل نیروها را در دو راستای $\hat{A}$ و $\hat{B}$ بر حسب پارامترهای داده شده و نیز پارامترهای کمکی θ_1 و θ_2 بنویسید.

(ب) نسبت $\sin(\theta_1) / \sin(\theta_2)$ را بر حسب پارامترهای داده شده بدست آورید.

(پ) نیروی کشش نخها را بر حسب وزن بارها و θ_1 و θ_2 بدست آورید.

(ت) برای محاسبه‌ی پارامترهای کمکی θ_1 و θ_2 علاوه بر رابطه‌ای که در قسمت (ب) بدست می‌آید به رابطه‌ی دیگری بین θ_1 و θ_2 نیاز است. اگر x را

به صورت $x = \cos(\theta_1 + \theta_2)$ تعریف کنیم، x جواب معادله‌ی

$$x^3 + ax^2 + bx + c = 0$$

است. ضرایب a ، b و c را بر حسب پارامترهای داده شده بدست آورید.





۶ - (۱۵ نمره)

حلقه‌ای رسانا به جرم am شعاع a و مقاومت الکتریکی R روی سطح افقی میزی قرار دارد. آهنربایی را در فاصله‌ی z ($z \gg a$) بالای حلقه و روی محور آن در نظر بگیرید. با توجه به بزرگ بودن فاصله‌ی آهنربا از حلقه نسبت به ابعاد حلقه، می‌توانیم میدان مغناطیسی درون حلقه را عمود بر سطح آن در نظر بگیریم. با توجه به اینکه میدان مغناطیسی آهنربا در یک نقطه تابعی از فاصله‌ی آهنربا از آن نقطه است، مقدار آن را $f(z)$ و جهت آن را رو به بالا در نظر بگیرید.



(آ) اگر آهنربا را با سرعت v به سمت بالا حرکت دهیم، مقدار و جهت جریان القایی در حلقه را بدست آورید. (جهت مثبت جریان، جهتی است که در آن میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط آن رو به بالاست). از میدان مغناطیسی حلقه نسبت به میدان مغناطیسی آهنربا صرف نظر کنید.

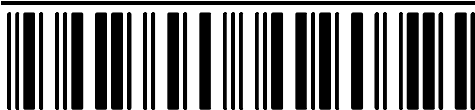
(ب) با محاسبه‌ی توان اتلافی در این سیستم، اندازه و جهت نیروی وارد بر حلقه ناشی از حرکت آهنربا را بدست آورید.

(پ) با توجه به اینکه شتاب جاذبه روی سطح زمین (و روی میز) g است، حداقل اندازه سرعتی که باید آهنربا در فاصله‌ی z داشته باشد تا حلقه از روی میز بلند شود چقدر است؟ جهت سرعت باید به کدام سمت (پایین یعنی $v < 0$ یا بالا یعنی $v > 0$) باشد؟

در این قسمت چیزی بنویسید

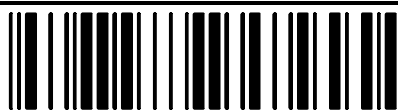


مرحله دوم المپیاد فیزیک



تایید کمیته علمی

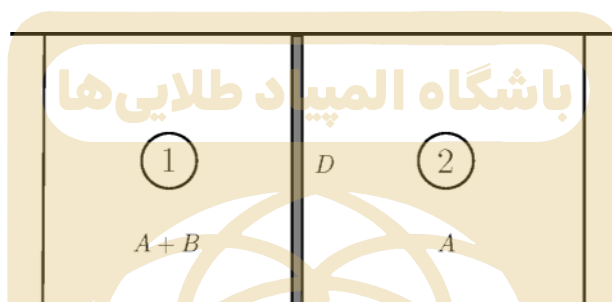
کد ملی: ۱۲۳۴۵۶۷۸۹۰



معاونت دانش پژوهان جوان

۷- (۱۵ نمره)

دستگاهی متشکل از دو ناحیه ۱ و ۲ توسط غشای نیمه تراوی D از هم جدا شده‌اند. ناحیه ۱ حاوی ماده‌ی A و ماده‌ی B و ناحیه ۲ فقط حاوی ماده‌ی A است. غشای نیمه تراوا اجازه‌ی عبور ماده‌ی A از ناحیه ۱ به ۲ و برعکس (از ناحیه ۲ به ۱) را می‌دهد ولی اجازه‌ی عبور ماده‌ی B از ناحیه ۱ به ۲ را نمی‌دهد. دمای دو ناحیه را مقدار ثابت T و ماده‌ی B را گاز کامل فرض کنید.



(آ) اختلاف فشار ناحیه ۱ و ۲ را بر حسب غلظت مولی ماده‌ی B (تعداد مول‌های ماده‌ی B بر واحد حجم)، n_B بدست آورید. (به این اختلاف فشار، فشار اسمزی می‌گویند.)

(ب) می‌توان با کاهش حجم ناحیه ۱ و افزایش حجم ناحیه ۲ به اندازه‌ی ΔV ماده A را از ناحیه ۱ به ۲ منتقل کرد. با فرض اینکه ΔV بسیار کوچک است به طوری که بتوان غلظت‌ها را در طول این فرایند ثابت فرض کرد کار لازم برای این عملیات چقدر است؟ (به این عملیات، اسمز معکوس گفته می‌شود.)

(پ) اساس کار آب شیرین‌کن استفاده از اثر اسمز معکوس است. ماده‌ی A آب و ماده‌ی B نمک طعام است. یک مول نمک طعام با جرم مولی 58 g/mol وقتی در آب حل می‌شود تبدیل به یک مول یون کلر و یک مول یون سدیم می‌گردد، که برای سادگی آنها را گاز کامل فرض می‌کنیم. اگر چگالی نمک طعام محلول در آب شور ناحیه ۱ حدود 40 g/Lit (مثلاً چگالی نمک آب خلیج فارس و فقط آن را حاوی نمک طعام در نظر بگیریم) و نیز اگر بازده دستگاه آب شیرین‌کن (برای تبدیل برق به کار) ۷۰٪ و دمای آب 27°C باشد برای تولید یک مترمکعب آب شیرین چند کیلووات ساعت برق مصرف می‌شود؟

ثابت جهانی گازها $R = 8.3 \text{ J/mol.K}$ و عدد آووگادرو $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ است.

