جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه سوالات به همراه پاسخ تشریحی
مرحله دوم
شانزدهمین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۸۱

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
–	۷	۱۸۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب ممنوع می‌باشد.

تذکرات آزمون:

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

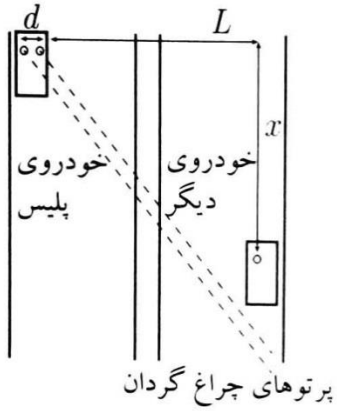
- این آزمون شامل **۷ مسئله‌ی تشریحی** و وقت آن **۱۸۰ دقیقه** است.
- نمره‌ی هر سوال در ابتدای آن نوشته شده است.
- استفاده از ماشین‌حساب در این آزمون مجاز است.
- همراه داشتن تلفن همراه (حتی خاموش) در طول زمان آزمون مجاز **نیست**.
- فقط داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند.
- آماده‌سازی پاسخنامه‌ی این آزمون توسط **ایرانفو، مرجع المپیاد فیزیک ایران** انجام شده است.
- جمع‌آوری و آماده‌سازی دفترچه‌ی سوالات این آزمون توسط **کمیته‌ی علمی ماخ** انجام شده است.

ایرانفو
مرجع المپیاد فیزیک ایران

www.MAAKH.ir

کلیه حقوق این سوالات برای ماخ محفوظ است.

۱- چراغ گردان خوردوهای پلیس، متشکل از یک چراغ و یک آینه هم‌گرا است، به گونه‌ای که چراغ در نقطه کانونی آینه است و درنتیجه نـور چراغ بـه‌صورت موازی از آینه بـازمی‌تابد. آینه با سرعت زاویه‌ای ω حول چراغ می‌چرخد، یعنی هر ثانیه به اندازه زاویه ω رادیان می‌چرخد. یک خودروی پلیس در یک سمت یک بزرگراه ایستاده است و روی آن دو چراغ گردان به فاصله d از هم قرار دارند. دو چراغ گردان با سرعت زاویه‌ای یکسان ω می‌چرخند و پرتوهای آن‌ها باهم موازی است. خودروی دیگر، مانند شکل، در سوی دیگر بزرگراه ایستاده است. فاصله چراغ گردان نزدیک‌تر تا این سوی دیگر بزرگراه (که خودروی دوم ایستاده است) برابر L است. ($d \ll L$)



الف) پرتوهای دو چراغ گردان با اختلاف زمانی T به چشم راننده خودروی دوم می‌رسد. این اختلاف زمانی را برحسب پارامترهای مسئله به تقریب به‌دست آورید و نمودار T برحسب x را بکشید.

راهنمایی: برای زاویه‌های کوچک α می‌توانید فرض کنید $\sin\alpha \simeq \tan\alpha \simeq \alpha$، که α برحسب رادیان است.

ب) بیشینه این اختلاف زمانی، به‌ازای xهای مختلف، چقدر است؟ این مقدار را به‌ازای $L = ۳۰m$، $d = ۱m$ و $\omega = ۶rad/s$ حساب کنید.

۲- مطابق شکل، روی یک میله نارسانای نازک و بسیار بلند، بار الکتریکی مثبت به‌طور یکنواخت وجود دارد. چگالی طولی بار، یعنی بار موجود روی واحد طول میله λ است. بار نقطه‌ای مثبت q را روی محور y و به فاصله r از میله درنظر بگیرید. طول میله چنان بلند است و r در مقایسه با طول میله چنان کم است که می‌توان طول میله را بی‌نهایت فرض کرد. می‌توان نشان داد که در این شرایط اندازه میدان ناشی از بارهای روی میله، در محل بار نقطه‌ای q، از رابطه $E = \frac{\lambda}{۲\pi\varepsilon_{۰} r}$ به‌دست می‌آید.

الف) جهت میدان E را به‌دست آورید.

(راهنمایی: بار توزیع شده روی میله را می‌توان متشکل از تعداد زیادی بار نقطه‌ای پهلوی هم در نظر گرفت که هرکدام یک میدان الکتریکی ایجاد می‌کنند.)

ب) نیروی الکتریکی وارد بر بار q را به‌دست آورید. این نیرو را F_E می‌نامیم.

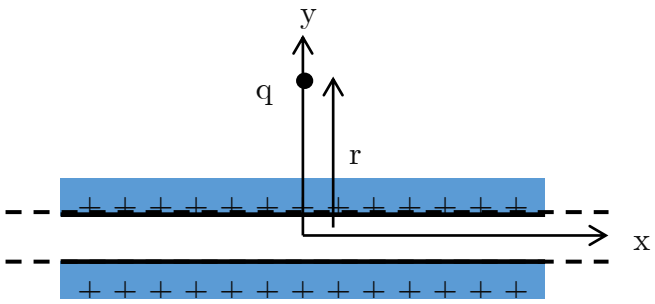
اکنون فرض کنید بار q و نیز میله باردار، در جهت محور x با سرعت ثابت u حرکت کند. از نظر ناظر ساکن نسبت به محور x، حرکت میله مانند عبور جریان الکتریکی از میله است. این جریان را I می‌نامیم.

ج) جریان الکتریکی I را به‌دست آورید.

د) میدان مغناطیسی حاصل از جریان I را در نقطه‌ای به فاصله r از میله به‌دست آورید.

ه) نیروی مغناطیسی وارد بر بار q را به‌دست آورید. این نیرو را F_B می‌نامیم.

و) برای ناظر ساکن نسبت به محور x، دو نیروی الکتریکی F_E و مغناطیسی F_B بر بار نقطه‌ای q وارد می‌شود. فرض کنید نیروی F_E مانند قسمت (ب) باشد. برآیند دو نیروی F_E و F_B را به‌دست آورید. این نیرو را F می‌نامیم.



ز) نسبت $\frac{F}{E_E}$ را حساب کنید.

۳- ستونی از یک ماده به‌طور عمودی روی زمین گذارده شده است. این ستون به‌خاطر وزن خودش فشرده می‌شود. فاصله هر نقطه از این ستون تا سطح زمین در حالت فشرده نشده را با x نشان می‌دهیم. فاصله همین نقطه تا سطح زمین در حالت فشرده شده را با $z(x)$ نشان می‌دهیم. ستون را می‌شود به شکل N فنر متوالی درنظر گرفت، که طول فشرده نشده هریک $\Delta x = L / N$ و ثابت فنر هریک Nk است. L طول ستون است درحالی‌که فشرده نشده باشد. هرچه N بزرگ‌تر باشد این مدل به واقعیت نزدیک‌تر می‌شود.

الف) نیروی کشش یکی از فنرها را برحسب Δx (طول فنر در حالت عادی) و Δz (طول فنر در حالت فشرده شده) به‌دست آورید.

ب) N را به سمت بی‌نهایت میل دهید و نیروی کشش در نقطه x را به‌دست آورید.

فرض کنید چگالی طولی ستون یکنواخت است، یعنی وزن بخشی از ستون به طول کشیده نشده D برابر است با $D\omega$، که ω ثابت است.

ج) شرط تعادل را برای قسمتی از ستون که بالای نقطه x است بنویسید، و z را برحسب x به‌دست آورید.

د) تغییر طول ستون را در اثر فشردگی حساب کنید.

ه) به‌جای ستون، فنر بدون جرم قائمی با ثابت k را درنظر بگیرید، که روی آن باری به وزن ωL (وزن ستون قبلی) گذاشته‌اند. تغییر طول این فنر در اثر این بار چقدر است؟

۴- جسمی به جرم $1kg$ روی سطحی افقی ساکن است. ضریب اصطکاک ایستایی ۰/۸ و ضریب اصطکاک جنبشی ۰/۵ است. در مرحله اول، از زمان $t = 0\ s$ تا $t = 20\ s$، نیروی متغیر F به جسم وارد می‌شود و داریم $F = \alpha t$، که در آن $\alpha = 0/5\ N/s$ است. در مرحله دوم، نیرویی با اندازه ثابت یک نیوتن در همان جهت نیروی اول وارد می‌شود. ($g = 10\ m/s^2$)

الف) نمودار نیروی اصطکاک برحسب زمان، و نمودار شتاب جسم برحسب زمان را تا پایان مرحله اول بکشید.

ب) باتوجه به این‌که مساحت زیر نمودار شتاب – زمان برابر با تغییر سرعت متحرک است، سرعت جسم در پایان مرحله اول حرکت چقدر است؟

ج) جسم در چه زمانی دوباره به حالت سکون می‌رسد؟

د) نمودار نیروی اصطکاک برحسب زمان، و نمودار شتاب برحسب زمان را برای قسمت دوم حرکت جداگانه بکشید.

۵- درون مایع، هر مولکول با مولکول‌های مجاور خود برهم‌کنش دارد و به‌خاطر این برهم‌کنش، انرژی پتانسیل هر دو مولکول هم‌سایه $-U$ است، که U مقداری مثبت است. تعداد هم‌سایه‌های مولکول‌های سطح آزاد مایع کمتر از تعداد هم‌سایه‌های مولکول‌های در عمق مایع است. بنابراین انرژی پتانسیل یک توده مایه به شکل دلخواه و حجم V، که بیرون مایع است (یعنی اطراف آن خالی است) با انرژی پتانسیل مایعی به همان حجم و همان شکل، که درون مایعی از همان جنس است فرق می‌کند. انرژی پتانسیل در حالت اول منهای انرژی پتانسیل در حالت دوم را انرژی سطحی می‌نامند. این انرژی برابر است با τS، که در آن S مساحت سطح بیرونی همان توده مایع، و τ کشش سطحی است. به‌عنوان یک مدل، فرض کنید مولکول‌هایی که فاصله آن‌ها با سطح مایع کمتر از a است هم‌سایه ندارند، و مولکول‌هایی که فاصله آن‌ها تا سطح بیش از a است هرکدام N هم‌سایه دارند. تعداد مولکول‌ها بر واحد حجم مایع n است.

الف) انرژی پتانسیل متناظر با یک مولکول درون مایع و دور از سطح مایع را حساب کنید.

ب) انرژی سطحی مایعی با مساحت سطح بیرونی S را حساب کنید، و از آن‌جا کشش سطحی مایع را به‌دست آورید. ابعاد توده مایع را خیلی بزرگتر از a بگیرید.

گرمای نهان تبخیر مایع به‌خاطر آن است که وقتی مولکول‌های مایع از آن می‌گریزند، برهم‌کنش آن‌ها با مولکول‌های هم‌سایه از بین می‌رود، و به این ترتیب انرژی پتانسیل آن‌ها تغییر می‌کند. چگالی مایع را ρ بگیرید.

ج) گرمای نهان تبخیر مایع (یعنی گرمای لازم برای تبخیر واحد جرم مایع) را حساب کنید.

د) گرمای نهان تبخیر آب $2000\ kJ/kg$، کشش سطحی آن $0/07\ N/m$، و چگالی آن $1000\ kg/m^3$ است. مقدار a را برای آب حساب کنید.

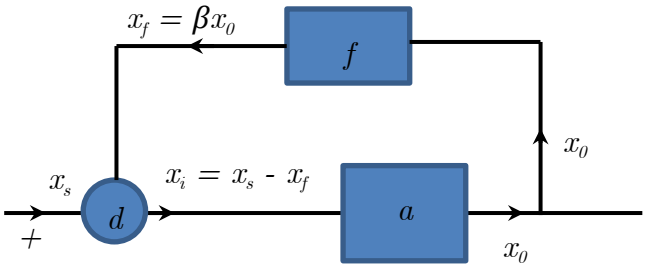
۶- ماخ فردی می‌خواهد با قایق از یک طرف رودخانه‌ای به عرض $d = 50\ m$ به طرف دیگر آن برود. سرعت پارو زدن او نسبت به آب ساکن $v = 3\ m/s$ است. او در چه جهتی پارو بزند تا طول مسیرش به سمت دیگر رودخانه کوتاه‌ترین مقدار باشد. مسئله را برای دو حالت زیر حل کنید.

الف) سرعت آب رودخانه $u = 2m/s$ است.

ب) سرعت آب رودخانه $u = 4m/s$ است.

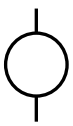
۷- ماخ اجزای به‌کار رفته در شکل (۱) به شرح زیر است: a یک تقویت‌کننده است که با دریافت علامت ورودی x_i، علامت خروجی x_o را می‌دهد. f یک مدار پسخوراند (Feedback) است که کسر β از علامت خروجی را به ورودی برمی‌گرداند، یعنی $x_f = \beta x_o$، d یک تفریق‌کننده است که حاصل تفریق x_f از x_s را به ورودی تقویت‌کننده می‌دهد. x_s از یک چشمه ناشی می‌شود. x_o ممکن است ولتاژ یا جریان باشد. x_i، x_s و x_f ممکن است ولتاژ یا جریان باشند. بهره تقویت‌کننده بدون پسخوراند، A و بهره تقویت‌کننده با پسخوراند، A_f را رابطه‌های زیر تعریف می‌شوند.

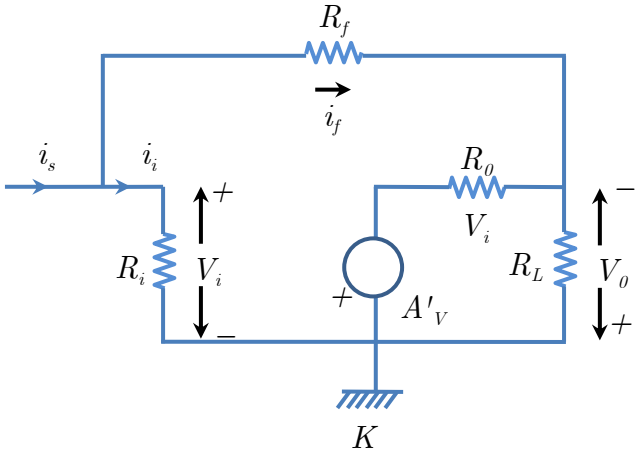
$$A = \frac{x_o}{x_i} \quad , \quad A_f = \frac{x_o}{x_s}$$



شکل (۱)

الف) A_f را برحسب A و B به‌دست آورید.

در شکل (۲) مدار معادل یک تقویت‌کننده با پسخوراند نشان داده شده است. در این مدار $x_o = V_o$ ولتاژ است، و $x_i = i$، $x_s = i_s$ و $x_f = i_f$ جریان‌اند. نماد  یک چشمه ولتاژ است، یعنی اختلاف پتانسیل دو سر آن، با قطبندی مشخص شده در شکل $A'_V V_i$ است که A'_V عدد ثابتی است.



شکل (۲)

ب) با این فرض که $\frac{V_o}{V_i} \gg 1$ باشد، β را به‌دست آورید.

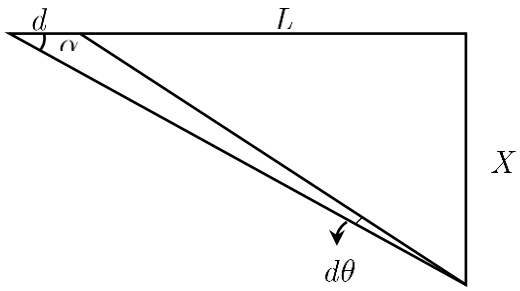
برای به‌دست آوردن A_f، ابتدا لازم است A یعنی بهره تقویت‌کننده بدون پسخوراند را تعیین کنید. برای این‌کار، باید اثر پسخوراند، یعنی انتقال علامت از خروجی به ورودی را حذف کرد. اما تأثیر مقاومت R_f در مدار ورودی و مدار خروجی تقویت‌کننده را به حساب آورد. می‌توان نشان داد که اگر $R_f \gg R_L$ و $R_f \gg R_i$ باشد، مدار موردنظر مداری است که با حذف R_f به‌دست می‌آید.

ج) با فرض بالا، مدار موردنظر را رسم کنید.

د) A و سپس A_f را حساب کنید.

«پاسخنامه‌ی تشریحی»

۱- ماخ الف)



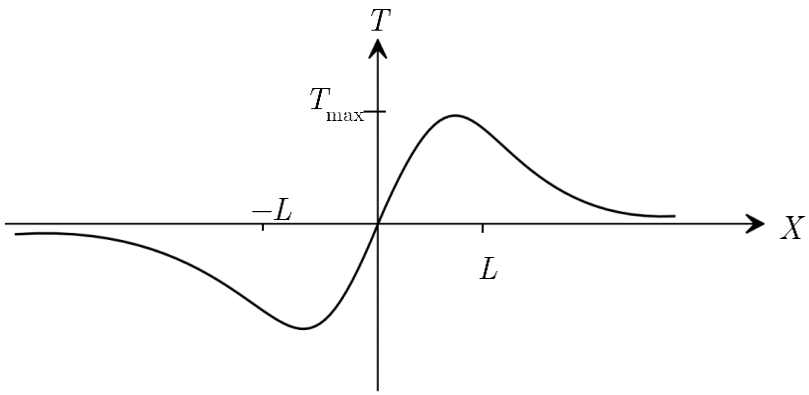
قضیه sinها $\sqrt{L^۲ + x^۲}\,d\theta = (d)\sin\alpha$

چون $\frac{d}{L} << ۱$ پس $\frac{d}{L}$ را تا مرتبه‌ای اول نگه می‌داریم:

$$\sin\alpha = \frac{x}{\sqrt{x^۲ + (L+d)^۲}} \Rightarrow$$

$$d\theta\sqrt{L^۲ + x^۲} = \frac{xd}{\sqrt{x^۲ + L^۲}} \Rightarrow d\theta = \frac{xd}{x^۲ + L^۲}$$

$$d\theta = \omega T \Rightarrow T = \frac{xd}{\omega(x^۲ + L^۲)}$$

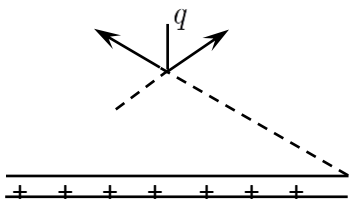


$$\frac{dT}{dx} = ۰ \Rightarrow \frac{dT}{dx} = \frac{d}{\omega}\left(\frac{L^۲ + x^۲ - ۲x^۲}{(L^۲ + x^۲)^۲}\right) = \frac{d}{\omega}\frac{L^۲ - x^۲}{L^۲ + x^۲} = ۰ \Rightarrow x = \pm L$$

ب)

$$T_{\max} = \frac{dL}{۲\omega L^۲} = \frac{d}{۲\omega L} = \frac{۱}{۳۰ \times ۲ \times ۶} = \frac{۱}{۳۶۰} \simeq ۰.۰۰۳s$$

۲- الف)



در جهت $+y$

ب)

$$\vec{F}_E = \frac{q\lambda}{۲\pi E_۰ r}$$

ج)

$$I = \lambda V$$

د)

$$۲\pi r B = \mu_۰ I \rightarrow B = \frac{\mu_۰ \lambda V}{۲\pi r}$$

هـ)

$$\vec{F}_B = q\vec{V} \times \vec{B} = -\frac{qV\mu_۰\lambda V}{۲\pi r}\hat{y} = -\frac{q\mu_۰\lambda V^۲}{۲\pi r}\hat{y}$$

و)

$$\vec{F} = \vec{F}_E + \vec{F}_B = \frac{q}{۲\pi r}(\frac{\lambda}{E_۰} - \mu_۰\lambda v^۲)\hat{y}$$
$$= \frac{q\lambda}{۲\pi r}(\frac{۱}{E_۰} - \mu_۰ v^۲)\hat{y}$$

ز)

$$\frac{F}{F_E} = \frac{\frac{q\lambda}{۲\pi r E_۰}(۱ - \mu_۰ E_۰ v^۲)\hat{y}}{\frac{q\lambda}{۲\pi r E_۰}} = ۱ - \mu_۰ E_۰ v^۲$$

۳- الف)

$$F = +Nk(\Delta x - \Delta z)$$

ب)

$$\Delta x = \frac{L}{N} \rightarrow N = \frac{L}{\Delta x}$$
$$F = +Nk(\Delta x - \Delta z) = +Lk + \frac{LK\Delta z}{\Delta x}$$
$$\lim_{n\to\infty} F = -KL(\frac{dz}{dx} - ۱)$$

ج)

$$(L-x)\omega = -KL(\frac{dz}{dx} - ۱)$$
$$\frac{dz}{dx} = -\frac{(L-x)\omega}{KL} + ۱$$
$$\rightarrow \int dz = \int(-\frac{L-x}{KL}\omega + ۱)\,\mathrm{dx}$$
$$z = (۱ - \frac{\omega}{k} + ۱)x + \frac{\omega x^۲}{۲KL}$$

د)

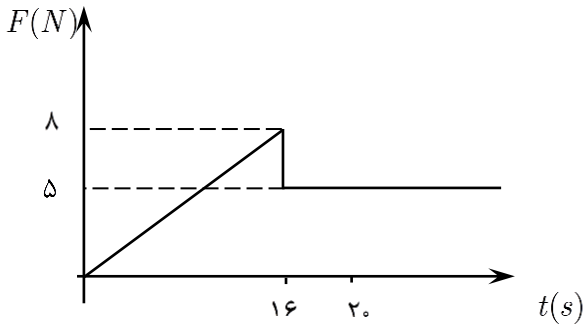
$$x = L \rightarrow z(L) = (\frac{-\omega}{k} + ۱)L + \frac{\omega L^۲}{۲KL} = L(۱ - \frac{\omega}{۲k})$$
$$\Delta = L - z(L) = \frac{\omega}{۲k}L$$

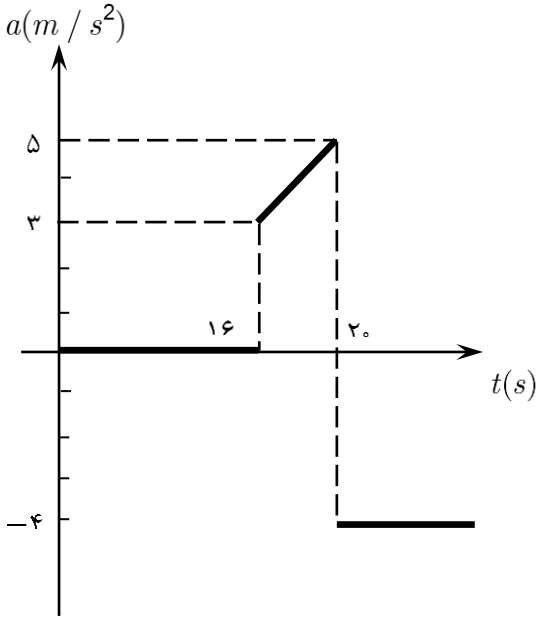
هـ)

$$\omega L = k\Delta L \rightarrow \Delta L = \frac{\omega L}{K}$$

۴- الف) ماخ

$$f_s = ۰/۸ \times ۱g = ۸N$$
$$۸N = \alpha t \rightarrow t = ۱۶s$$





$a = \alpha t - ۵$ شتاب از ثانیه ۱۶ تا ۲۰

$a = ۱ - ۵ = -۴m/s^۲$ شتاب بعد از ثانیه ۲۰

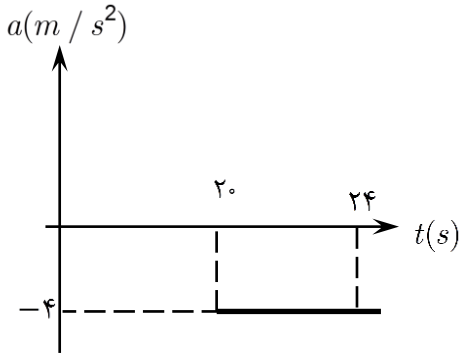
ب)

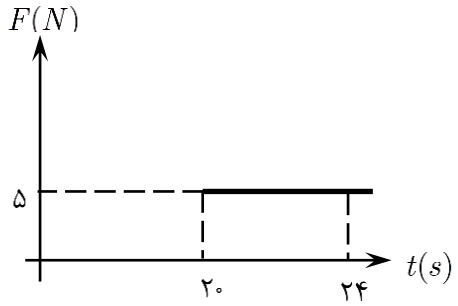
$$V = \frac{(۵+۳)\times ۴}{۲} = ۱۶m/s$$

ج)

$$۱۶ = ۴(t - ۲۰) \rightarrow t = ۲۴s$$

د)





۵- الف) برای هر همسایگی به هر مولکول $-\frac{U}{۲}$ انرژی می‌رسد.

$$\Rightarrow E = -\frac{NU}{۲}$$

ب)

$$\tau S = -aS_n(-\frac{NU}{۲}) \Rightarrow \tau = \frac{anNU}{۲}$$

ج)

$$Q = -m \times -\frac{۱}{\varphi} \times n \times (-\frac{NU}{۲}) = \frac{mnNU}{۲\varphi}$$

د)

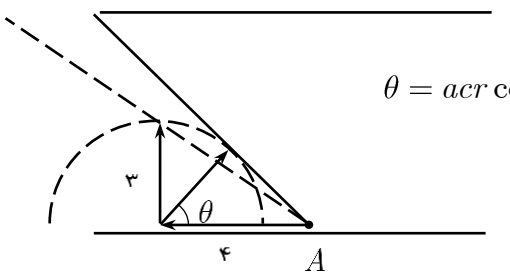
$$\begin{cases} ۷ \times ۱۰^{-۲} = \dfrac{anNu}{۲} \\ ۲۰۰۰ \times ۱۰^{۳} = \dfrac{nNU}{۲\varphi} \end{cases} \Rightarrow ۷ \times ۱۰^{-۲} = ۲۰۰۰ \times ۱۰^{۳} \times ۱۰^{۳} \times a \quad a = ۳.۵ \times ۱۰^{-۱۱} m$$

۶- الف) چون که کوتاه‌ترین مسیر، مسیر مستقیم است که عمود بر رودخانه است.

$$۳\sin\theta = ۲ \Rightarrow \theta = Arc\sin\frac{۲}{۳}$$

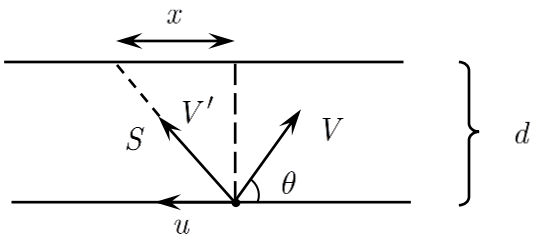
ب) راه اول:

کوتاه‌ترین مسیر به ازای مماسی است که بر نیم‌دایره به شعاع ۳ برخورد می‌کند.



$$\theta = acr\cos\frac{۳}{۴}$$

راه دوم:



$$S^2 = X^2 + d^2$$

$$\Rightarrow \frac{ds}{d\theta} \times 2s = 0 \Rightarrow 2x\frac{dx}{d\theta} = 0 \Rightarrow \frac{dx}{d\theta} = 0$$

$$V' = \sqrt{v^2 + u^2 - 2vu\cos\theta}$$

$$\left.\begin{array}{l} u - v\cos\theta = \dfrac{x}{t} \Rightarrow (u - v\cos\theta)t = x \\ (v\sin\theta)t = d \Rightarrow t = \dfrac{d}{v\sin\theta} \end{array}\right\} \Rightarrow x = \frac{(u - v\cos\theta)d}{v\sin\theta}$$

$$\Rightarrow \frac{dx}{d\theta} = 0 \Rightarrow v^2 d\sin^2\theta - vud\cos\theta + v^2 d\cos^2\theta = 0 \Rightarrow v = u\cos\theta$$

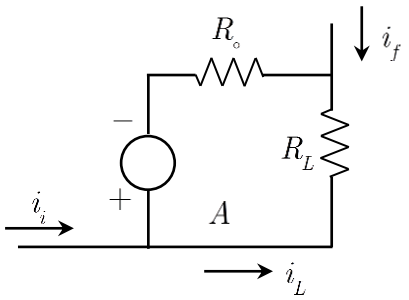
۷- الف) ماخ

$$A_f = \frac{x_0}{x_s} \qquad A = \frac{x_0}{x_i} \qquad x_i = x_s - x_f$$

$$x_i = \frac{x_0}{A} \rightarrow \frac{x_0}{A} = x_s - \beta x_0 \rightarrow x_s = x_0(\beta + \frac{1}{A})$$

$$\rightarrow A_f = \frac{A}{1 + \beta A}$$

ب)



$$x_f = \beta x_0$$

$$i_f = \beta\ v_0$$

$$A'_v v_i + R_0 i_1 = V_o$$

$$v_i = i_i R_i$$

$$i_f = -(\frac{V_0}{R_L} + \frac{V_o - A'_v V_i}{R_o}) = \beta\ V_o \Rightarrow \beta = -(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_o}) + \frac{A'_v}{R_o}$$

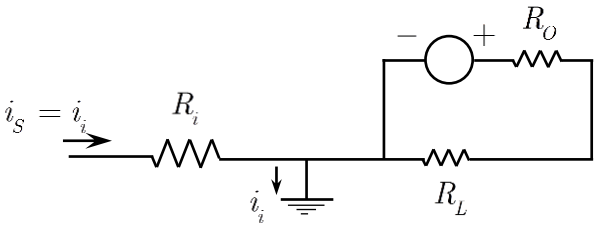
$$\Rightarrow \beta = -(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_o})$$

ج و د)

$$A = \frac{V_o}{I_i}$$

$$-V_o - \frac{V_o}{R_L} + R_o + A'_v R_i i_i = o$$

$$A' = \frac{A}{۱ + \beta A} = \frac{\frac{A'_v R_i R_L}{R_o + R_L}}{۱ - \frac{A'_v R_i}{R_o}}$$



جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

ماخ

آزمون عملی
مرحله دوم
شانزدهمین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۸۲

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.

تذکرات:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به نکات زیر دقیقاً توجه فرمایید:

۱- قبل از شروع آزمون دقت کنید که وسایل ذکر شده در صورت سوال عملی، که در پشت همین برگه چاپ شده است، به طور کامل در اختیار شما قرار گرفته باشد. در صورت بروز مشکل مسئول حوزه را مطلع کنید.

۲- این قسمت از آزمون از یک سوال تشکیل شده و مدت پاسخگویی به آن ۴۰ دقیقه است. پس از پایان این مدت پاسخنامه‌های آزمون علمی جمع‌آوری و آزمون نظری شروع خواهد شد.

۳- از آنجا که ممکن است تا پایان آزمون عملی به وسایلی که در اختیار شما قرار داده شده نیاز داشته باشید، هنگام کار با آنها دقت کنید. در صورت وجود مشکل در ابزارهای آزمایش، از مسئول حوزه درخواست کنید آن را تعویض کند.

۴- در پایان آزمون می‌توانید این وسایل را به همراه ببرید.

۵- کارت معرفی‌نامه و کارنامه‌ی خود را در دسترس نگه دارید تا مسئول مربوط بتواند آنها را ملاحظه و جمع‌آوری کند.

وسایل آزمایش:

۱)نخ

۲) قطعه‌ی کوچک سربی

۳)خط‌کش چاپ شده در پایان سوال

۴)یک کاسه‌ی سوراخ دار

۵)ظرف پلاستیکی یک بار مصرف که در آن آب ریخته شده است.

می‌دانیم مربع تعداد نوسان‌هایی که یک آونگ در واحد زمان انجام می‌دهد با عکس طول آونگ متناسب است، یعنی

$$n^2 = \frac{\alpha}{\ell^2}$$

که در آن n تعداد نسوان‌های آونگ بر واحد زمان است، ℓ طول آونگ است، و α یک ضریب ثابت است. ازواحدهای دلخواهی می‌توان برای سنجش ℓ و n استفاده کرد؛ مثلاً ℓ ممکن است بر حسب متر، سانتی‌متر، یا هر واحد دلخواه دیگری سنجیده شود؛ و n هم ممکن است برحسب «تعداد بر ثانیه»، «تعداد بر دقیقه»، «تعداد بر ساعت»، یا «تعداد بر واحد زمانی دیگری» باشد. بنابراین، بسته به واحدهای انتخاب شده برای ℓ و n ضریب ثابت α مقدارهای مختلفی دارد.

در این آزمایش می‌خواهیم ضریب α را، برحسب واحد طول و واحد زمانی که با ابزارهای داده شده مشخص می‌شود، تعیین کنیم. آزمایش را به ترتیب زیر شروع کنید.

۱) قطعه‌ی کوچکی سربی را به یک سر نخی که در اختیار شما است ببندید.

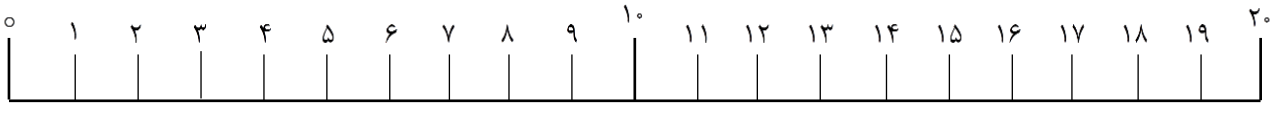
۲) خط‌کشی که در پایان همین سوال چاپ شده است، برحسب واحدی که آن را «واخک» می‌نامیم مدرج شده است. این واحد را با نماد v نشان می‌دهیم. با نخ و قطعه‌ی سربی آونگی بسازید و طول آن را برحسب «واخک» بسنجید.

۳)کاسه‌ی سوراخ‌دار را روی سطح آب بگذارید. می‌بینید که به تدریج در آب فرو می‌رود. زمانی را که طول می‌کشد کاسه کاملاً پر شود، واحد زمان می‌گیریم. این واحد را پُرَک می‌نامیم و آن را با نماد p نشان می‌دهیم.

۴) برای چند طول مختلف آونگ، تعداد نوسان‌های آونگی را که ساخته‌اید در مدت یک پُرک بسنجید و در جدول پاسخنامه بنویسید.

۵)نمودار n^2 برحسب $\frac{1}{\ell}$ را در کاغذ شطرنجی بکشید.

۶) از روی نمودار، مقدار α را به دست آورید و در محل مشخص شده در پاسخنامه بنویسید.



www.iranpho.ir
www.MAAKH.ir