0 145030 300000

14-50-30-30
(116.2)

# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
## имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант №05

Место проведения Москва
город

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы Горы
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Шелонина Арсения Карленовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«5» апреля 2024 года

Подпись участника

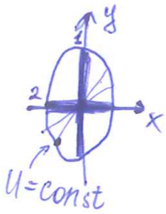
Шелоник

14-50-30-30 (116.2)

№1.

Вопрос.

$U(x;y)=\frac{k}{2}(4x^2+y^2)$. Тогда в плоскости $xoy$ линии $U=const$ имеют вид эллипса.



При колеб. $m$ она проходит от одной т. эллипса к диаметр. противоположной. Тогда крайние значения периода будут $T_1$ и $T_2$.

1) $x=0$: $U=\frac{k}{2}y^2$. $U+E_k=const$; $\frac{ky^2}{2}+\frac{mv_y^2}{2}=const$

$\frac{2ky\cdot v_y}{2}+\frac{m\cdot 2v_y\cdot a_y}{2}=0$;

$ky+ma_y=0$

$a_y+\frac{k}{m}y=0$

$\omega_{0_1}^2=\frac{m}{k}$

$\omega_{0_1}=\sqrt{\frac{m}{k}}$; $T_1=\frac{2\Pi}{\omega_0}$

$\boxed{\nu_1=\frac{\omega_0}{2\Pi}=\frac{1}{2\Pi}\sqrt{\frac{m}{k}}}$

Аналогично во 2 сл. $y=0$

$U=2kx^2$

$2kx^2+\frac{mv_x^2}{2}=const$

$2k\cdot 2x\cdot v_x+\frac{m\cdot 2v_x\cdot a_x}{2}=0$

$4kx+ma_x=0$

$a_x+\frac{4k}{m}x=0$

$\omega_0=\sqrt{\frac{m}{4k}}$; $\nu_2=\frac{1}{2\Pi}\sqrt{\frac{m}{4k}}$

$\boxed{\nu_2=\frac{1}{4\Pi}\sqrt{\frac{m}{k}}}$

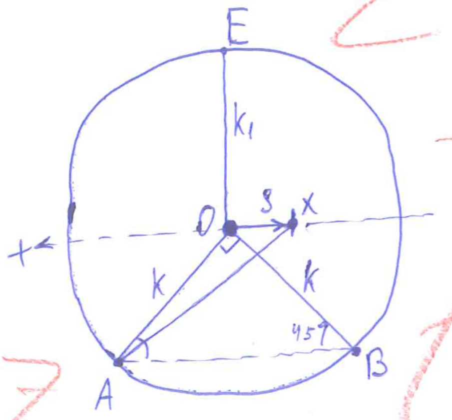
$\boxed{\text{Ответ: } \nu\in\left[\frac{1}{4\Pi}\sqrt{\frac{m}{k}};\frac{1}{2\Pi}\sqrt{\frac{m}{k}}\right]}$

69 (техническая работа)

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| 4 | 4 | 3 | 1 |
| 22 | 15 | 11 | 19 |

Т 3

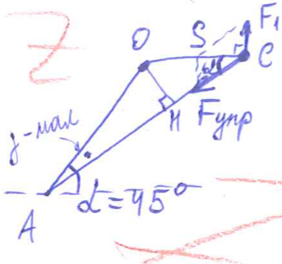
Задача 1.




1) $t$ тем меньше, чем меньше сила $R$ со стороны резинок, когда $m$ сдвинут на $S$.

$R$мин., если две резинки окаж. ненатянутыми, а т.к. $k_1 > k$, ненат. будет $k_1$. Мин. растяж. резинки $k$ получим при $\alpha_{max}$, $\alpha = (\vec{AO}; \vec{S})$ ~~Т.к. $F = F_{упр}$~~ как показ. на рис.

Т.к. $S \ll R$, то $F_1$ (со стороны $k_1$) в проекции на ось $X \approx 0$




$F_{упр} = k\Delta l$, $\Delta l = CH = S\cos\alpha$

$R = F_{упр}\cos\alpha = kS\cos^2\alpha = kS \cdot \frac{1}{2}$

$R = kS \cdot \frac{1}{2}$. Тогда получаем $R_x = -\frac{k}{2} \cdot x$

$R_x = ma_x + \frac{k}{2}x = 0$ $\quad \omega_{0_1} = \sqrt{\frac{k}{2m}}$ ; $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$

$a_x + \frac{k}{2m}x = 0$ $\quad t_1 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{k}}$ ?

2) $R_{max}$ достигается при $\vec{S}$ напр. вниз.

Если тело напр. не в область $\Delta AOB$, то натян. одна из резинок $k$, но $k' > k$ и $(\vec{EO}; \vec{S})$ должен. быть min, а если внутри $\Delta AOB$, то обе $k$ ненатянуты и для max. $R$ $\vec{S}$ напр. вниз.

$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k'}}$ ; $t_2 = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k'}}$

$t_1 = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{0,5}{1}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$ (с) $\quad t_2 = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{0,25}{8}} = \frac{\pi \cdot 0,5}{2 \cdot 2\sqrt{2}} = \frac{\pi}{8\sqrt{2}}$ (с)

$\boxed{t \in \left[\frac{\pi}{8\sqrt{2}}; \frac{\pi}{2\sqrt{2}}\right] (с)}$

в 2 сл. $E_{п_2} = \frac{k'S^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$

$\boxed{v_2 = \sqrt{\frac{k'S^2}{m}}}$

3) в 1 сл. $E_{пот_1} = \frac{k \cdot CH^2}{2}$

$E_{п_1} = \frac{k \cdot S^2 \cdot \frac{1}{2}}{2} = \frac{kS^2}{4}$

$E_{п_1} = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{kS^2}{4}$

при прох. т. старта

$\boxed{v_1 = \sqrt{\frac{kS^2}{2m}}}$

$v_1 = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 0,5}} \cdot 0,012 = 1,2$ (см/с)

$v_2 = \sqrt{\frac{8}{0,25}} \cdot 0,012 = 4\sqrt{2} \cdot 1,2$ (см/с)

Ответ: $t \in \left[\frac{\pi}{8\sqrt{2}}; \frac{\pi}{2\sqrt{2}}\right]$ (с)

$v \in [1,2; 4\sqrt{2} \cdot 1,2]$ (см/с)

14-50-30-30 (116.2)

№2

вопрос.

$Q=\Delta U+A$ , $p$ изм. на 0,7%, т.е. процесс малый. ~~$p\approx const$ и $A=pdV$~~

$\Delta U=\frac{5}{2}\nu R dT=\frac{5}{2}(pdV+Vdp)$

$Q=0$, $\frac{5}{2}pdV+\frac{5}{2}Vdp=A$, $dp=0{,}007p$, $pdV=A$

$\frac{5}{2}A+\frac{5}{2}V\cdot\frac{7}{1000}p=A$

$\frac{7}{400}pV=-1{,}5A$ ; $A=A_{газа}=-A'=-A_{над\ газом}$

$\frac{7}{400}pV=1{,}5A'$

$\frac{7\cdot2}{3\cdot400}\nu RT=A'$

$A'=\frac{7}{600}\nu RT$  $A'=\frac{7\cdot8{,}31\cdot301}{600}\approx29$ (Дж)

831 · 7 = 5817

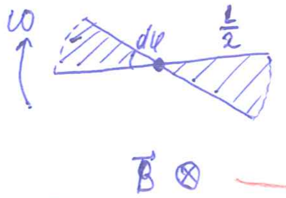
5817 : 2 = 2908,5

Ответ: 29 Дж

задача на др. листе.

№3

Вопрос:




За время $dt$ стерж. повор. на $d\varphi = \omega dt$

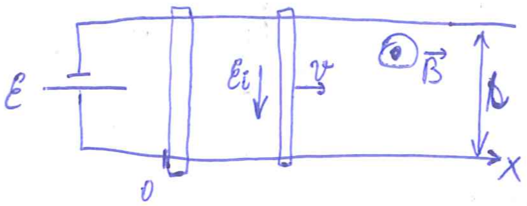
$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt}$, $d\Phi = B dS$, $dS = \frac{\pi \cdot (\frac{L}{2})^2 d\varphi}{2\pi} \cdot 2$

$dS = \frac{L^2 d\varphi}{4}$

$\mathcal{E}_i = \frac{BL^2 d\varphi}{4 dt} = \frac{BL^2 \omega}{4}$

$U = \mathcal{E}_i = \frac{BL^2\omega}{4}$ – ответ

Задача:




1) $R_{цепи} = R_0$

$\cancel{I = \frac{\mathcal{E}}{R_0}}$ $\quad \mathcal{E}_i = BVl$ ✓

$\cancel{F_A = BIl}$ $\quad \mathcal{E} - \mathcal{E}_i = IR_0$

$\mathcal{E} - BVl = IR_0$, $F_A = BIl$

$\cancel{F_A}$ $F_A = Bl\,\frac{\mathcal{E} - BVl}{R_0}$

$F_A = \frac{Bl\mathcal{E}}{R_0} - \frac{(Bl)^2 v}{R_0}$

$F_A = \frac{Bl(\mathcal{E} - BVl)}{R_0}$

$V_{max}$ при $a = 0$; $F_A = 0$

$\mathcal{E} = BV_{max} l$ ✓

$V_{max} = \frac{\mathcal{E}}{Bl}$

$F_A = ma$

2) $ma \cdot R_0 = Bl\mathcal{E} - (Bl)^2 v$; $a = \frac{dv}{dt}$

$v = \frac{dx}{dt}$

$\cancel{\frac{mR_0\, dv}{dt} = Bl\mathcal{E} - (Bl)^2 \frac{dx}{dt}}$

$\cancel{mR_0\, dv = Bl\mathcal{E} dt - (Bl^2)\, dx}$

Обозначим $g(v) = Bl\mathcal{E} - (Bl)^2 v$

$dg = -(Bl^2)\, dv$; $dv = \frac{-dg}{(Bl)^2}$

$\frac{m\, dv\, R_0}{dt} = g(v)$

$-mR_0\, dg = (Bl)^2 g(v)\, dt$

$\int_{g_0}^{g_1} \frac{dg}{g(v)} = -\frac{(Bl)^2}{mR_0} \int_0^{2\tau} dt$

$g_0 = Bl\mathcal{E}$; $g_1 = Bl\mathcal{E} - (Bl)^2 \cdot 0{,}95\,\frac{\mathcal{E}}{Bl}$

$g_1 = 0{,}05\, Bl\mathcal{E}$

$\ln \frac{g_1}{g_0} = -\frac{(Bl)^2 \tau}{mR_0}$

$\ln 0{,}05 = -\frac{(Bl)^2 \tau}{mR_0}$

$mR_0 \ln 25 = (Bl)^2 \tau$

$\boxed{\tau = \frac{R_0 m \ln 25}{(Bl)^2}}$

14-50-30-30 (116.2)

~~2) $R_{цепи} = R_0 + 2\rho x$~~

~~Аналогично~~

~~$F_A = \frac{BL(\mathcal{E}-B v L)}{R_0+2\rho x} = ma$~~

~~$mR_0 a + 2m\rho x = BL\mathcal{E} - BvL$~~

$m\,dv\,R_0 = BL\mathcal{E}\,dt - (BL)^2\,dx$

$mR_0\int_0^{0{,}95v_{max}} dv = BL\mathcal{E}\int_0^{\tau} dt - (BL)^2\int_0^{S_0} dx$

$0{,}95\,mR_0\frac{\mathcal{E}}{BL} = BL\mathcal{E}\frac{R_0 m\ln 25}{B^2L^2} - (BL)^2 S_0$

$$\frac{0{,}95\,mR_0\mathcal{E}}{BL} = \frac{mR_0\mathcal{E}\ln 25}{BL} - (BL)^2 S_0 \quad |\cdot BL$$

$mR_0\mathcal{E}(\ln 25 - 0{,}95) = (BL)^3 S_0$ $\pm$

2) $R_{цепи} = R_0 + 2\rho x$

Аналогично

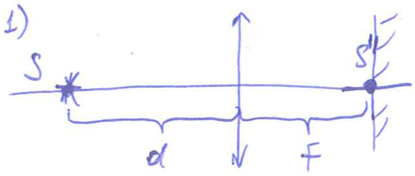
$F_A = \frac{BL(\mathcal{E}-BvL)}{R_0+2\rho x} = ma$

$mR_0 a + 2\rho m a x = BL\mathcal{E} - (BL)^2 v$

№4

Задача.

1)




$d+F=L$

$f=L-d$

$\Gamma=\frac{f}{d}=\frac{L-d}{d}$

$L-d=d\Gamma$

$L=d(\Gamma+1)$

$\cancel{\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}}$

$d=\frac{L}{\Gamma+1}$

$d'+f'=L$

$f'=L-d$

аналогично

$L=d'(\Gamma'+1)$

$d'=\frac{L}{\Gamma'+1}$

т.к. $\Gamma'>1$, то

$\cancel{d'=d\pm S}$ $f'>2F$

$f<2F$

$\Rightarrow$ перемест. влево +

$d'=d-S$

$\frac{L}{\Gamma'+1}=\frac{L}{\Gamma+1}-S$

$L\left(\frac{1}{\Gamma+1}-\frac{1}{\Gamma'+1}\right)=S$

$L\left(\frac{1}{1{,}4}-\frac{1}{3{,}5}\right)=S$

$L\cdot\frac{3}{7}=S$

$L=\frac{7}{3}S$

$\Downarrow$

$d=\frac{7S}{3\cdot 1{,}4}=\frac{5S}{3}$

$f=L-d=\frac{2S}{3}$

$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{3}{5S}+\frac{3}{2S}=\frac{6+15}{10S}=\frac{21}{10S}$

$D=\frac{1}{F}=\frac{21}{10S}$

Арарм!

$D=\frac{21}{70}=0{,}3$ дптр

$\boxed{\text{Ответ: } 0{,}3 \text{ дптр}}$

Вопрос. Рассеив. линза всегда уменьш. объект, увел. может только собирающая.

$\Gamma = \frac{f}{d}$, $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; $\frac{1}{f} = \frac{d-F}{dF}$; $f = \frac{dF}{d-F}$ ⊖

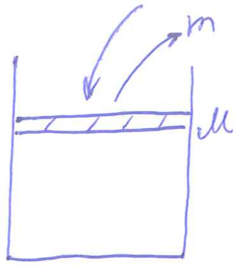
$\Gamma = \frac{F}{d-F}$

При $d = 2F$ увел. ~~равно~~ нет, $\Gamma = 1$.

При $d \in (2F; F)$ увел. $> 0$

При $d > 2F$ линза уменьш. из-е.

№2 задача.




1) Когда камень положили:

$Q = 0 = \Delta U + A$, $A = p\Delta V$, $p = p_0 + (M+m)gS$, $\Delta V = (h_1 - h_0)S$

$\Delta U = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$

$\frac{5}{2}\nu R\Delta T = (p_0 + (M+m)gS)(h_0 - h_1)S$ + Обозначим $p_0 + MgS = p_{вн}$

$\frac{5}{2}\nu R\Delta T = p_{вн}(h_0 - h_1)S + mgS^2(h_0 - h_1)$

2) Камень убирают:

$Q = 0 = \Delta U_1 + A_1$, $A_1 = p_1\Delta V_1$, $p_1 = p_{вн}$; $\Delta V_1 = (h_2 - h_1)S$ +

$\Delta U_1 = \frac{5}{2}\nu R\Delta T_1$

$\frac{5}{2}\nu R\Delta T_1 + p_{вн}(h_2 - h_1)S = 0$

3) Т.к. $h_0 - h_1 \ll h_0$, процесс малый.

$\nu R\Delta T = \nu R dT = d(pV) = pdV + Vdp$

$\Delta U = \frac{5}{2}(p_{вн}(h_1 - h_0)S + h_0S \cdot mgS)$

$\frac{5}{2}p_{вн}S(h_1 - h_0) + \frac{5}{2}mgh_0S^2 = p_вS(h_0 - h_1) + mgh_0S^2 - mgh_1S^2$

$mgh_1S^2 = \frac{7}{2}p_{вн}S(h_0 - h_1) - \frac{3}{2}mgh_0S^2$ (1)

$\Delta U_1 = \frac{5}{2}((p_{вн} + mgS)(h_2 - h_1)S + h_1S(-mgS))$

$\frac{5}{2}p_{вн}S(h_2 - h_1) + \frac{5}{2}mgS^2(h_2 - h_1) - \frac{5}{2}mgS^2h_1 + p_в(h_2 - h_1)S = 0$

$\frac{7}{2}p_{вн}S(h_2 - h_1) + \frac{5}{2}mgS^2h_2 - 5mgS^2h_1 = 0$ (2)

из (1) $\frac{7}{2} p_{вн} S (h_0 - h_1) = mg S^2 h_1 + \frac{3}{2} mg S^2 h_0$

$\Downarrow$

(2):

$$\left(mgS^2 h_1 + \frac{3}{2} mgS^2 h_0\right) \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_0 - h_1} + \frac{5}{2} mgS^2 h_2 - 5mgS^2 h_1 = 0 \quad \left| \times (h_0 - h_1) \right.$$

$$mg\cancel{S^2} h_1 (h_2 - h_1) + \frac{3}{2} mg\cancel{S^2} h_0 (h_2 - h_1) + \frac{5}{2} mg h_2 (h_0 - h_1) - 5mg h_1 (h_0 - h_1) = 0$$

$$h_1 h_2 - h_1^2 + \frac{3}{2} h_0 h_2 - \frac{3}{2} h_0 h_1 + \frac{5}{2} h_0 h_2 - \frac{5}{2} h_1 h_2 - 5\cancel{mg} h_0 h_1 + 5\cancel{mg} h_1^2 = 0$$

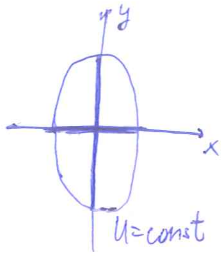
$$4h_1^2 - \frac{3}{2} h_1 h_2 + 4h_0 h_2 - \frac{13}{2} h_0 h_1 = 0$$

$$\cancel{4h_1^2} \quad h_2 (4h_0 - 1{,}5 h_1) = 7{,}5 h_0 h_1 - 4h_1^2$$

$$h_2 = \frac{h_1 (7{,}5 h_0 - 4h_1)}{4h_0 - 1{,}5 h_1}$$ – ответ.

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

$U=\frac{k}{2}(4x^2+y^2)=\frac{k}{2}((2x)^2+y^2)$ $m$



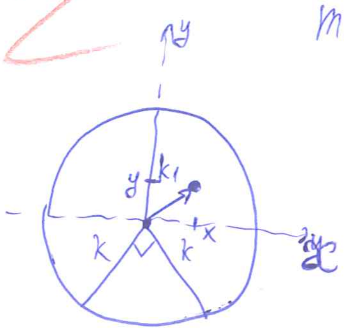

$U+E_k=const$

1) $x=0$ $U=\frac{k}{2}y^2$

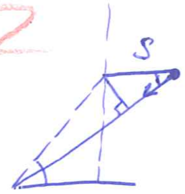
$\frac{k}{2}y^2+\frac{m v_y^2}{2}=const$

$\frac{k}{\cancel{2}}\cdot 2y\cdot v_y+\frac{m}{\cancel{2}}\cdot \cancel{2v_y}\cdot a_y=0$

$ma_y+ky=0$




$E_k=E_1+E_2+E_3$




$\mathcal{E}=Bvl$ $\delta A_u=dE_k+\delta Q$ $I=\frac{\mathcal{E}-Bvl}{R_0}$

$\cancel{\Delta\Phi=\Delta B}$ $\mathcal{E}dq=dE_k+I^2R_0$

$\mathcal{E}Idt=dE_k+I^2R_0$

$dE_k=$

$mR_0a=\underbrace{Bl\mathcal{E}-B^2l^2v}_{f(v)}$ $df=-(Bl)^2dv$ ; $dv=\frac{-df}{(Bl)^2}$

$\frac{mR_0\,dv}{dt}=f$

$-mR_0df=f(Bl)^2dt$