



78-39-46-66
(47.8)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант №1

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Ташкова Алексей Михайловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

14:05 работа дана Королёва А.В. *Кор*

Дата

«5» марта 2023 года

Подпись участника

Ташков

78-39-46-66
(47.8)

№ 1.2.1

Дано:

$L = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$

$k_1 = 3k$

$m_1 = m$

$k_2 = k$

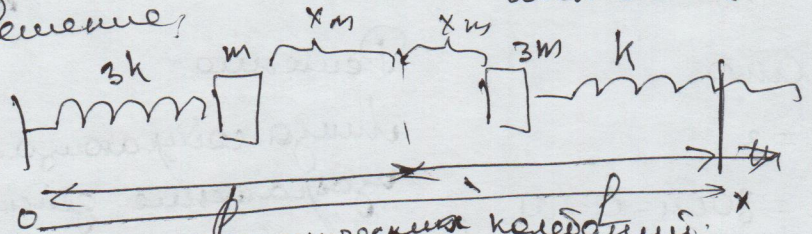
$m_2 = 3m$

$x_m = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$
(0,2 - 0,1 = 0,1 м)

Найти:

$A = ?$

Решение:



Уравнения гармонических колебаний:
 $x(t) = x_m \cos(\omega t)$

$x_1(t) = -x_m \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right) + L$ ✓

$x_2(t) = x_m \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right) + L$ ✓

Условие синхронизации: $x_1(t_{\text{с}}) = x_2(t_{\text{с}})$

$-x_m \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t_{\text{с}}\right) + L = x_m \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t_{\text{с}}\right) + L$

$2 \cos\left(\frac{t_{\text{с}}}{2} \left(\sqrt{\frac{3k}{m}} + \sqrt{\frac{k}{3m}}\right)\right) \cdot \cos\left(\frac{t_{\text{с}}}{2} \left(\sqrt{\frac{3k}{m}} - \sqrt{\frac{k}{3m}}\right)\right) = 0$ ✓

$\frac{t_{\text{с}}}{2} = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{3k}{m}} + \sqrt{\frac{k}{3m}}}$ ✓

$v_{1x}(t_{\text{с}}) = x_m \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \sin\left(\pi \frac{\sqrt{\frac{3k}{m}}}{\sqrt{\frac{3k}{m}} + \sqrt{\frac{k}{3m}}}\right) = x_m \sqrt{\frac{3k}{m}} \sin \frac{3\pi}{4} = x_m \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

$v_{2x}(t_{\text{с}}) = -x_m \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \sin\left(\pi \frac{\sqrt{\frac{k}{3m}}}{\sqrt{\frac{3k}{m}} + \sqrt{\frac{k}{3m}}}\right) = -x_m \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \sin \frac{\pi}{4} = -x_m \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

Синхронизация $\Rightarrow t \rightarrow 0$

Закон сохранения проекции импульса

$\begin{cases} x_1(t) = -x_m \cos \frac{3\pi}{4} + L = L + \frac{\sqrt{2}}{2} x_m \Rightarrow v_{1x} > 0 \\ x_2(t) = x_m \cos \frac{\pi}{4} + L = L + \frac{\sqrt{2}}{2} x_m \Rightarrow v_{2x} < 0 \end{cases}$

$m \cdot v_{1x} + 3m v_{2x} = 4m v_{3x}$ ✓

$m \cdot x_m \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + 3m \cdot x_m \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 4m v_{3x}$ ✓

~~$x_m \sqrt{3km} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 4m v_{3x}$~~ ✓

~~$v_{3x} = -x_m \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{4}$~~

~~$A = \frac{\sqrt{2}}{2} x_m$~~ $A = \frac{\sqrt{2}}{2} x_m$

$\omega = \sqrt{\frac{4k}{4m}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Ответ: $A = \frac{\sqrt{2}}{2} x_m \approx 7 \text{ см}$ ✓

$A \approx \frac{14 \cdot 0,1}{2} \approx 7 \text{ см}$

85 баллов

5	5	4	3	2	1	20	20	20	20

Итого баллов

Не забудь про знак

№4.5.1

Дано:

$\Gamma = 3$

$L = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$

Найти:

$D = ?$

Решение:

Линза собирающая,
изображение действительное

Читовик

$$\begin{cases} \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D & \text{- формула тонкой линзы} \\ d + f = L \\ \frac{f}{d} = \Gamma \Rightarrow f = \Gamma d \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \\ f = \Gamma d \\ d(1 + \Gamma) = L \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \\ f = \Gamma d \\ d = \frac{L}{1 + \Gamma} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \\ f = \frac{\Gamma L}{1 + \Gamma} \\ d = \frac{L}{1 + \Gamma} \end{cases}$$

$$D = \frac{1 + \Gamma}{L} + \frac{1 + \Gamma}{\Gamma L} = \frac{1 + \Gamma}{L} \left(1 + \frac{1}{\Gamma} \right) = \frac{1 + 0,8 \cdot 3}{0,8 \text{ м}} \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{2,4}{0,8 \cdot 3} = \frac{20}{3} \text{ дптр} = 6,67 \text{ дптр}$$

Ответ: $D = 6,67 \text{ дптр}$

№5.31

Дано:

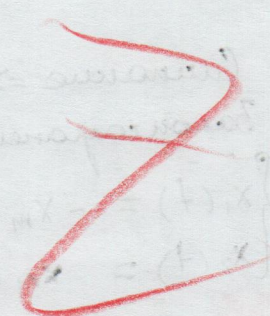
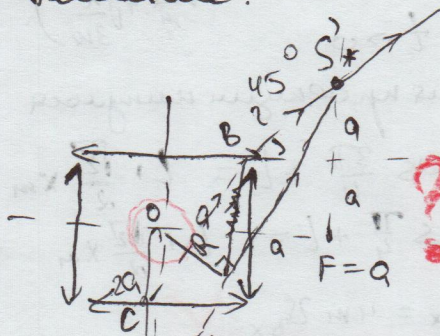
$2a = 4,5 \text{ см}$

$a = 2,25 \text{ см}$

Найти:

$R_{\min} = ?$

Решение:



Чтобы система излучала свет по всем направлениям, луч, выходящий из края каждой линзы, должен идти под углом 45° к оси линзы.

Построим BS' -вышедший луч, AS' -падающая ось линзы

CB - предельный луч
 R_{\min} - высота в прямоугольном треугольнике с катетами a и a

R_{\min} - высота в прямоугольном треугольнике с катетами a и $\frac{a}{2}$

78-39-46-66
(47.8)

$$R_{\min} = a \cdot \frac{a}{2} = \frac{a^2}{2} = \frac{15 \cdot 15}{2} = 112,5 \text{ см}$$

$$= h = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{5} a}{2} = \frac{\sqrt{5} \cdot 15}{2} = \frac{15 \cdot \sqrt{5}}{2} = \frac{15 \cdot 2,236}{2} \approx 167,7 \text{ см}$$

$$= \frac{a\sqrt{5}}{5} = \frac{2,25 \cdot \sqrt{5}}{5} = 0,45 \cdot \sqrt{5} \approx 0,45 \cdot 2,2 \approx 0,99 \approx 1 \text{ см}$$

Ответ: $R_{\min} = 1 \text{ см}$

№ 9.1

Дано:

$$S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$M = 100 \text{ кг}$$

$$m = 92 = 9 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$t_0 = 0^\circ \text{C}$$

$$t = 127^\circ \text{C}$$

$$(T_0 = 400 \text{ К})$$

$$p_{\text{н}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

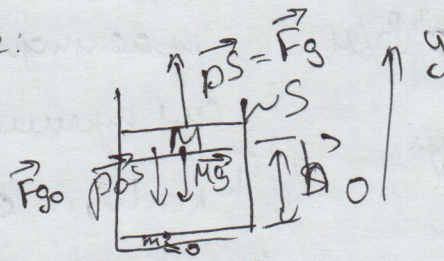
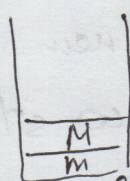
$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

$$h = ?$$

Решение:



Т.к. поршень в конце находится

$$1) \text{ ПЗК: } \vec{F}_g + \vec{F}_{g0} + M\vec{g} = 0$$

$$Oy: F_g - F_{g0} - Mg = 0$$

$$pS - p_0S - Mg = 0$$

$$p = \frac{p_0S + Mg}{S}$$

$$= \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 + 100 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{10^{-2} \text{ м}^2}$$

$$= \frac{2000}{10^{-2}} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па} < p_{\text{н}}$$

\Rightarrow поршень находится в воде газодинамическая

2) Уравнение Менделеева-Клапейрона \rightarrow у нас идеальный газ

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad V = h'S$$

$$p h'S = \frac{m}{\mu} RT$$

$$h' = \frac{mRT}{\mu p S} = \frac{9 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 400 \text{ К}}{18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2}$$

$$= 830 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,83 \text{ м} = 83 \text{ см}$$

Решение и ответ верные 20 Килобайт

Т.к. в начальный момент $t_0 = 0^\circ \text{C} \Rightarrow$ в воде или твердая, или жидкая, поршень лежит на ней, газа нет, пренебрегая толщиной льда или жидкой воды, $t_0 = 0$

$$h = h' = 83 \text{ см} \quad \text{Ответ: } h = 83 \text{ см}$$

№3.9.1

Читовик.

Дано:

$R = 1 \text{ м}$

$r = 0,25 \text{ м}$

$m = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

$q = 10^{-6} \text{ Кл}$

$E = 10^3 \text{ В/м}$

Найти:

v_{max}

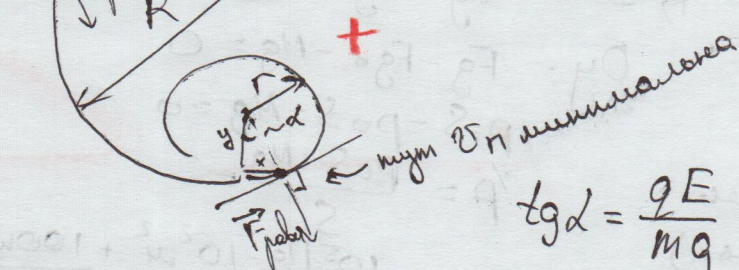
Решение:

Сила, действующая на заряд в однородном электрическом поле и сила тяжести — это потенциальные силы, их работа не зависит от траектории.

Суммарная энергия константа.

$W_k + W_{\text{п}} = \text{const.}$

при v_{max} $W_{k \text{ max}}$ — значит $W_{\text{п min}}$.



$\text{tg } \alpha = \frac{qE}{mg} = \frac{x}{y}$
 $= \frac{10^{-6} \text{ Кл} \cdot 10^3 \text{ В/м}}{10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,1$
 — малый угол.
 $\text{sin } \alpha = 0,1 \quad \text{cos } \alpha = 1$

$x = r \cdot \text{sin } \alpha = 0,025 \text{ м}$

$y = r \cdot \text{cos } \alpha = 0,25 \text{ м}$

$mg(R+y) + qE(R+x) = \frac{mv^2}{2}$

$v = \sqrt{\frac{2mg(R+y) + 2qE(R+x)}{m}}$

$= \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 (1 \text{ м} + 0,25 \text{ м}) + 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \cdot 10^3 \text{ В/м} (1 \text{ м} + 0,025 \text{ м})}{10^{-3} \text{ кг}}}$

$= \sqrt{\frac{15 \cdot 10^{-3} + 2,05 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}}} = \sqrt{17,05} \approx 4 \text{ м/с}$

Ответ: $v = 4 \text{ м/с}$

№ 4.8.1 Черновик

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

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

$$f+d = L$$

$$d(\Gamma+1) = L \quad d = \frac{L}{\Gamma+1}$$

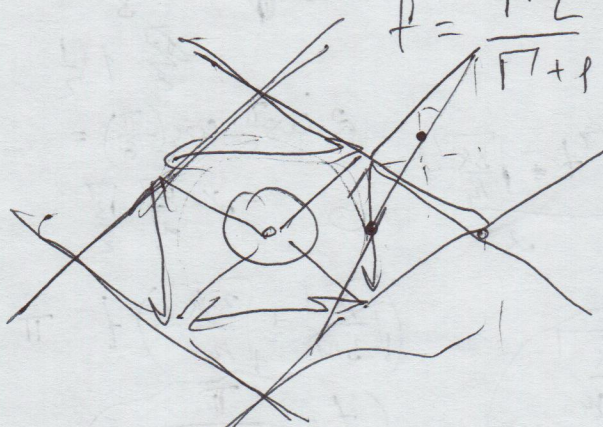
$$\frac{f}{d} = \Gamma$$

$$f = \Gamma d$$

$$f = L - d$$

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

$$\frac{3 \cdot 0,8}{4} = 0,6$$



273
+127
400

№ 2.9.1

Дано:

$$S = 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$M = 100 \text{ кг}$$

$$m = 0,009 \text{ кг}$$

$$T_0 = 273 \text{ К}$$

$$T_1 = 127^\circ\text{C} = 400 \text{ К}$$

$$p_H = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

$$R = 8,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$Mg + p_0 S = pS$$

$$p = \frac{Mg + p_0 S}{S}$$

$$= \frac{1000 + 1000}{10^{-4}} = 2 \cdot 10^7 \text{ Па} = 200 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$FL \cos \alpha$$



$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{3k}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{3m}{k}}$$

Периоды
 $x_2(t) = x_m \cos \omega t + L =$

$$= x_m \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right) + L$$

$$x_1(t) = -x_m \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right) + L$$

$$x_m \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right) + L = -x_m \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right) + L$$

$$\cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right) + \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right) = 0$$

$$\cos \frac{\pi}{3} + \cos \frac{\pi}{3} =$$

$$1 + \frac{1}{2}$$

$$2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$$

$$2 \cos \frac{\sqrt{\frac{k}{3m}} t + \sqrt{\frac{3k}{m}} t}{2}$$

$$\cos \frac{\sqrt{\frac{k}{3m}} t - \sqrt{\frac{3k}{m}} t}{2} = 0$$

$$2 \cos \frac{\pi}{6} \cos\left(-\frac{\pi}{6}\right) =$$

$$= 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{3kx^2}{2} = \frac{m\sigma_1^2}{2}$$

$$\sigma_1 = x \sqrt{\frac{3k}{m}}$$

$$\sigma_2 = x \sqrt{\frac{k}{3m}}$$

$$m\sigma_1 + 3m\sigma_2 = 4m\sigma_3$$

$$x\sqrt{3km} + x\sqrt{3km} = 4m\sigma_3$$

$$x\sqrt{3km} = 2m\sigma_3$$

$$\sigma_3 = \frac{x}{2} \sqrt{\frac{3k}{m}}$$

$$\frac{4kx^2}{2} = 4m\sigma_3^2$$

$$kx^2 = m \frac{x^2 \cdot 3k}{4m}$$

$$x_3 = \frac{\sqrt{3}}{2} x$$

$$\sigma_1 = -x_m \sqrt{\frac{3k}{m}} \sin\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right)$$

$$\sigma_2 = -x_m \sqrt{\frac{k}{3m}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right)$$

$$x = x_m \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$x_m \sqrt{3km} \sin\left(\frac{\sqrt{\frac{3k}{m}} t}{\sqrt{\frac{k}{3m}} + \sqrt{\frac{3k}{m}}}\right) + x_m \sqrt{3km} \sin\left(\frac{\sqrt{\frac{k}{3m}} t}{\sqrt{\frac{k}{3m}} + \sqrt{\frac{3k}{m}}}\right) = 4m\sigma_3$$

$$\sigma_3 = \frac{x_m \sqrt{3km}}{4m} \cdot 2 \cos \frac{\pi \left(\frac{3k}{m} + \frac{k}{3m}\right)}{2 \left(\sqrt{\frac{k}{3m}} + \sqrt{\frac{3k}{m}}\right)} \cdot \cos \frac{\pi \left(\frac{3k}{m} - \frac{k}{3m}\right)}{2 \left(\sqrt{\frac{k}{3m}} + \sqrt{\frac{3k}{m}}\right)}$$

$$\sigma_3 = \frac{x_m}{2} \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \cos \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 1$$

$$x_m = x_m \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\frac{1/\sqrt{3}}{1/\sqrt{3} + \sqrt{3}}$$

$$\frac{1}{1+\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\ddot{x} + \omega t = 0$$

$$\sqrt{3} - \sqrt{\frac{1}{3}}$$

$$\sqrt{\frac{1}{3} + \sqrt{3}}$$

$$\frac{3-1}{3+1}$$