0 116256 740000

11-62-56-74
(3.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Малковой Екатерины Сергеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«13» февраля 2026 года

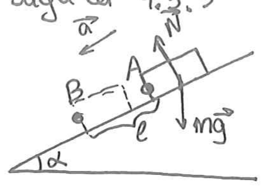
Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

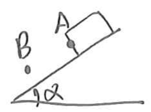
Задача 1.5.3



$ma = mg\sin\alpha \Rightarrow a = g\sin\alpha$

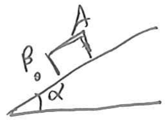
пусть в момент времени $t_0 = 0$ брусок начинает перекрывать первый фотоэлемент

1) Брусок начинает перекрывать первый фотоэлемент



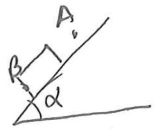
$t_0 = 0$
$x_0 = 0$

2) Брусок заканчивает перекрывать первый фотоэлемент



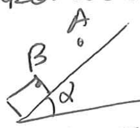
$t_1 = t_0 + \tau_1 = \tau_1$; $x_1 = b$

3) Брусок начинает перекрывать 2 фотоэлемент



$t_2 = t_0 + \tau = \tau$
$x_2 = l$

4) Брусок заканчивает перекрывать 2 фотоэлемент



$t_3 = t_2 + \tau_2 = \tau + \tau_2$
$x_3 = l + b$

пусть скорость в ~~состоянии~~ положении 1 равна V_0, тогда зависимость скорости бруска от времени:
$V(t) = V_0 + at = V_0 + g\sin\alpha t$

$$b = V_0\tau_1 + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_1^2}{2} \Rightarrow V_0 = \frac{b}{\tau_1} - \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_1}{2}$$

$$l = V_0\tau + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau^2}{2} = \frac{b\tau}{\tau_1} - \frac{g\sin\alpha\,\tau_1\cdot\tau}{2} + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau^2}{2}$$

$$b + l = V_0(\tau+\tau_2) + \frac{g\sin\alpha(\tau+\tau_2)^2}{2}$$

$$b + \frac{b\tau}{\tau_1} - \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_1\cdot\tau}{2} + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau^2}{2} = \frac{b(\tau+\tau_2)}{\tau_1} - \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_1\cdot(\tau+\tau_2)}{2} + \frac{g\sin\alpha(\tau+\tau_2)^2}{2}$$

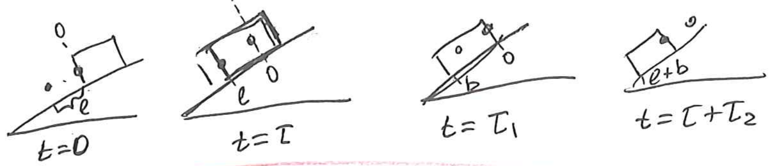
$$b\left(1 + \frac{\tau}{\tau_1} - \frac{\tau+\tau_2}{\tau_1}\right) = \frac{g\sin\alpha}{2}\left((\tau+\tau_2)^2 - \tau_1\cdot(\tau+\tau_2) + \tau_1\tau - \tau^2\right)$$

$$\frac{b(\tau_1-\tau_2)}{\tau_1} = \frac{g\sin\alpha}{2}\left(\tau^2 + 2\tau\tau_2 + \tau_2^2 - \tau_1\tau - \tau_1\tau_2 + \tau_1\tau - \tau^2\right)$$

$$\frac{b(\tau_1-\tau_2)}{\tau_1} = \frac{g\sin\alpha}{2}\left(2\tau\tau_2 + \tau_2^2 - \tau_1\tau_2\right)$$

$$b = \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_1(2\tau\tau_2 + \tau_2^2 - \tau_1\tau_2)}{(\tau_1-\tau_2)}$$

$1{,}02 + 1 - 2$



$t=0$ $\quad t=\tau$ $\quad t=\tau_1$ $\quad t=\tau+\tau_2$

$l = 0{,}51V_0 + \frac{5\cdot 0{,}51^2}{2}$

$b = 2V_0 + \frac{5\cdot 4}{2} = 2V_0 + 10$

$b + l = 1{,}51V_0$

11-62-56-74 (3.3)

(восемьдесят пять)

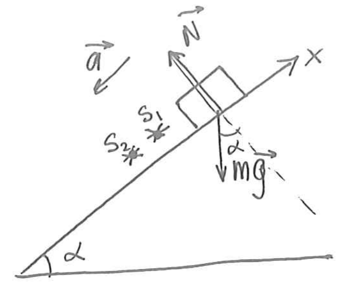
1	2	3	4	5	Σ
10	10	20+5	20+5		85

Мартынов, Оршанский, Зайкова, Новиков И.А., Тюменцев

Чистовик

№1

Дано:
$\alpha = 30°$
$\tau = 0{,}51$ с
$\tau_1 = 2$ с
$\tau_2 = 1$ с
$g = 10$ м/с
Найти: b - ?



Решение:

По 2 закону Ньютона в проекции на ось x:
$ma = mg\sin\alpha$
$a = g\sin\alpha$

Пусть V_0 - скорость бруска в момент начала перекрывания первого фотоэлемента, тогда в момент начала перекрывания второго фотоэлемента скорость бруска: $V_2 = V_0 + a\tau = V_0 + g\sin\alpha\cdot\tau$

~~Движение бруска можно~~ ~~зависимость пути, пройденного бруском от времени.~~

Примем момент начала пересечения бруском первого фотоэлемента за начальный момент времени, тогда зависимость пути, пройденного бруском от времени будет иметь вид:
$S(t) = V_0 t + \frac{at^2}{2} = V_0 t + \frac{g\sin\alpha t^2}{2}$

За время пересечения первого фотоэлемента брусок прошёл расстояние, равное его длине; тогда:
$$b = V_0\tau_1 + \frac{g\sin\alpha\tau_1^2}{2} \Rightarrow V_0 = \frac{b}{\tau_1} - \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_1}{2}$$

За время пересечения второго фотоэлемента брусок также прошёл расстояние равное его длине;
$$b = V_2\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_2^2}{2} = (V_0 + g\sin\alpha\tau)\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_2^2}{2} = \frac{b\tau_2}{\tau_1} - \frac{g\sin\alpha\tau_1\tau_2}{2} + g\sin\alpha\tau\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_2^2}{2}$$

$$b\left(1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}\right) = \frac{g\sin\alpha}{2}\left(-\tau_1\tau_2 + 2\tau\tau_2 + \tau_2^2\right)$$

$$b = \frac{g\sin\alpha\cdot\tau_1}{2(\tau_1-\tau_2)}\cdot\left(\tau_2^2 - \tau_1\tau_2 + 2\tau\tau_2\right) = \frac{10\cdot 0{,}5\cdot 2}{2\cdot(2-1)}\left(1^2 - 1\cdot 2 + 2\cdot 0{,}51\cdot 1\right) = 0{,}1 \text{ м}$$

Ответ: 0,1 м

№2

Дано:
$V = 30$ м³
$T = 273$ К
$\Delta m = 1$ кг
$\lambda_к = 3{,}3\cdot 10^5$ Дж/кг
$r_п = 2{,}3\cdot 10^6$ Дж/кг
$\mu = 18\cdot 10^{-3}$ кг/моль
$R = 8{,}3$ Дж/(моль·К)
Найти: $P_{нас}$ - ?

Решение:

Пусть Δm_2 - масса испарившейся воды.
Тогда $Q_п = \Delta m_2\cdot r_п$, количество теплоты, полученное водой от окружающей среды
$Q_к = \Delta m\cdot\lambda_к$ - количество теплоты, отданное водой окружающей среде при её кристаллизации
~~количество теплоты, отданное водой равно количеству теплоты, полученному~~

$$Q_п = Q_к \Rightarrow \Delta m_2 r_п = \Delta m\cdot\lambda_к \Rightarrow \Delta m_2 = \frac{\Delta m\lambda_к}{r_п}$$

По закону Клапейрона - Менделеева:
$$P_{нас}V = \frac{\Delta m_2}{\mu}RT \Rightarrow P_{нас} = \frac{\Delta m_2 RT}{\mu V} = \frac{\Delta m\cdot\lambda_к\cdot RT}{r_п\cdot\mu V} \approx 602 \text{ Па}$$

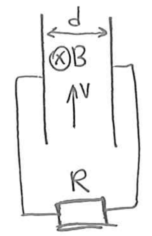
Ответ: 602 Па

№3 Чистовик

Дано:
$R = 0{,}4$ Ом
$d = 40$ см $= 0{,}4$ м
$B = 1$ Тл
$P_m = 1$ мВт $= 10^{-3}$ Вт

$v - ?$

Решение:
На частицы проводящей жидкости, движущиеся в магнитном поле действует сила Лоренца: $F_л = qvB$



Напряжение между пластинами конденсатора:

$$U = Ed = \frac{F}{q} d = \frac{qvB}{q} \cdot d = vBd$$

сила тока в цепи: $I = \frac{U}{r+R}$, где r - внутреннее сопротивление

~~Pr~~ Мощность выделяющаяся на резисторе:

$$P(R) = I^2 \cdot R = \frac{U^2 R}{(r+R)^2}$$

$$P'(R) = U^2\left(\frac{(r+R)^2 - 2R(r+R)}{(r+R)^4}\right) = \frac{U^2(r+R)(r-R)}{(r+R)^4}$$

Максимальная мощность достигается при $r = R$, тогда $U^2 = \frac{P_m (r+R)^2}{R} = \frac{P_m \cdot (2R)^2}{R} = 4 P_m R$

$$U = 2\sqrt{P_m \cdot R} = vBd \Rightarrow v = \frac{2\sqrt{P_m R}}{Bd} = \frac{2 \cdot \sqrt{10^{-3} \cdot 0{,}4}}{1 \cdot 0{,}4} = 0{,}1 \text{ м/с}$$

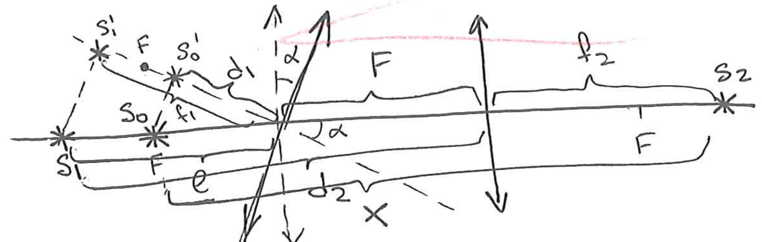
Ответ: 0,1 м/с

№4

Дано:
$F = 9{,}5$ см
$X = 23{,}5$ см

$\alpha - ?$

Решение:



~~Если линза повернётся~~
При повороте линзы на угол α, её оптическая ось также поворачивается на угол α
Рассмотрим изображение источника в 1 линзе:
Так как источник находится на прямой, проходящей через оптический центр линзы, то его изображение также будет лежать на этой прямой.

$d_1 = F\cos\alpha$ - проекция расстояния от источника оптического центра до первой линзы на её оптическую ось

По формуле тонкой линзы:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1}$, так как $d_1 < F$ изображение источника в первой линзе будет мнимым (да)

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{F} = \frac{1}{F\cos\alpha} - \frac{1}{F} = \frac{1-\cos\alpha}{F\cos\alpha} \Rightarrow f_1 = \frac{F\cos\alpha}{1-\cos\alpha}$$ (да)

f_1 - проекция расстояния от изображения источника до опт. центра первой линзы

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик

Задача 3.3.3

$F_л = qvB$

$U = E \cdot d = \frac{Fd}{q} = vBd$

$I = \frac{U}{R+r}$

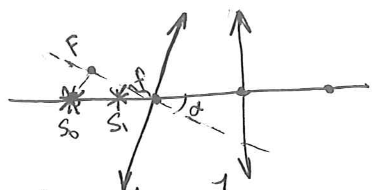
$P(R) = I^2 \cdot R = \frac{U^2 R}{(R+r)^2}$

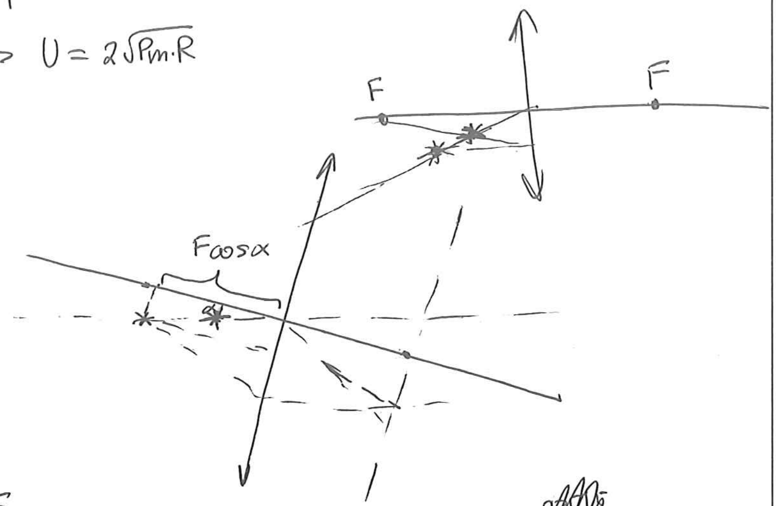
$P'(R) = U^2\left(\frac{(R+r)^2 - 2R(R+r)}{(R+r)^4}\right) = \frac{U^2(R+r)(R+r-2R)}{(R+r)^4} = \frac{U^2(R+r)(r-R)}{(R+r)^4}$

Мощность максимальна при $r=R$

$U^2 = \frac{P_m \cdot (2R)^2}{R} = 4P_m R \Rightarrow U = 2\sqrt{P_m \cdot R}$

Задача 4.10.3





$\frac{1}{F} = \frac{1}{F\cos\alpha} - \frac{1}{f}$

$\frac{1}{f} = \frac{-\cos\alpha + 1}{F\cos\alpha}$

$f = \frac{F\cos\alpha}{1-\cos\alpha} \Rightarrow x_1 = \frac{f}{\cos\alpha} = \frac{F}{1-\cos\alpha}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{F\cos\alpha} - \frac{1}{F} = \frac{1-\cos\alpha}{F\cos\alpha} \Rightarrow f = \frac{F\cos\alpha}{1-\cos\alpha}$

$x_1 = \frac{f}{\cos\alpha} = \frac{F}{1-\cos\alpha}$

$d_2 = F + x_1 = F\left(1 + \frac{1}{1-\cos\alpha}\right) = F\frac{(2-\cos\alpha)}{(1-\cos\alpha)}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{(1-\cos\alpha)}{F(2-\cos\alpha)} = \frac{1}{F(2-\cos\alpha)} \Rightarrow f_2 = F(2-\cos\alpha)$

$X = 2F + f_2 = F(2+2-\cos\alpha) = F(4-\cos\alpha)$

$4 - \cos\alpha = \frac{X}{F}$

$\cos\alpha = 4 - \frac{X}{F} = 4 - \frac{23{,}5}{7{,}5} = \frac{30-23{,}5}{7{,}5} = \frac{6{,}5}{7{,}5} = \frac{13}{15}$

$\alpha = \arccos\left(\frac{13}{15}\right)$

91 × 83 = 273 + 728 = 7553; 7553 × 11 = 83083
23 × 6 = 138; 138 × 6 = 828; 276

83083 : 138 = 602,0
828
283
276
700

$\frac{30 \cdot 18 \cdot 2{,}3 \cdot 10^3}{8{,}3 \cdot 273}$

$\frac{\cancel{33} \cdot 83 \cdot \cancel{273}}{23 \cdot \cancel{18} \cdot \cancel{3}}$

Задача 2.3.3

$\Delta m \lambda_к = \Delta m_2 r_п + \Delta Q$

было: $p_0 V = \frac{m}{\mu} RT$

стало: $p_{нас} V = \frac{(m + \Delta m_2)}{\mu} RT$

$\Delta p V = \frac{\Delta m_2}{\mu} RT$

$(p_{нас} + p_0) V = \frac{\Delta m_2}{\mu} RT \Rightarrow \Delta m_2 = \frac{(p_{нас} - p_0) V \mu}{RT}$

$Q = A + \Delta U$; $V = const \Rightarrow A = 0$

$Q = \Delta U = \frac{3}{2} \Delta \nu RT = \frac{3}{2}(p_{нас} + p_0) V$

$\Delta m \lambda_к = \frac{(p_{нас} - p_0) V \mu}{RT} \cdot r_п + \frac{3}{2}(p_{нас} - p_0) V$

$(p_{нас} - p_0) \cdot \left(\frac{V \mu r_п}{RT} + \frac{3}{2} V\right) = \Delta m \lambda_к$

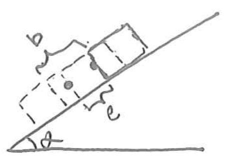
$p_{нас} = \frac{\Delta m \lambda_к}{\left(\frac{V \mu r_п}{RT} + \frac{3}{2} V\right)} + p_0 = \frac{1 \cdot 3{,}3 \cdot 10^5}{\left(\frac{30 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}3 \cdot 10^6}{8{,}3 \cdot 273} + \frac{3}{2} \cdot 30\right)} + 10^5$

$\frac{1 \cdot 3{,}3 \cdot 10^5 \cdot 8{,}3 \cdot 273}{2{,}3 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 30} =$

Черновик Задача 1.5.3

$\ell = v_0\tau + \frac{g\sin\alpha \cdot \tau^2}{2}$

$b = v_0\tau_1 + \frac{g\sin\alpha \cdot \tau_1^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{b}{\tau_1} - \frac{g\sin\alpha \tau_1}{2}$



$v_2 = v_0 + g\sin\alpha \cdot \tau$

$b = v_2 t_2 + \frac{g\sin\alpha \cdot \tau_2^2}{2} = v_0\tau_2 + g\sin\alpha\tau \cdot \tau_2 + \frac{g\sin\alpha \tau_2^2}{2} = \frac{b\tau_2}{\tau_1} - \frac{g\sin\alpha\tau_1\tau_2}{2} + g\sin\alpha\tau\cdot\tau_2 + \frac{g\sin\alpha\tau_2^2}{2}$

$b\left(1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}\right) = \frac{g\sin\alpha}{2}\left(-\tau_1\tau_2 + 2\tau\tau_2 + \tau_2^2\right)$

$b = \frac{g\sin\alpha \cdot \tau_1}{2(\tau_1 - \tau_2)}\left(t_2^2 - \tau_1\tau_2 + 2\tau\tau_2\right) = \frac{10 \cdot 0{,}5 \cdot 2}{2\cdot(2-1)} \cdot \left(1 - 2\cdot 1 + 2\cdot 1 \cdot 0{,}51\right) = 5 \cdot 0{,}02 = 0{,}1$ м

5 $\quad$ 2,02 − 2

Задача 3.3.3

$U = Ed = \frac{Fd}{q} = vBd$

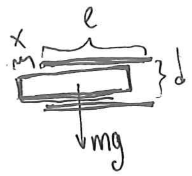
$vBd = 2\sqrt{P_m \cdot R}$

$v = \frac{2\sqrt{P_m \cdot R}}{Bd} = \frac{2\cdot\sqrt{10^{-3}\cdot 0{,}4}}{1\cdot 0{,}4} = \frac{2\cdot 2\cdot 10^{-2}}{0{,}4} = 0{,}1$ м/с

Задача 5.2.3

$q = const = C \cdot U_0$

$C = \frac{\varepsilon_0 \ell^2}{d}$



11-62-56-74 (3-3)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

$\ell = \frac{f_1}{\cos\alpha} = \frac{F}{1-\cos\alpha}$

Рассмотрим изображение во второй линзе:

$d_2 = F + \ell = F\left(1 + \frac{1}{1-\cos\alpha}\right) = \frac{F(2-\cos\alpha)}{(1-\cos\alpha)}$

По формуле тонкой линзы:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F} - \frac{(1-\cos\alpha)}{F(2-\cos\alpha)} = \frac{1}{F(2-\cos\alpha)} \Rightarrow$

$\Rightarrow f_2 = F(2-\cos\alpha)$

$x = 2F + f_2 = F(2 + 2 - \cos\alpha) = F(4 - \cos\alpha)$

$4 - \cos\alpha = \frac{x}{F}$

$\cos\alpha = 4 - \frac{x}{F} \Rightarrow \alpha = \arccos\left(4 - \frac{x}{F}\right) = \arccos\left(4 - \frac{23{,}5}{7{,}5}\right) =$

$= \arccos\left(\frac{30 - 23{,}5}{7{,}5}\right) = \arccos\left(\frac{13}{15}\right)$

Ответ: $\arccos\left(\frac{13}{15}\right)$ + Все верно!

№ 5

Дано:

$U_0 = 100$ В

$m = 10$ г

$d = 1$ мм

$x = 0{,}1$ мм

$T = 4{,}35$ с

$\varepsilon = 4$

$\varepsilon_0 = 9\cdot 10^{-12}$ Ф/м

ℓ − ?

Решение:

конденсатор отключён от источника $\Rightarrow q = const$

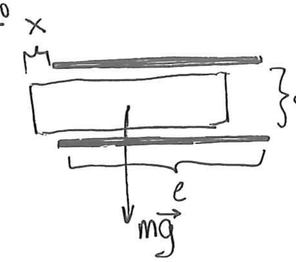
$q = U_0 \cdot C_0$; $C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \frac{\varepsilon_0 \ell^2}{d} \Rightarrow q = U_0 \cdot \frac{\varepsilon_0 \ell^2}{d}$

ёмкость конденсатора после внесения пластины:

$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 \ell^2}{d} \Rightarrow U = \frac{q}{C} = \frac{qd}{\varepsilon\varepsilon_0\ell^2} = \frac{U_0}{\varepsilon}$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$

$x' + \omega^2 \cdot x = 0$



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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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