



0 267441 320009

26-74-41-32  
(66.1)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Всего 15<sup>49</sup> - 1552  
*AM*

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по Физике

Тютвинова Василия Алексеевича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» Февраля 2020 года

Подпись участника

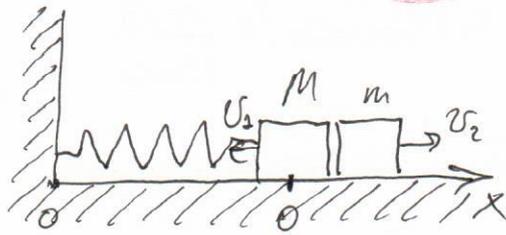
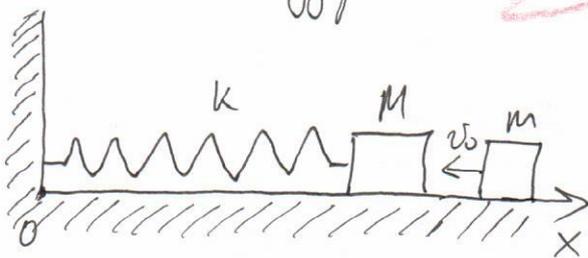
*[Handwritten Signature]*

Чистовик.

M

До удара:

После:



За время соударения пружина не успеет деформироваться  $\Rightarrow$  можно считать систему замкнутой, тогда можно записать ЗСИ и ЗСЭ

$$\begin{cases} m v_0 = M v_1 - m v_2 & (1) \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} & (2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m(v_0 + v_2) = M v_1 \\ m(v_0^2 - v_2^2) = M v_1^2 \end{cases} \quad | : \uparrow$$

$v_0 - v_2 = v_1$  (3) (3)  $\rightarrow$  (4):  $m v_0 = M v_0 - M v_2 - m v_2$

(4)  $v_2 = \frac{M-m}{M+m} v_0$  - скорость m после удара

(5)  $v_1 = \frac{2m}{M+m} v_0$  - скорость M после удара.

По 2-ому 3-ему закону Ньютона для M:

$-M \ddot{x} = kx$ ;  $\ddot{x} + \frac{k}{m} x = 0$   $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ;  $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

$x(0) = 0 = A \cos \varphi_0$

$v(t) = -A \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$

$v(0) = -v_1 = -A \omega_0 \sin \varphi_0 \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$

$x(t) = -A \sin(\omega_0 t)$  (6)

$v(t) = -A \omega_0 \cos(\omega_0 t)$  (7)

По условию, через  $\frac{2}{3}T = \frac{2}{3} \cdot \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{4\pi}{3\omega_0}$  тело M достигло m  $\Rightarrow$

$x\left(\frac{4\pi}{3\omega_0}\right) = -A \sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) = A \sin \frac{\pi}{3} = \frac{A\sqrt{3}}{2}$ , из (7) при  $t=0$ :

$A \omega_0 = v_1 \Rightarrow A = \frac{v_1}{\omega_0} \Rightarrow x\left(\frac{4\pi}{3\omega_0}\right) = \frac{v_1 \sqrt{3}}{2\omega_0}$  (8)

Исходник

 $N_1$  (продолжение)

$$\left\{ \begin{aligned} X_1 (\text{внутри}) &= \frac{v_1 \sqrt{3}}{2 \omega_0} \\ X_2 (\text{внутри}) &= v_2 \cdot \frac{4\sqrt{3}}{3 \omega_0} \end{aligned} \right. \Rightarrow X_1 = X_2 \Rightarrow$$

$$\frac{v_1 \sqrt{3}}{2} = \frac{4v_2 \sqrt{3}}{3} \quad (g)$$

$$(4), (5) \rightarrow (g): \frac{m v_0}{M+m} \cdot \sqrt{3} = \frac{4\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{M-m}{M+m} v_0 \Rightarrow$$

$$\frac{3\sqrt{3}}{4\sqrt{3}} = \frac{M}{m} - 1 \Rightarrow n = \frac{M}{m} = \frac{3\sqrt{3}}{4\sqrt{3}} + 1 \approx \frac{3 \cdot 1,7}{4 \cdot 3,1} + 1 \approx$$

$$\approx \frac{5,1}{12,2} \approx 1,4 \quad (+)$$

Ответ:  $n = 1,4$ .Вопрос  $N_1$ .

Потенциальная энергия - энергия тела в поле консервативной силы, равная работе по переносу данного тела из данной точки пространства в точку, где мы считаем потенциальную энергию равной нулю.

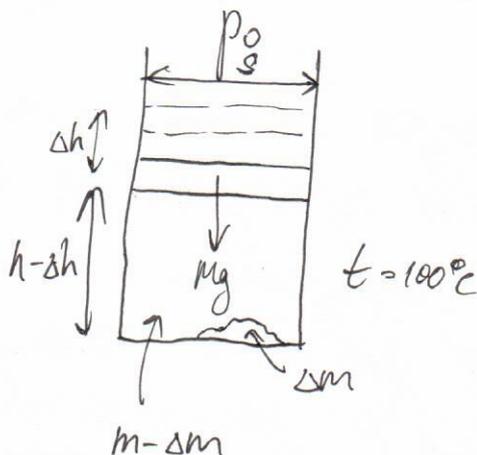
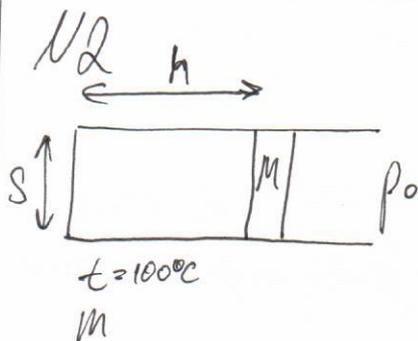
Потенциальная энергия близи пов-ти Земли  $E_{пот} = mgh$ , где  $h$  - высота между точками, где  $E_{пот} = 0$  и нашей точкой. В поле Земли обычно  $E_{пот} = 0$  у пов-ти.

Потенциальная энергия деформированной пружины  $E_{деф} = \frac{kx^2}{2}$ , где  $x$  - статическая пружины.

или расчётные

9

26-74-41-32  
(66.1)



Условием

Пусть в начале под поршнем  $p_1 = p_{н.п} + p_{возд}$   
 Поршень ~~не~~ же подвигнем  $\Rightarrow p_1 S = p_0 S \Rightarrow p_1 = p_0$ ,  
 но давление насыщенного пара при  $100^\circ\text{C}$   $p_0 \Rightarrow$   
 под поршнем находится только вода в газообразном  
 состоянии.

$$T_0 = 273 + t = 373 \text{ K}$$

По ур-нию Менделеева-Клапейрона:  $p_0 h S = \frac{m}{\mu} R T_0$  (1)

После переворачивания цилиндра под поршнем  
 будет давление (2)  $p_2 = p_0 + \frac{mg}{S}$  и (3)  $p_2 (h - \Delta h) S = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T_0$

Объединим (1)(2);(3):  $(p_0 + \frac{mg}{S}) (h - \Delta h) S = p_0 h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T_0 \Rightarrow$

$$p_0 h S + mgh - p_0 \Delta h S - mg \Delta h = p_0 h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T_0 \Rightarrow$$

$$Mg(h - \Delta h) = p_0 \Delta h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T_0 \Rightarrow$$

$$+ M = \frac{p_0 \Delta h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T_0}{g(h - \Delta h)} = \frac{10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2 \cdot 10^{-4} - \frac{8,3 \cdot 373}{180}}{10 \cdot 0,3} =$$

$$= \frac{50 - 2,07 \cdot 8,3}{3} \approx 11 \text{ кг.}$$

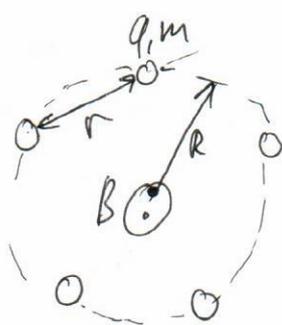
Ответ: 11 кг.

Числовик  
№2 вопрос.

Температура кипения - температура, при которой тело переходит из жидкого агрегатного состояния в газообразное. ← неверно (-)

С ростом и давлением температура кипения увеличивается. При уменьшении давления - уменьшается. Примерный график:  $p \uparrow$   $T_{кип} \uparrow$  (5)

№3.



Чтобы  $N$  было минимально и кольцо в фильме было неподвижно, нужно, чтобы за  $t_0 = \frac{1}{N}$  с  $i$  булавка занимала место  $i+1$ , т.е. поворачивалась на угол  $\alpha_0 = \frac{2\pi}{N} \Rightarrow$  булавки

будут двигаться с  $\omega_0 = \frac{2\pi}{t_0} = \frac{2\pi N}{1}$  (1)

Поле исчезает мгновенно

Магнитное поле исчезает, за малое  $dt$  появляется вихревое электрическое поле, напряжённость которого можно найти из уравнений Максвелла:

$$\left[ -\frac{d\Phi_B}{dt} = \oint (\vec{E} \cdot d\vec{l}) \right]$$

нас интересует напряжённость, возникшая вдоль кольца  $\Rightarrow$   $E$ -напряжённость  $\Rightarrow$

$\frac{B_0 \cdot 2\pi R}{dt} = E \cdot 2\pi R \Rightarrow E = \frac{B_0 R}{2dt}$ , где  $R$ -радиус кольца  $\Rightarrow$  (не учитывать поле, создаваемое другими булавками, т.к. они не создают  $E$  вдоль насательной)

По 2-ому закону Ньютона в импульсном виде:

$$\frac{mdv}{dt} = qE = \frac{qB_0 R}{2dt} \Rightarrow \Delta v = \frac{qB_0 R}{2m} \Rightarrow v \Rightarrow W_0 = \frac{qB_0}{2m} \quad (2)$$

$$(1) = (2): \frac{2\pi N}{1} = \frac{qB_0}{2m} \Rightarrow N = \frac{4\pi m}{qB_0} \quad ?$$

26-74-41-32  
(66.1)

N3 (продолжение)

$$N = \frac{4\pi \mu n^2}{9B_0} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 10^{-8} \cdot 314 \cdot 8}{10^{-7} \cdot 100} = 32 \cdot 3,14 \cdot 10^{(1-6+7-2)} \approx 99,4,$$

так  $N \in \mathbb{Z} \Rightarrow N = 100$

Ответ: 100.

N3 вопрос

Индуктивность - ~~коэфф~~ способность тела создавать собственный магнитный поток при протекании по нему эл. тока - равна отношению собственного магнитного потока к величине тока, который его вызвал.

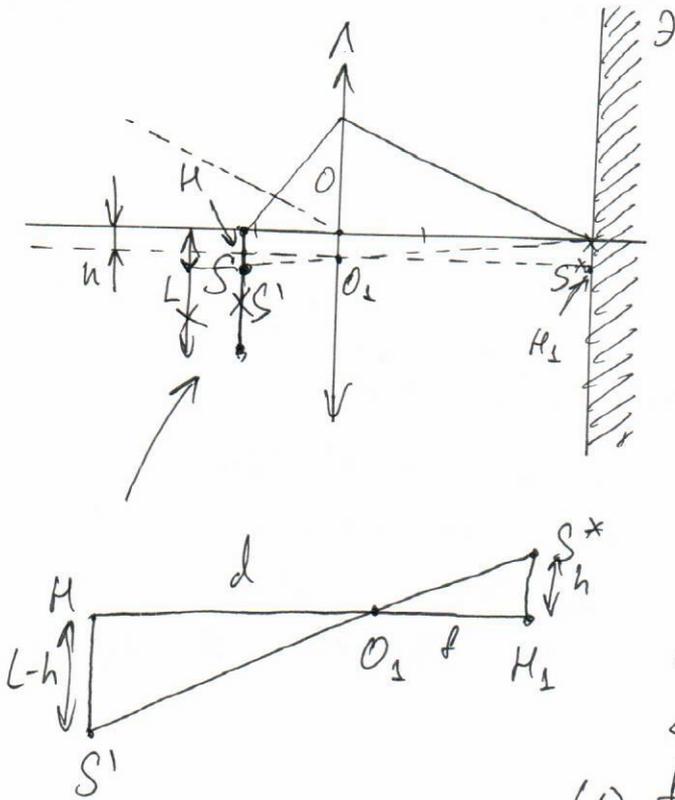
$[L] = 1 \text{ Гн}$   $L = \frac{\Phi_{\text{собств}}}{I}$  *это не сила индукции - 6*

ЭДС самоиндукции - сила, во действующая на заряды в проводнике, при изменении его собственного магнитного ~~поле~~ потока;  $\mathcal{E}_{\text{си}}$  равна скорости изменения собственного магнитного потока, взятая с обратным знаком:

$$\mathcal{E}_{\text{си}} = -\frac{d\Phi_{\text{собств}}}{dt} = -\frac{d(LI)}{dt} = -L\frac{dI}{dt} - I\frac{dL}{dt}$$

$$\Phi_{\text{собств}} = LI$$

№4.



Изображение предмета на экране  $\Rightarrow$  предмет находится в т.  $S^*$

Для того, чтобы изображение предмета оказалось в той же точке линзу нужно сместить на h вниз  $\perp$  Главной оптической оси  $\Rightarrow$

из подобия  $\triangle S'NO_1$  и  $\triangle O_1H_1S^*$  по построению:

$$(1) \frac{f}{d} = \frac{h}{L-h}$$

Для начального случая, по ф-ле тонкой линзы:

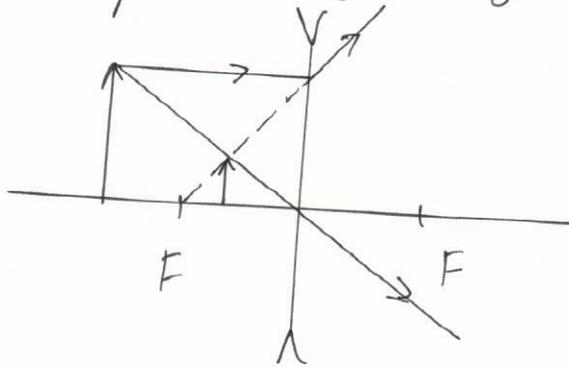
$$(2) \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \text{ т.к. изображение действительное, а линза собирающая}$$

$$\text{из (2) } F = \frac{f \cdot d}{f+d} \quad (3) \quad \frac{f}{d} = \frac{h}{L-h} \Rightarrow \frac{1+\frac{f}{d}}{\frac{f}{d}} = \frac{1+\frac{h}{L-h}}{\frac{h}{L-h}} = h$$

$$(3) \frac{d}{1+\frac{d}{f}} = \frac{d}{1+\frac{L}{h}-1} = \frac{h \cdot d}{L} = 8 \text{ см}$$

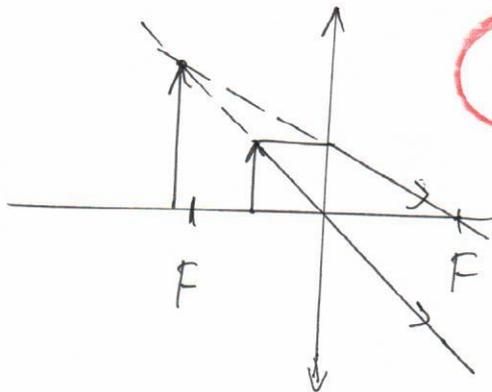
Ответ: 8 см.

№4 Вопрос  
рассеивающая линза



Изображение мнимое,  
прямое, уменьшенное

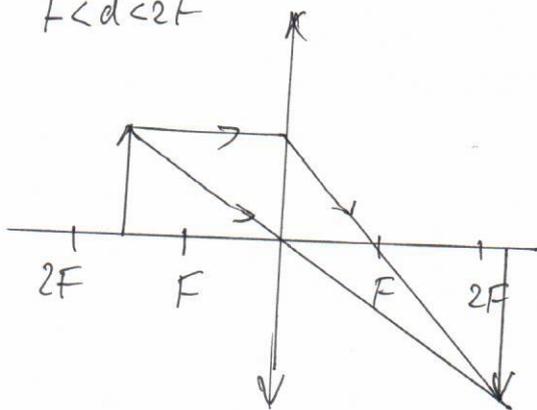
собирающая линза  
 $d < F$



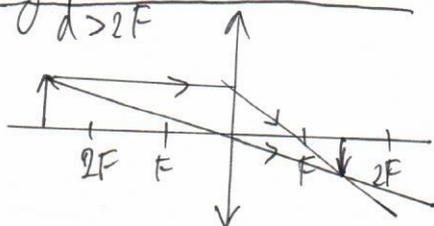
10

мнимое, прямое, увеличенное

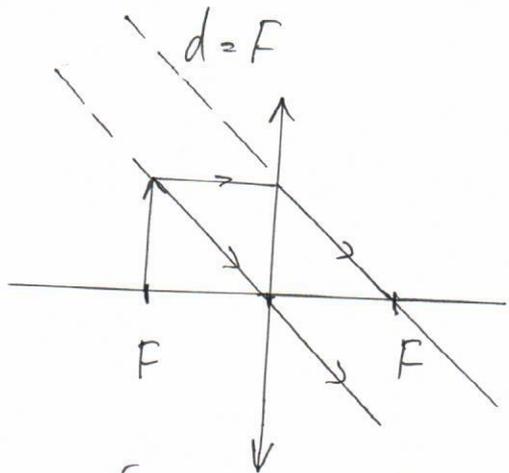
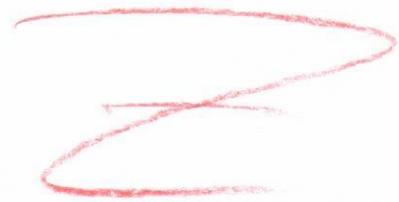
$F < d < 2F$



действительное  
перевернутое  
увеличенное  
 $d > 2F$

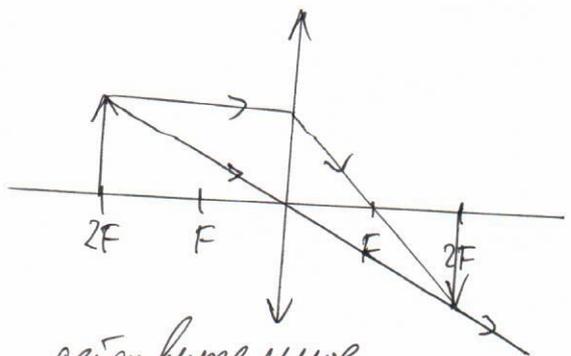


действительное  
перевернутое  
уменьшенное.



изображение на бесконечности

$d = 2F$



действительное,  
перевернутое,  
в натуральную величину.