ГАЗПРОМ ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

$(ab)c=a(bc)$ $E=mc^2$

Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!

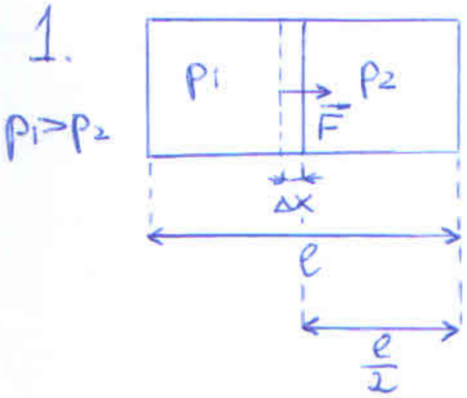
ШИФР 4 5 3 2 1

Класс 11 **Вариант** 2 **Дата Олимпиады** 03.02.2019

Площадка написания МГТУ имени Баумана

Задача	1	2	3	4	5	6	Σ Цифрой	Σ Прописью	Подпись
Оценка	3	5	5	3	2	5	23	Двадцать три	

1.



$T=const$; S – площадь сосуда

Рассмотрим малое смещение поршня влево на величину Δx

Запишем уравнения Менделеева – Клапейрона для эфира слева и справа, когда поршень смещен влево на малое расстояние Δx

Для эфира слева:

$$p_1\left(\frac{l}{2}S - \Delta x S\right) = \nu RT$$

Отсюда $p_1 = \dfrac{\nu RT}{S(\frac{l}{2}-\Delta x)}$ (1)

Для эфира справа

$$p_2\left(\frac{l}{2}S + \Delta x S\right) = \nu RT$$

Отсюда $p_2 = \dfrac{\nu RT}{S(\frac{l}{2}+\Delta x)}$ (2)

В смещенном положении на поршень действует сила F, стремящаяся вернуть его в положение равновесия

$F = (p_1 - p_2)S$ (3) $p_1 \leq p_н$

Подставляем выражения (1) и (2) в формулу (3)

$$F = \left(\frac{\nu RT}{S(\frac{l}{2}-\Delta x)} - \frac{\nu RT}{S(\frac{l}{2}+\Delta x)}\right)\cdot S$$

$$F = \frac{\nu RT}{\frac{l}{2}-\Delta x} - \frac{\nu RT}{\frac{l}{2}+\Delta x}$$

$$F = \frac{\nu RT(\frac{l}{2}+\Delta x) - \nu RT(\frac{l}{2}-\Delta x)}{(\frac{l}{2}-\Delta x)(\frac{l}{2}+\Delta x)} = \frac{\cancel{\nu RT\frac{l}{2}} + \nu RT\cdot\Delta x - \cancel{\nu RT\frac{l}{2}} + \nu RT\Delta x}{\frac{l^2}{4} + \frac{l}{2}\cancel{\Delta x} - \frac{l}{2}\cancel{\Delta x} - \Delta x^2}$$

Пренебрегая очень малой величиной Δx^2, получим

$F = \dfrac{8\nu RT}{l^2}\cdot\Delta x$ (4)

Как видно из выражения (4), сила, возвращающая поршень в положение равновесия пропорциональна смещению поршня

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ГАЗПРОМ
$(ab)c = a(bc)$ $E = mc^2$

Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!

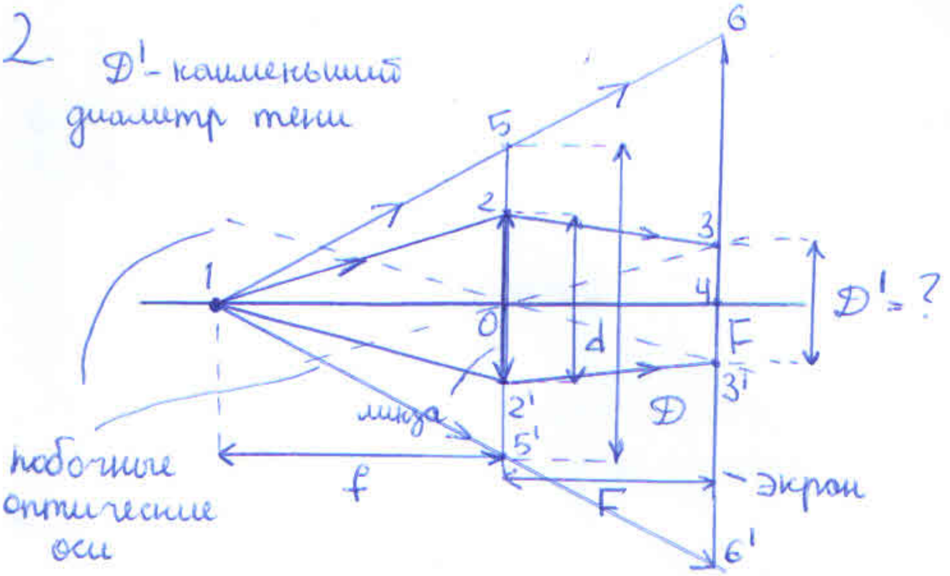
ШИФР 4 5 3 2 1

Значит колебание поршня будут гармоническими. Период таких колебаний можно найти по формуле $\tau = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, где k – коэффициент квазиупругой силы F, то есть $k = \frac{8\nu RT}{\ell^2}$

Следовательно $\tau = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\frac{8\nu RT}{\ell^2}}} = 2\pi\sqrt{\frac{m\ell^2}{8\nu RT}} = \pi\sqrt{\frac{m\ell^2}{2\nu RT}}$

Ответ: $\tau = \pi\sqrt{\frac{m\ell^2}{2\nu RT}}$ + 3

2.



Построим ход лучей, идущих через самый край линзы.

После преломления линзой лучи пройдут через точки пересечения фокальной плоскости и побочной оптической оси, которая параллельна падающему на линзу лучу

Рассмотрим треугольники 1-2-0 и 0-3-4. Они подобны по трем углам поэтому мы можем записать следующее соотношение

$$\frac{\frac{d}{2}}{f} = \frac{\frac{D'}{2}}{F}$$, откуда $D' = \frac{dF}{f}$

Вообще область тени от оправки находится между ~~цифрами~~ точками 3 и 6 и 3' и 6'. Между точками 3 и 3' – наименьший диаметр тени, а между точками 6 и 6' – наибольший диаметр тени

+ 5

Ответ: $D' = \frac{dF}{f}$

ГАЗПРОМ ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

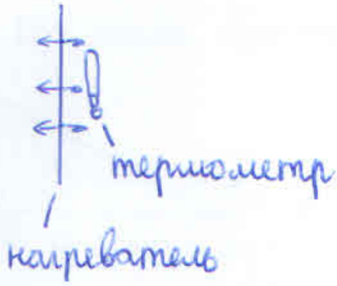
$(ab)c=a(bc)$ $E=mc^2$

Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!

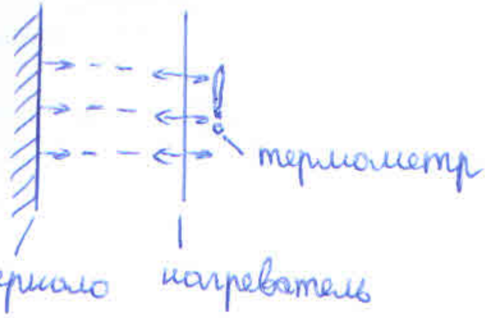
ШИФР 4 5 3 2 1

3.

без зеркала



с зеркалом



Температура, которую показывает термометр прямо пропорциональна энергии, которую получает термометр.
После подстановки зеркала от него свет, отражаясь попадает на термометр, нагревая его.
Если бы напряжение на нагревателе при подстановке зеркала не поменяли, то термометр показал бы вдвое большую температуру, чем без зеркала.

Значит, чтобы температура, которую показывает термометр осталось без изменение надо вдвое уменьшить поток энергии от нагревателя

Поток энергии от нагревателя пропорционален мощности, выделяемой на нагревателе $P=\frac{U^2}{R}$ (P- мощность нагревателя, R- его сопротивление, U- напряжение на нагревателе)

$$\frac{U_0^2}{R}=2\frac{U_1^2}{R} \Rightarrow U_1^2=\frac{U_0^2}{2} \Rightarrow U_1=\frac{U_0}{\sqrt{2}}=\frac{220}{\sqrt{2}}\approx 157\,(В)$$

U_1- новое значение питающего напряжение

Ответ: $U_1 = 157$ В

+ 5

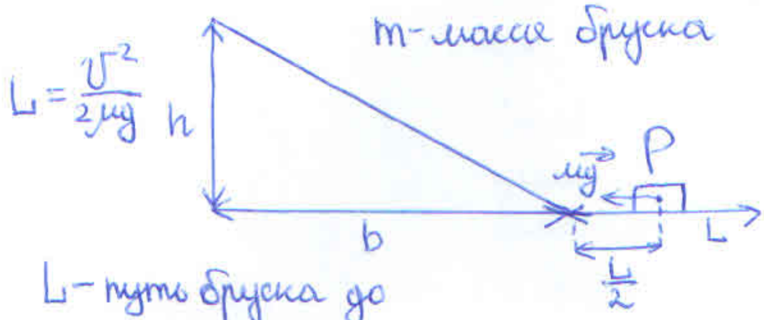
ГАЗПРОМ ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

$(ab)c=a(bc)$ $E=mc^2$

Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!

ШИФР 4 5 3 2 1

4.



L - путь бруска до полной остановки

При съезде с наклонной плоскости потенциальная энергия бруска переходит в его кинетическую энергию

$mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$, где v - скорость бруска при переходе на горизонтальный участок

На участке L брусок будет иметь постоянное ускорение равное μg

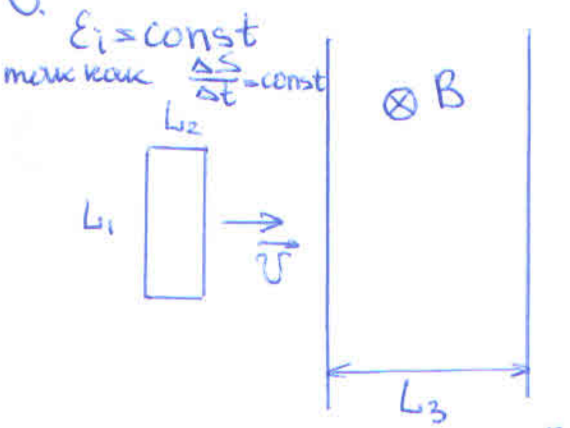
Очевидно, что на середине пути брусок будет иметь скорость равную $\frac{v}{2}$, поэтому $P = F_{тр} \cdot \frac{v}{2}$, где $F_{тр} = \mu m g$ - сила трения скольжения, действующая на брусок

Получаем уравнение

$P = \mu m g \cdot \frac{\sqrt{2gh}}{2}$, откуда $m = \frac{P}{\mu}\sqrt{\frac{2}{g^3 h}}$

Ответ: $m = \frac{P}{\mu}\sqrt{\frac{2}{g^3 h}}$ 3

6.



ЭДС индукции ε_i будет возникать в рамке, только когда она вносится и выносится из магнитного поля, поэтому и теплота будет выделяться только при внесении и вынесении рамки из поля

$|\varepsilon_i| = \frac{B \Delta S}{\Delta t}$; $\Delta S = L_1 L_2$; $\Delta t = \frac{L_2}{v}$

Тогда кол-во теплоты, выделившееся в рамке при внесении её в магнитное поле будет равно

$$Q_{вн} = \frac{\varepsilon_i^2}{R}\Delta t = \frac{B^2 L_1^2 L_2^2}{R \cdot \frac{L_2^2}{v^2}} \cdot \frac{L_2}{v} = \frac{B^2 L_1^2 L_2^{\cancel{3}} v^{\cancel{2}}}{R \cancel{L_2^2} \cancel{v}} = \frac{B^2 L_1^2 L_2 v}{R}$$

(Δt - время внесения рамки в поле; ΔS - суммарное изменение площади, которую пронизывают линии магнитного поля)

Количество теплоты при внесении будет равно количеству теплоты при вынесении рамки из поля. $Q_{вн} = Q_{вын}$; $Q = Q_{вн} + Q_{вын} = 2Q_{вн} =$

$$= \frac{2B^2 L_1^2 L_2 \cdot v}{R} = \frac{2 \cdot 0{,}5^2 \cdot 0{,}1^2 \cdot 0{,}05 \cdot 10}{1} = 0{,}05^2 = 25 \cdot 10^{-4} (Дж)$$

+ 5

Ответ: $Q = 25 \cdot 10^{-4}$ Дж

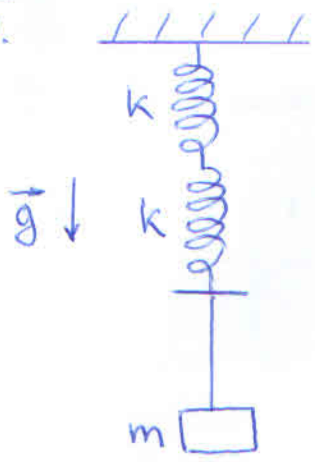
ГАЗПРОМ ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

$(ab)c=a(bc)$ $E=mc^2$

Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!

ШИФР 4 5 3 2 1

5.

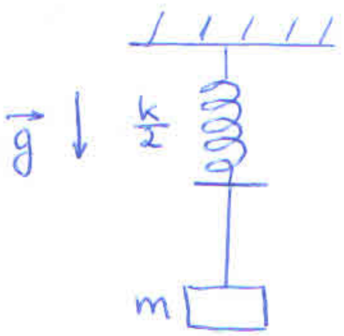


Две исходные пружины можно заменить на одну с жесткостью $k_{общ} = \frac{1}{\frac{1}{k}+\frac{1}{k}} = \frac{k}{2}$

Чтобы нить все время была натянута, необходимо, чтобы в верхней и нижней точках, определяющих положение бруска при колебаниях у бруска отсутствовала кинетическая энергия

Пусть x_0 – начальное растяжение пружины, когда груз просто висит на нити

В этом положении $\frac{k}{2}x_0 = mg \Rightarrow x_0 = \frac{2mg}{k}$ ✓



Максимальное отклонение h от положения равновесия достигается, когда начальная энергия пружины, равная $\frac{kx_0^2}{2}$ полностью переходит в потенциальную энергию груза $mg\cdot 2h$

$$\frac{kx_0^2}{2} = 2mgh$$

$$\frac{k\left(\frac{4m^2g^2}{k^2}\right)}{2} = 2mgh$$

$$\frac{k\cdot 4m^2g^2}{2k^2} = 2mgh \Rightarrow h = \frac{mg}{k}$$

1 2

Ответ: $h = \frac{mg}{k}$