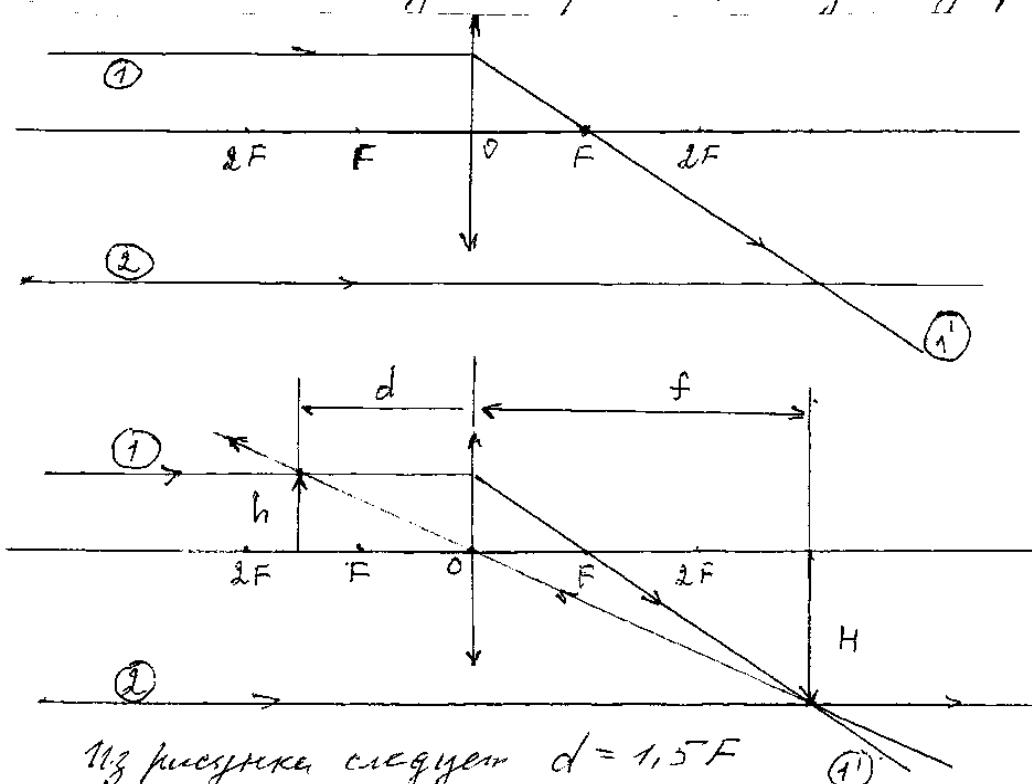


ФИЗИКА_ПЕРВЫЙ_ТУР_2020

1. На каком расстоянии от выпуклой линзы с фокусным расстоянием $F = 60 \text{ см}$ следует поместить предмет, чтобы получить действительное изображение, увеличенное в $k = 2$ раза? Решить построением и проверить расчётом.

Возможные решения.

Построение удобно начать с приведения двух прямых ① и ② параллельных главной оптической оси и отстоящих от нее на ее расстояниях, отношение которых равно увеличению $k=2$. Далее, начав ход построения видно из рисунка.



Из рисунка следует $d = 1,5F$

Проверим полученный результат расчетом.

Запишем формулу тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

По условию задачи увеличение равно

$k = \frac{H}{h}$, из подобия треугольников

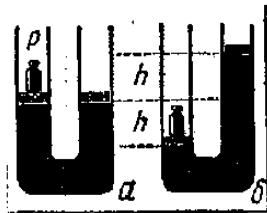
$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d} = k = 2, \quad f = 2d$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{2d}, \quad \frac{1}{F} = \frac{3}{2d}$$

$$d = \frac{3}{2}F = 1,5F.$$

$$d = 1,5 \cdot 60 = 90 \text{ см.} \quad \text{Ответ: } d = 90 \text{ см.}$$

2. Одинаковые цилиндрические сообщающиеся сосуды с площадью сечения $S = 1 \text{ см}^2$ частично заполнены ртутью. На поверхности ртути лежат невесомые поршни. Когда на левый поршень положили груз весом $P = 1 \text{ Н}$, уровни ртути в сосудах установились так, как показано на рисунке ($h = 1 \text{ см}$). На сколько изменилась потенциальная энергия системы груз - ртуть?



Возможное решение

При равновесии стояла давления ртути на одном уровне (на уровне левого поршия) одинаково, т.е.

$$\frac{P}{S} = \rho g h, \quad \rho - \text{плотность ртути}$$

Сила давления на ртуть на этом уровне

$$P = \rho g S h = \rho g V, \quad V - \text{объем столбика ртути высотой } h$$

В левом колене потенциальная энергия груза уменьшилась на величину $\Delta W_1 = P \cdot h = \rho g V h$.

Одновременно в правом колене увеличилась потенциальная энергия столбика ртути высотой h на $\rho g V h$. Увеличение потенциальной энергии ртути в правом колене

$$\Delta W_2 = \rho g V h.$$

Полное изменение потенциальной энергии системы

$$\Delta W = \Delta W_2 - \Delta W_1$$

Подставив в это уравнение выражение выражение

$$\Delta W = \rho g V h - 2 \rho g V h$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} Ph - 2 \cdot \frac{1}{2} Ph = -\frac{1}{2} Ph.$$

Знак “-” показывает, что потенциальная энергия системы уменьшилась

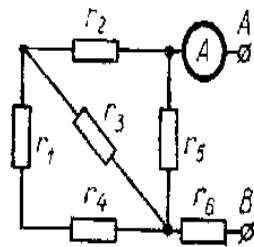
$$\Delta W = -\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-2} = -5 \cdot 10^{-3} \text{ дж} = -5 \text{ мДж.}$$

Ответ: потенциальная энергия системы уменьшилась на 5 мДж .

Что показывает амперметр, если к точкам А и В цепи (см. рис.) подведено напряжение 220 В?

$$r_1 = 15 \text{ Ом}; r_2 = 2 \text{ Ом}; r_3 = r_4 = 5 \text{ Ом}; r_5 = 3 \text{ Ом}; r_6 = 38 \text{ Ом}.$$

Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



Возможное решение.

На рисунке видно, что к исследуемому соединению резисторам $r_1 + r_4$ параллельно подключен r_3 .

К этой группе исследуемо параллельно подключен r_2 и параллельно r_5 . И в замыкание ко всем этим группам исследуемо подключен r_6 .

Проделав вычисления и построив эквивалентную схему получим, что общее сопротивление цепи между точками А и В равно

$$R_c = 40 \Omega = 40 \text{ Ом.}$$

Тогда ток, который показывает амперметр находится по закону Ома

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{40} = 5,5 \text{ А.}$$

Ответ: $I = 5,5 \text{ А.}$

- . Стеклянный баллон объёмом $V = 1 \text{ л}$ наполнен некоторым газом до давления $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ и взвешен. Его вес оказался равным $Q_0 = 0,9898 \text{ Н}$. Затем часть газа была удалена так, что давление в баллоне упало до $p_1 = 5 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Новый вес баллона оказался равным $Q_1 = 0,9800 \text{ Н}$. Какова молярная масса газа. Температуру считать постоянной и равной 17°C .

Возможное решение.

Задачем уравнения Чандлера - Капенгена для двух состояний газа (двух давлений)

$$P_0 V = \frac{m_0'}{M} RT \quad | \quad m_0' - \text{масса газа в баллоне при давлении } p_0$$

$$P_1 V = \frac{m_1'}{M} RT \quad | \quad m_1' - \text{масса газа в баллоне при давлении } p_1$$

Взберем из первого
уравнения второе

$$(P_0 - P_1)V = \frac{m_0' - m_1'}{M} RT \quad M - \text{молярная масса газа}$$

Суммарная масса баллона и газа ввеси $m_0 = \frac{Q_0}{g}$

$$\begin{aligned} m_0 &= m_b + m_0' \\ m_1 &= m_b + m_1' \\ m_0 - m_1 &= m_0' - m_1' \end{aligned} \quad | \quad m_0' - m_1' = \frac{Q_0}{g} - \frac{Q_1}{g}$$

Тогда получаем $M = \frac{(m_0' - m_1') RT}{(P_0 - P_1)V}$

$$M = \frac{(Q_0 - Q_1) RT}{g(P_0 - P_1)V} \quad T = t,^\circ\text{C} + 273 = 290 \text{ K}$$

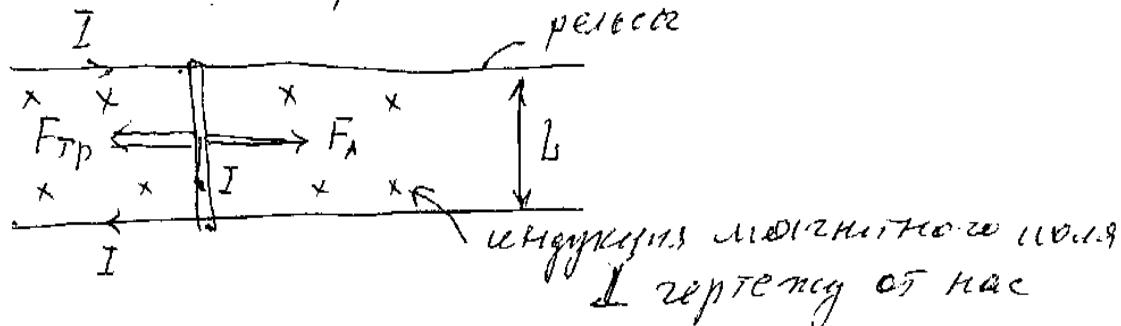
$$V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$M = \frac{(0,9898 - 0,9800) 8,31 \cdot 290}{9,8 (10^{-5}) 10^4 \cdot 10^{-3}} = 0,048 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Ответ: $M = 0,048 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

5. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии $L = 0,3$ м друг от друга. На них лежит стержень, перпендикулярный рельсам. Какой должна быть индукция магнитного поля для того, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропускается ток силой 50 А? Масса стержня 0,5 кг. Коэффициент трения стержня о рельсы 0,2.

Возможное решение



На стержень, по которому идет ток I со стороны магнитного поля действует сила Ампера

$$F_A = BIL$$

Движение стержня по рельсам преодолевает силу трения $F_Fp = \mu mg$, μ - коэффициент трения

Условие равномерного движения стержня по рельсам $F_A - F_Fp = 0$.

$$BIL = \mu mg$$

$$B = \frac{\mu mg}{IL} = \frac{0,2 \cdot 0,5 \cdot 9,8}{50 \cdot 0,3} = 0,065 \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 0,065 \text{ Тл}$