



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 03

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Роборест
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Шкуркина Константина Владимировна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

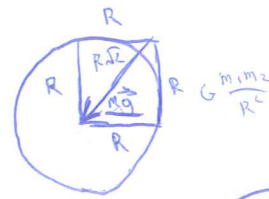
Дата

«12» апреля 2025 года

Подпись участника

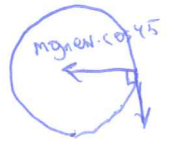
Ш

Черновик



$$\frac{G M m}{R^2} \cdot \frac{r}{R-r} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad g_{\text{new}} = \frac{g}{\sqrt{2}} = 7,071$$

$$m g_{\text{new}} \cdot \cos 45$$



$$m g_{\text{new}} \cdot \cos 45 = \frac{0,5 M}{\Delta t} \cdot U$$

$$\frac{g}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{0,5 U}{\Delta t} \quad R_g = 6332573 \text{ м}$$

$$\frac{g}{2} = \frac{0,5 U}{\Delta t} ; \Delta t = \frac{U}{g} = \frac{10000}{10} = 1000 \text{ с}$$

$$\frac{g}{2} = \frac{v^2}{R} ; v = \sqrt{\frac{g R}{2}} = 5,624 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{2 \pi R}{v} = 7041 \text{ с}$$

$$m_0 = \frac{M}{N_A} \quad g = m v$$

$$T(m) = \frac{T_0}{\gamma} \left(1 + \frac{3 m_0^2}{m^2}\right) = \frac{T_0}{\gamma} \left(1 + \frac{3}{\gamma^2}\right)$$

$$pV = \nu RT ; p = \frac{m N_A}{M} \cdot \frac{RT}{V}$$

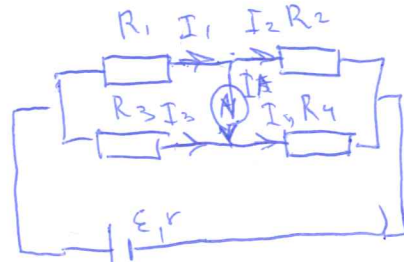
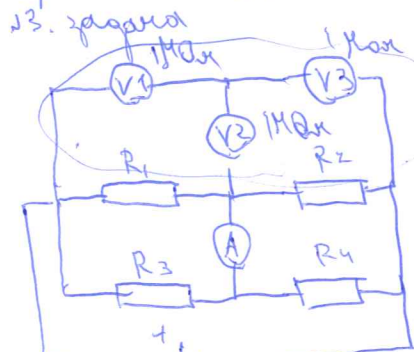
$$p = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{V} \cdot \frac{T_0}{\gamma} \cdot \left(1 + \frac{3}{\gamma^2}\right) = \frac{m}{M} \cdot \frac{R T_0}{V} \cdot \left(1 + \frac{3}{\gamma^2}\right)$$

$$= \frac{m R T_0}{4 M V} + \frac{3 m R T_0}{m^2} = \frac{m R T_0}{4 M V} + \frac{3 R T_0}{m} = R T_0 \left(\frac{m}{4 M V} + \frac{3}{m} \right)$$

$$p = n k T ; n = \frac{N}{V} \cdot k \cdot \frac{T_0}{\gamma} \left(1 + \frac{3}{\gamma^2}\right) = \frac{N k T_0}{4 V} + \frac{3 N k T_0}{m^2}$$

$$I_1 = I_A + I_2 \quad I_2 = I_4 - I_3 \quad I_1 - I_2 = I_4 - I_3 \Rightarrow I_1 - I_4 = I_3 - I_2$$

$$p = \frac{R T_0}{4 M V} \left(\frac{m}{4 M V} + \frac{3}{m} \right) =$$



$$\mathcal{E} = 44 \text{ В} \quad r = 10 \Omega$$

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4 + I r = \mathcal{E}$$

$$I = I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

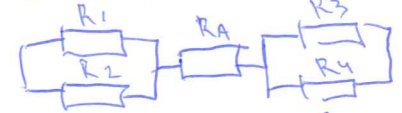
$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 = 0$$

$$8 I_1 + 0,1 I_2 - 2 I_3 = 0$$

$$I_4 = I_5 + I_6$$

$$8 I_1 + 0,1 I_2 - 32 I_3 = 0$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{экв}} + r} = \frac{44}{21,1 + 1} = \frac{44}{22,1} = 1,98 \text{ А}$$



$$R_{12} = \frac{8,24}{32} = 60 \Omega$$

$$R_{34} = 15 \Omega$$

$$R_{12A} = 6,1 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{42,02}{6,1} = 6,885 \text{ А}$$

Чистовик

11

Вопрос:

Сила тяжести, действующая на летательный аппарат у поверхности Земли равна $F_{\text{тяж}} = mg$. Для того чтобы тело неподвижно зависло в поле тяжести Земли (у поверхности) сила тяжести должна быть полностью скомпенсирована силой или реактивным двигателем, т.е.:

$$F_{\text{тяги}} = -F_{\text{тяж}}$$

$$-\frac{\Delta m}{\Delta t} \vec{u} = -m \vec{g} \quad (-1)$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} \vec{u} = m \vec{g} \quad \text{Выразим из этой формулы скорость истечения } u:$$

$$u = \frac{m g \Delta t}{\Delta m} = \frac{m g \Delta t}{0,01 m} = \frac{g \Delta t}{0,01} = \frac{10 \cdot 10}{0,01} = 10000 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } 10000 \text{ м/с} \quad (+)$$

Задача:

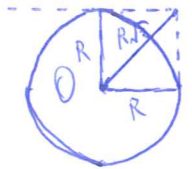
Дано:

$$T_0 \approx 5000 \text{ с}$$

$$u = 10 \text{ км/с} = 10000 \text{ м/с}$$

$$\omega = 10 \text{ рад/с}$$

Решение:



Рассчитаем на каком расстоянии от Земли будет находиться летательный аппарат во время движения.

П.к. плоскость движения перпендикулярна оси вращения Земли и радиус орбиты равен радиусу Земли, то по м.Тихонова:

$$R' = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2} R = R \sqrt{2}$$

Теперь найдем отклонение силы тяжести, действующей на спутник при движении по орбите к силе тяжести при движении по круговой орбите:

$$\frac{mg'}{mg} = \frac{G M m}{(R \sqrt{2})^2} \cdot \frac{R^2}{G M m} = \frac{R^2}{(R \sqrt{2})^2} = \frac{R^2}{2 R^2} = \frac{1}{2} \quad \text{т.е.}$$

$$\frac{mg'}{mg} = \frac{F_{\text{тяж}}'}{F_{\text{тяж}}} = \frac{1}{2} \Rightarrow F_{\text{тяж}}' = \frac{F_{\text{тяж}}}{2} = \frac{mg}{2}$$

Далее спроецируем каждую силу тяжести на нашу "касательную орбиту"

П.к. радиус орбиты нашего движения равен радиусу Земли, то значит они образуют р/б треугольник, который также является п/у, что мы уже выяснили ранее. Поэтому углы в этом треугольнике будут равны 45° (крае прямого угла у "касуса")

$$F_{\text{тяж}}' \cdot x = F_{\text{тяж}}' \cdot \cos 45 = \frac{mg}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{mg \sqrt{2}}{4}$$

Найдем радиус Земли исходя из уже известного нам периода T_0 :

$$g = \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow v_0 = \sqrt{g R}$$

$$T_0 = \frac{2 \pi R}{v_0} = \frac{2 \pi R}{\sqrt{g R}} ; T_0^2 = \frac{4 \pi^2 R^2}{g R} = \frac{4 \pi^2 R}{g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R = \frac{T_0^2 \cdot g}{4 \pi^2} = \frac{250000 \cdot 10}{4 \pi^2} = 6332574 \text{ м}$$

Теперь нам хватает информации чтобы найти время работы спутника и период его обращения.

①

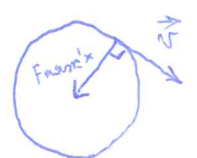
83-48-69-45
(154.1)

(нет десяти)

7	10	9
3	0	м
2	10	3
1	20	15
6	3	

Чистовик №1

1. Рассчитать "качественно работу":



$$\frac{v^2}{R} = \frac{g\sqrt{2}}{4}$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{g\sqrt{2}}{4} \Rightarrow v^2 = \frac{gR\sqrt{2}}{4} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{gR\sqrt{2}}{4}}$$

$$= \sqrt{\frac{10 \cdot 6332574 \cdot \sqrt{2}}{4}} = 4732 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 8408 \text{ с} - \text{период обращения спутника}$$

$$m \frac{v^2}{R} = F_{\text{тяг}}$$

$$m \frac{g\sqrt{2}}{4} = \frac{\Delta m}{\Delta t} u$$

$$\frac{g\sqrt{2}}{4} = \frac{0.5 \cdot 10^{-4}}{\Delta t}$$

$$\frac{g\sqrt{2}}{4} = \frac{0.54}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{0.54 \cdot 4}{g\sqrt{2}} = \frac{2.16}{10\sqrt{2}} = 1414,2 \text{ с}$$

Ответ: 1) $T = 8408 \text{ с}$

2) $\Delta t = 1414,2 \text{ с}$

№2

Вопрос:

Дано:

$$m_1 = 202 = 0,02 \text{ кг}$$

$$m_2 = 252 = 0,025 \text{ кг}$$

$$t_1 = 24^\circ \text{C} = 300 \text{ К}$$

$$t_2 = 57^\circ \text{C} = 330 \text{ К}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = ?$$

Решение:

$$v_1 = v_2 = \text{const}$$

Запишем закон Менделеева - Клапейрона для обоих газов:

$$p_1 v_1 = \frac{m_1}{M} R T_1 \Rightarrow p_1 = \frac{m_1 R T_1}{M v_1} = \frac{m_1 R T_1}{M v}$$

$$p_2 v_2 = \frac{m_2}{M} R T_2 \Rightarrow p_2 = \frac{m_2 R T_2}{M v_2} = \frac{m_2 R T_2}{M v}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{m_2 R T_2}{m_1 R T_1} = \frac{m_2 T_2}{m_1 T_1} = \frac{0,025 \cdot 330}{0,02 \cdot 300} = 1,375$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{m_2 T_2}{m_1 T_1} = \frac{0,025 \cdot 330}{0,02 \cdot 300} = 1,375$$

$$= 1,375 \cdot 100\% = 137,5\%$$

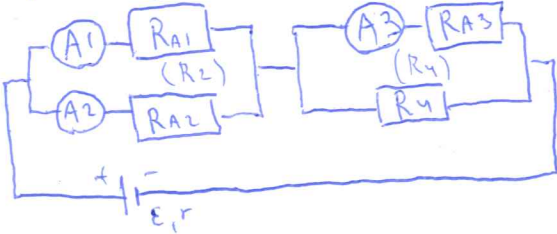
$$= 1,375 \cdot 100\% = 137,5\%$$

$$\text{Давление во втором баллоне выше на } 37,5\%$$

Ответ: 37,5%

№3.

Вопрос:



$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{0,2 \cdot 0,3}{0,2 + 0,3} = 0,12 \text{ Ом}$$

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = 0,0999 \text{ Ом}$$

R_1, R_2, R_3, R_4 - условия задачи!

$$R_{\text{общ}} = R_{12} + R_{34} = \approx 0,22 \text{ Ом}$$

Запишем закон Ома для цепи с ЭДС:

Черновик

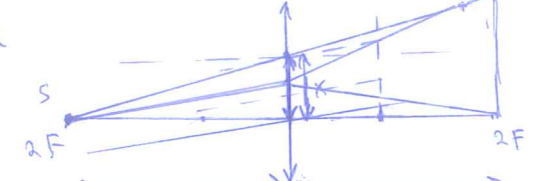
1. 4 задачи.

$$d = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$$

$$u = 2 \text{ м/с}$$

$$v_1 = 4 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 30 \text{ м/с}$$



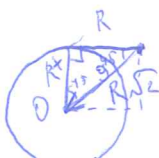
$$\frac{f+d}{d} \cdot x = y$$

$$\frac{f+d}{d} = \frac{y}{x} = \frac{1}{2} = 2 \quad \frac{f+d}{d} = \frac{2}{1}; \quad f+d=2d; \quad f=d$$

$$d = 0,3 \text{ м} \Rightarrow f = 0,3 \text{ м}; \quad \frac{f}{d} = \frac{1}{1} = 1$$

$$\frac{f+d}{d} \cdot x = \frac{0,6}{0,3} \cdot 2 = 4 \text{ м/с}$$

1. задача.



$$\cos 45 = \frac{x}{R}; \quad g_y = g \cdot \cos 45 = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 5\sqrt{2} = g \cdot \cos 45$$

$$g_y = g \cdot \cos 45$$

$$a_y = g \cdot \cos 45 = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$$

$$v^2 = g \cdot R \cdot \cos 45$$

$$v = \sqrt{g \cdot R \cdot \cos 45}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{\sqrt{g \cdot R \cdot \cos 45}} = 5000$$

$$g = \frac{v^2}{R}; \quad v = \sqrt{gR}; \quad T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{\sqrt{gR}} = 5000$$

$$\frac{2\pi^2 R^3}{g} = \frac{4\pi^2 R^3}{g} = 25000000; \quad R = \frac{25000000 \cdot g}{4\pi^2} = 6332573,978$$

$$R = 6,3 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$m g \cdot \cos 45 = -\frac{\Delta m}{\Delta t} u$$

$$m g \cdot \cos 45 = \frac{0,5 \text{ м}}{\Delta t} u$$

$$\frac{m g \cdot \cos 45}{1} = \frac{0,5 \text{ м}}{\Delta t} u$$

$$g = \frac{v^2}{R}; \quad v = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \cdot 6332,573 \cdot 978} = 495,75 \text{ м/с}$$

$$g = \frac{GM}{R^2}; \quad \frac{GM}{R^2} \cdot \frac{R}{GM} = \frac{1}{\sqrt{2}}; \quad g_{\text{new}} = \frac{g}{\sqrt{2}} = 7,07 \text{ м/с}^2$$

$$g = \frac{v^2}{R}; \quad g \cdot \cos 45 = \frac{v^2}{R\sqrt{2}} = v^* = \sqrt{g \cdot \cos 45 \cdot R\sqrt{2}} =$$

$$= 7957,75 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \cdot R}{v} = 5000 \text{ лет}$$

$$\frac{0,5 \text{ м}}{\Delta t} u = m \frac{v^2}{R}; \quad \frac{0,54}{\Delta t} = \frac{v^2}{R} \quad \Delta t = \frac{0,54 R}{v^2} =$$

$$10 \text{ м/с} = 10 \cdot 1000 = 10000 \text{ м/с}$$

Черновик

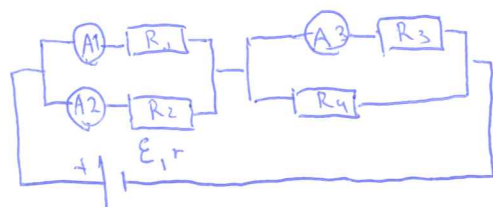
$$P(m) = c \frac{m}{V} (x + \frac{2}{m} \cdot x)$$

$$200000 = c(x + 3x)$$

$$\frac{200000}{1} = \frac{c(x + 3x)}{V}; \quad V = \frac{c(x + 3x)}{200000}$$

$$x = \frac{x + 3x}{4x} = 0 \Rightarrow x = 0$$

13. Вопрос



$$R_1 = 0,2 \text{ Ом} \quad R_2 = 0,3 \text{ Ом} \quad R_3 = 0,1 \text{ Ом} \quad R_4 = 100 \text{ Ом}$$

$$E = 5 \text{ В}, r = 10 \text{ м}$$

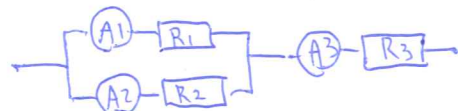
$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{0,2 \cdot 0,3}{0,2 + 0,3} = 0,12 \text{ Ом}$$

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{0,1 \cdot 100}{0,1 + 100} = \frac{10}{100,1} = 0,0999 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{общ}} = R_{12} + R_{34} = 0,22 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{5}{1,22} = 4,1 \text{ А}$$

$$U = E - I \cdot r = 5 - 4,1 \cdot 1 = 0,9 \text{ В}$$



$$I_{12} = \frac{0,9}{0,12} = 7,5 \text{ А}; \quad I_3 = \frac{0,9}{0,1} = 9 \text{ А}$$

$$I_1 = I_2 = 7,5 \text{ А}; \quad I_3 = 9 \text{ А}$$

14. Вопрос:

$$F = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

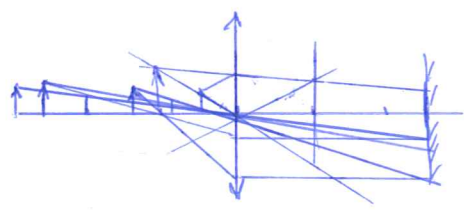
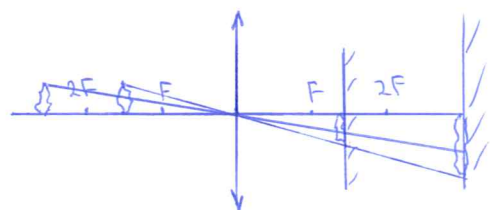
П.к. наше изображение оказалось перевернутым и увеличенным.
П.к. наше изображение оказалось увеличенным, но с уверенностью можно сказать, что наша линза собирающая, так как только она умеет создавать увеличенные изображения.

П.к. наша линза собирающая и её изображение оказалось перевернутым, то оно является действительным. Все понимают, что если бы изображение в собирающей линзе было мнимым, то оно было бы прямым.

В собирающей линзе перевернутое действительное изображение может появиться только в том случае, если объект расположен от линзы в промежутке от одного фокуса до другого фокусного расстояния, не включительно, т.е.

$d \in (F; 2F)$, где d - расстояние от оптического центра линзы до предмета.

$d \in (F; 2F)$
 $d \in (50 \text{ см}; 100 \text{ см})$ либо же перевода все в метры $d \in (0,5 \text{ м}; 1 \text{ м})$



83-48-69-45
(154.1)

Чистовик. 13-прорисовка

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{5}{1,22} = 4,1 \text{ А}$$

$$U_{1234} = E - I \cdot r = 5 - 4,1 \cdot 1 = 0,9 \text{ В}$$

Упростим схему:



$$I_{12} = \frac{0,9}{0,12} = 7,5 \text{ А} \quad I_3 = \frac{0,9}{0,1} = 9 \text{ А} \quad (I_{AB} = \frac{U}{R_{AB}})$$

$$I_1 = I_2 = 7,5 \text{ А}$$

$$\text{Ответ: } I_1 = 7,5 \text{ А}$$

$$I_2 = 7,5 \text{ А}$$

$$I_3 = 9 \text{ А}$$

14.

Вопрос:

П.к. наше изображение оказалось увеличенным, но с уверенностью можно сказать, что наша линза является собирающей, т.к. только она умеет создавать увеличенные перевернутые изображения.

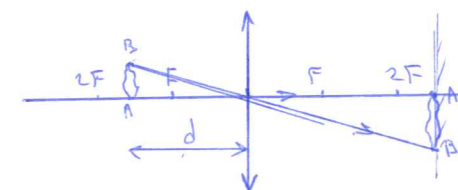
П.к. наша линза собирающая и её изображение оказалось перевернутым, то изображение - действительное, т.к. если бы оно было мнимым, то оно также было бы прямым.

В собирающей линзе увеличенное перевернутое действительное изображение может появиться только в том случае, когда объект располагается на промежутке между одним и двумя фокусными расстояниями от линзы (не включая их!), т.е.

$d \in (F; 2F)$, где d - расстояние от объекта до линзы

$d \in (50 \text{ см}; 100 \text{ см})$ - либо же перевода в метры,

$d \in (0,5 \text{ м}; 1 \text{ м})$



Ответ: в промежутке от 0,5 м до 1 м, не включая
 $d \in (0,5 \text{ м}; 1 \text{ м})$

задача:

Дано:

$$F_1 = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$$

$$U = 2 \text{ м/с}$$

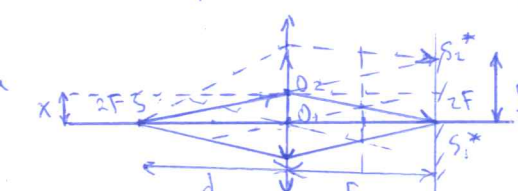
$$V_1 = 4 \text{ м/с}$$

$$d_2 = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$$V_2 = ?$$

Решение:

Пусть d - расстояние от объекта до оптического центра линзы
 f - расстояние от оптического центра линзы до изображения.



П.к. изображение видно на экране, то оно действительно, а линза, следовательно, собирающая (т.к. только в ней возможны действ. изображения).

Пусть за 1 с линза перемещается на x м, а изображение на y м

3

Черновик

23 - продолжение

$$I_{12} = \frac{U}{R} = \frac{42,02}{6} = 7 \text{ A}$$

$$I_{34} = \frac{U}{R} = \frac{42,02}{15} = 2,8 \text{ A}$$

$$T(m) = \frac{T_0}{4} \left(1 + 3 \frac{m_0^2}{m^2} \right)$$

$$\frac{pV}{T} = \frac{mRT}{M}$$

$$m = \frac{pVM}{RT}$$

$$T(m) = \frac{T_0}{4} \left(1 + 3 \frac{m_0^2 R^2 T^2}{p^2 V^2 M^2} \right)$$

83-48-69-45
(154.1)

x=

Чистовик.

$$x = 200\,000 \text{ Па}$$

Функция $p(m) = 200\,000 \cdot \left(\frac{m+5}{4} \right)$ является линейной и проходит через центр координатной оси

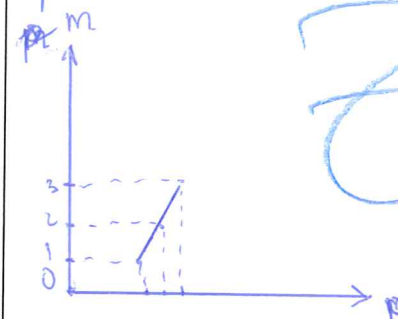
Построим график по трем точкам:

$$p(1) = 200\,000 = 200 \text{ кПа}$$

$$p(2) = 1,25 \cdot 200\,000 = 250\,000 = 250 \text{ кПа}$$

$$p(3) = 1,5 \cdot 200\,000 = 300 \text{ кПа}$$

$$p(0) = 0$$



Давление было минимальным при $m = 1 \text{ кг}$ и равнялось 200 кПа

Ответ: 1) 200 кПа
2) при $m = 1 \text{ кг}$

23

Задача.

Вспомогательная з-к для цепи с ЭДС:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$$

П.к. сопротивления вольтметров очень велики можно их пренебречь или при поиске показаний вольтметра и мысленно отрезать вольтметр от цепи.

$$\mathcal{E} = U = \mathcal{E} - Ir$$

НЕТ вычисления, ответ НЕ верен

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{44}{22,2} = 1,98 \text{ A}$$

$$U = \mathcal{E} - Ir = 44 - 1,98 = 42,02$$

$$I_A = \frac{42,02}{6,1} = 6,885 \text{ A}$$

Ответ: $6,885 \text{ A}$