



ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

$$(ab)c = a(bc)$$

$$E=mc^2$$



Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Шифр 100153 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



Заполняется проверяющим строго по образцу

Образец заполнения: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	1	6	1	6	1	4	1	4
1	8								

Оценка цифрами

Оценка прописью

Подпись

9	0	девяносто							
---	---	-----------	--	--	--	--	--	--	--

N1

И: $r = ?$

D: $a = 0,25g$

$R_3 =$

Решение:

$$1) F_r = G \frac{mM}{(R+r)^2}$$

По 2-ому 3-му Ньютона R - радиус Земли r - расстояние от 3. M - масса 3 m - масса.

$$F_r = ma$$

$$ma = G \frac{mM}{(R+r)^2} \quad a = \frac{GM}{(R+r)^2}$$

$$2) g = G \frac{M}{R^2} = \frac{GM}{R^2}$$

$$3) \frac{GM}{(R+r)^2} = \frac{GM}{R^2} \cdot 0,25$$

$$\frac{R^2}{(R+r)^2} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{R^2}{R+r} = \frac{1}{2}$$

$$2R = R+r$$

$$r = R_3$$

Отв: R_3 (т.е. на расстоянии, равном радиусу Земли)

+

12



$$(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$$

$$E = mc^2$$



1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

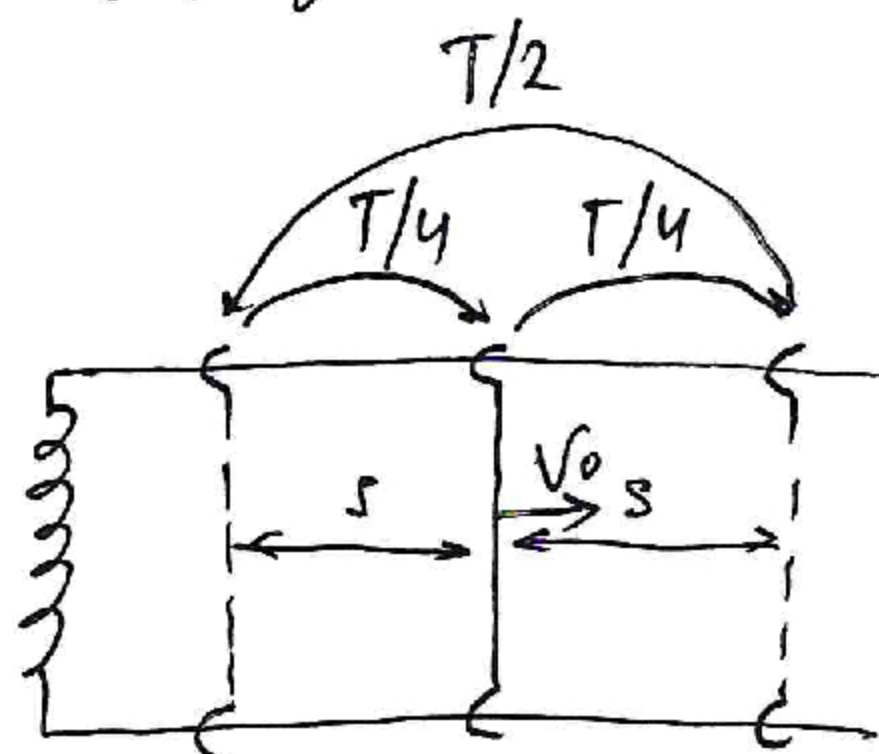
Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

Шифр 100153 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



N6 (продолжение)



- 1) Перемычка будет совершать колебательные движения (энергия кинетическая переходит в магнитную энергию и наоборот)

$$E_{\text{кин}} = \frac{mV_0^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

- 2) Т.к. изменяется площадь сечения (перемычка движется), в цепи возникает ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_{\text{max}} = \frac{B_0 S h}{\Delta t} = BV_{\text{max}} h$$

$$\text{т.е. } \mathcal{E}_{\text{max}} = BV_0 h$$

$$V_0 = \frac{\mathcal{E}_{\text{max}}}{Bh}$$

$$3) \frac{m \left(\frac{\mathcal{E}_{\text{max}}}{Bh} \right)^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

$$\frac{m}{B^2 h^2} \cdot \frac{\mathcal{E}_{\text{max}}^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

Проведем аналогию с колебательным контуром из C и L ($\frac{C U^2}{2} = \frac{L I^2}{2}$) и зная формулу Томпсона для вычисления периода ($T = 2\pi \sqrt{LC}$), получим

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{B^2 h^2} \cdot h} = \frac{2\pi}{Bh} \sqrt{Lm}$$



Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Шифр 100153 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



Т.е. перемычка будет совершать колебание с периодом

$$T = \frac{2\pi}{Bh} \sqrt{Lm}$$

Первая остановка перемычки будет через $T/4$, т.к. колебание начинается с $v_0 = \max$

Тогда пройденное расстояние S будет 0, т.к. остановится

$$S = \frac{v_0 + v}{2} \cdot T/4$$

$$S = \frac{v_0}{2} \cdot \frac{\pi}{2Bh} \sqrt{Lm} = \frac{\pi v_0 \sqrt{Lm}}{4Bh}$$

18



Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Шифр 100153 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



№4 (продолжение)

$$E = \frac{1}{2} \epsilon_0 R^2$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R}$$

$$W = q\varphi = \frac{qQ}{4\pi \epsilon_0 R}$$

$$E_k = W = \frac{qQ}{4\pi \epsilon_0 R}$$

После перетягивания нити,
все энергии нити перейдут
в кинетическую энергию
полусферы и шарика. По ЗСЭ:

$$E_k = \frac{MV^2}{2} + \frac{mU^2}{2} \quad \begin{array}{l} V - \text{скорость} \\ \text{полусферы} \\ U - \text{скорость} \\ \text{шарика} \end{array}$$

При этом должен соблюдаться
з-н сохранения импульса

$$M\vec{V} + m\vec{U} = 0 \quad +$$

$$MV - mU = 0$$

$$MV = mU \Rightarrow U = \frac{MV}{m}$$

Тогда

$$E_k = \frac{MV^2}{2} + \frac{m \cdot \frac{M^2}{m^2} V^2}{2} =$$

$$\frac{MV^2}{2} + \frac{M^2 V^2}{2m} = V^2 \left(\frac{M \cdot m + M^2}{2m} \right)$$

$$V = \sqrt{\frac{2mE_k}{M(M+m)}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2m \cdot qQ}{4\pi \epsilon_0 R M(M+m)}} \quad +$$

15



Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Шифр 100153 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



N5 (продолж.)

$$\rho_H \cdot S \cdot \frac{\rho_H S - Mg}{k} = \frac{m}{M} k T$$

$$m = \frac{\rho_H S (\rho_H S - Mg) \cdot M}{k R T} = M - \text{молярная масса пара}$$

$$M = 18 \text{ г/моль}$$

$$18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

14

N6

У: S - ?

Q: L

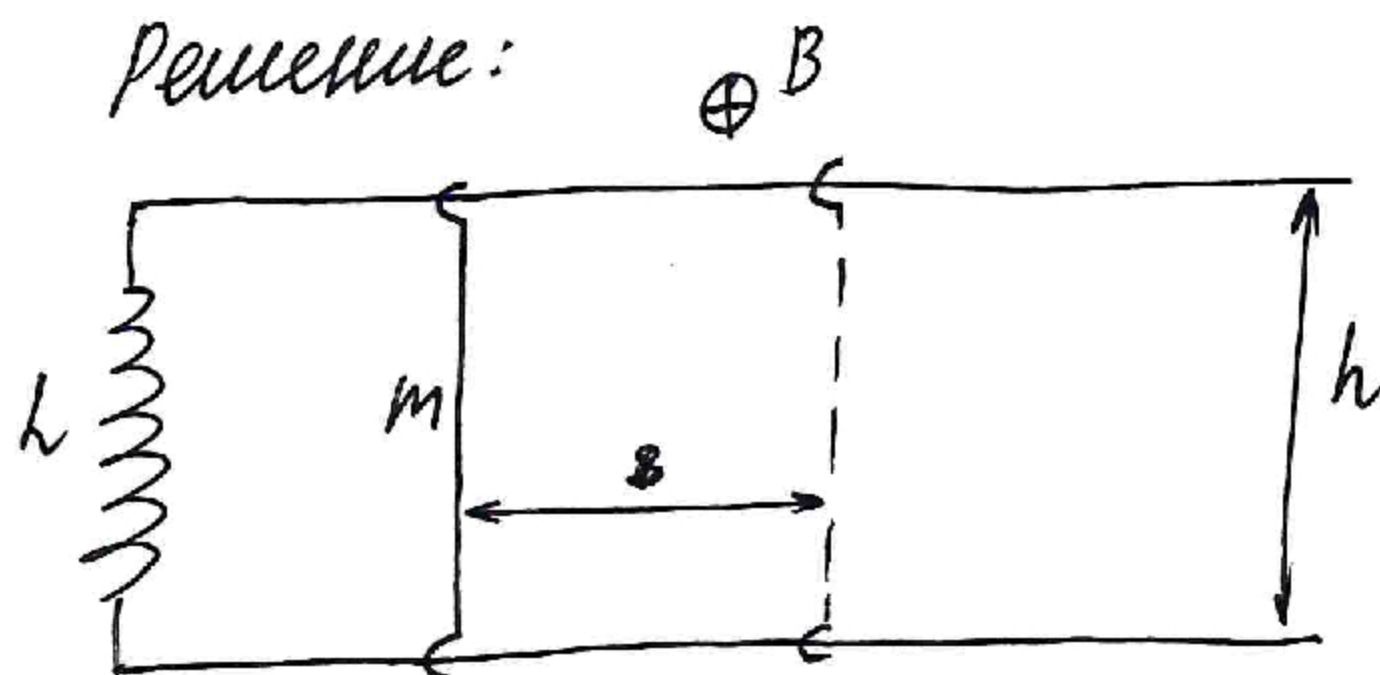
h

m

B

V

Решение:



1) При движении перемычки в контуре будет возникать $\mathcal{E}_i$

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta (B \cdot S \cdot \cos 90^\circ)}{\Delta t} = \frac{B \Delta S}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \Delta P \cdot \cos 90^\circ}{\Delta t} = \frac{B \Delta P}{\Delta t}$$

ΔP - изменение площади

2) При этом $\mathcal{E}_i = \frac{k \Delta I}{\Delta t}$, i.e.

$$k \Delta I = B \Delta P$$



$$(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$$

$$E = mc^2$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Шифр 100153 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



N3 (продолжит.)

$$\text{Тогда } A_{об} = A_{12} + A_{23} = 2A$$

A - работа по подъему ведра с водой $m = M + \rho \frac{V}{6}$ на высоту $H/2$

Или при погружении:

$$m_{\text{ср}} = M + \frac{\rho V + \rho \frac{2}{3}V}{2} = M + \rho \frac{5}{6}V$$

$$A_{об} = mgh = (M + \rho \frac{5}{6}V)gH$$

$$A_{об} = (2 + 10^3 \cdot \frac{5}{6} \cdot 0,015) \cdot 10 \cdot 20 = 2900 \text{ Дж}$$

Отв: 2900 Дж + (16)

N4

У: V - ?

Д: R, M, Q
 m, q

Поле $E = \frac{Q}{\epsilon_0 R^2}$

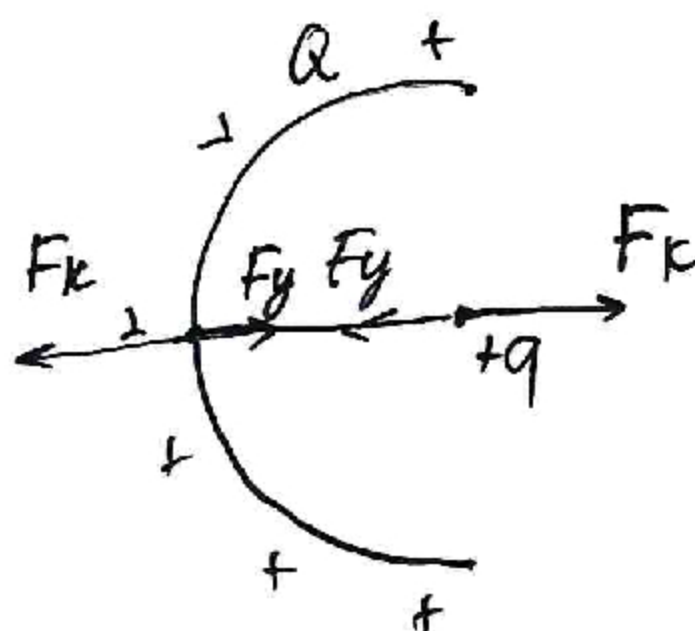
$C = \epsilon_0 R$ - емкость шар. конд.

$$U = ER$$

$$C = \frac{Q}{U}$$

$$\epsilon_0 R = \frac{Q}{ER} \Rightarrow E = \frac{Q}{\epsilon_0 R^2}$$

Решение:



На шарик со стороны полусферы действует $F_k = Eq$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 R^2}$$

$$F_k = \frac{qQ}{\epsilon_0 R^2}$$

По 3-ему закону Ньютона

$$\vec{F}_k = -\vec{F}_{\text{уп}}$$

$$F_k = F_{\text{уп}} \text{ (модуль)}$$

$$F_{\text{уп}} = \frac{qQ}{\epsilon_0 R^2}$$



Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Шифр 100153 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



N5

Уч: $m - ?$

D: $S = 20 \text{ см}^2$

$M = 1 \text{ кг}$

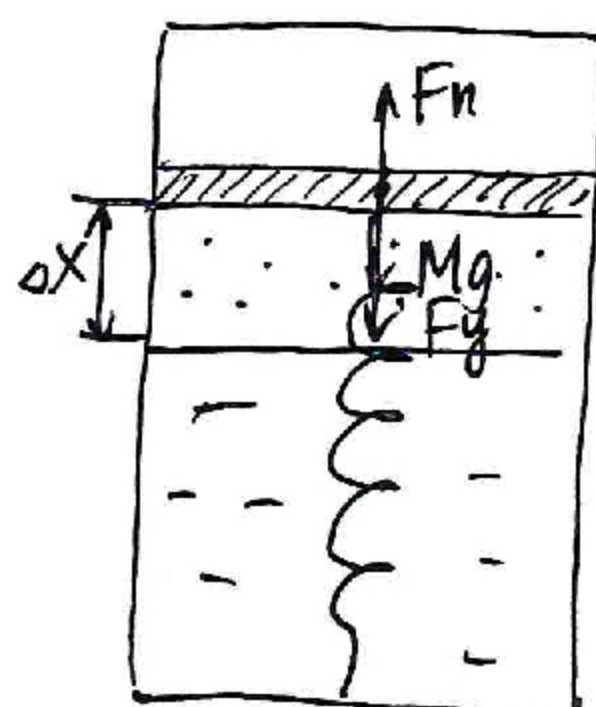
$t_0 = 0^\circ \text{C} = 273 \text{ K}$

$t = 100^\circ \text{C} = 373 \text{ K}$

$k = 30 \text{ Н/м}$

Т.к. сверху поршня находится вакуум, то давление в верхней части сосуда нет.

Решение:



F_n - сила давления, действующая со стороны пара на поршень

- 1) Система находится в равновесии, значит

$$\vec{F}_n + \vec{Mg} + \vec{F}_y = 0$$

$$F_n - Mg - F_y = 0$$

$$F_p + F_n = Mg + F_y$$

$$F_n = p \cdot S \quad (p - \text{давление пара})$$

$$F_y = kx \quad (\text{по 3-му закону Гюка})$$

$$p \cdot S = Mg + kx$$

- 2) Давление пара будет равно давлению насыщенного пара при $t = 100^\circ \text{C}$

$$p = p_n$$

3) Тогда

$$kx = \frac{p_n S - Mg}{k}$$

4) По 3-му Менделеева-Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} RT$$



1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика



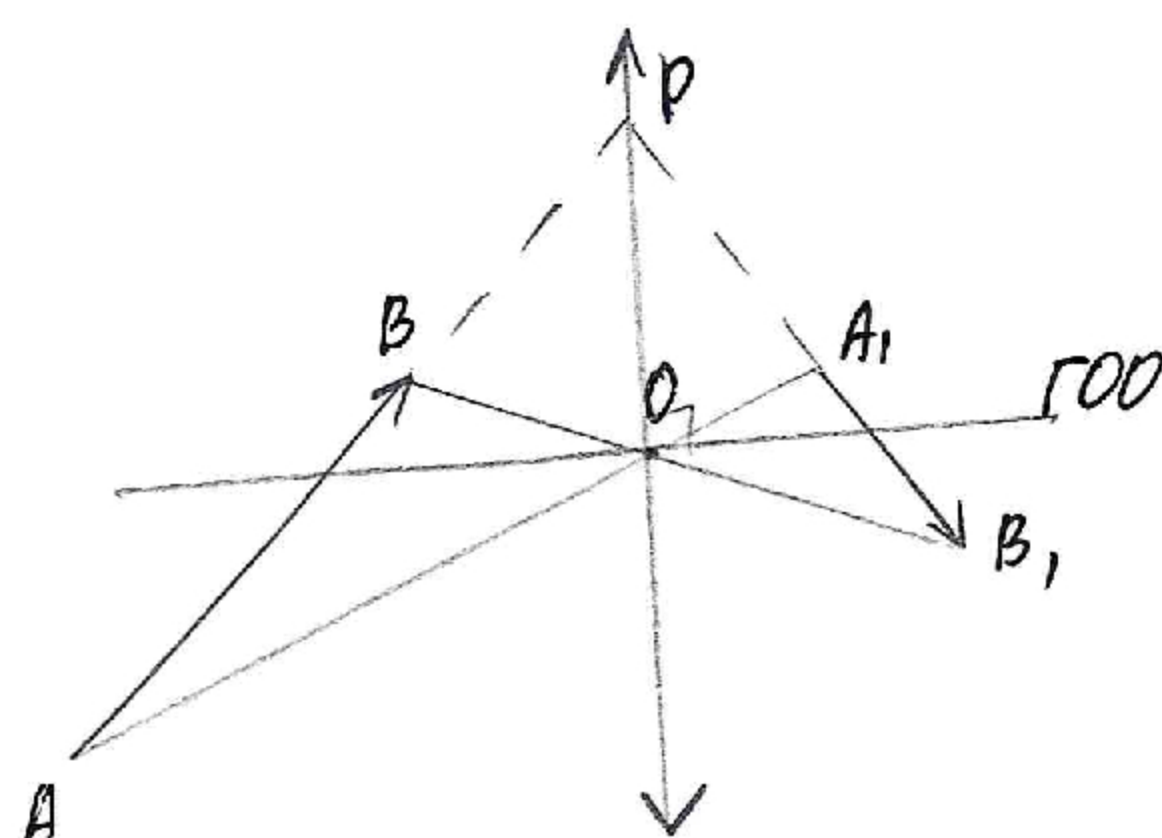
Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

Шифр 100153 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

N2



Лучи, идущие по прямым AA_1 и BB_1 , не преломляются, т.к. проходят через оптический центр линзы. $AA_1 \cap BB_1 = O$ — оптический центр

Луч, проходящий через т. А и В одновременно, преломляясь, будет одновременно проходить и через т. A_1 и B_1 (иначе бы один луч при преломлении ~~раздвинулся~~ раздвинулся на 2). Значит точка пересечения прямых AB и A_1B_1 лежит на линзе $AB \cap A_1B_1 = P$

Тогда PO — линза

GOO проходит $\perp$ линзе через оптический центр

46



$$(ab)c = a(bc)$$

$$E = mc^2$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Шифр 100153 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



N3

Уч: А - ?

Д: $H = 20\text{ м}$

$$d = \frac{2}{3}$$

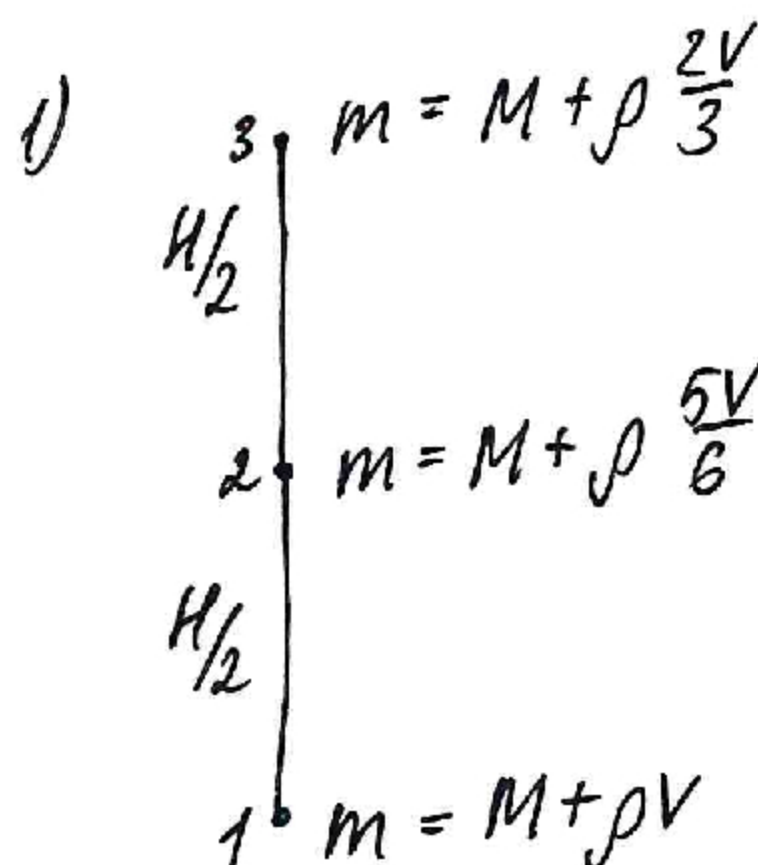
$$M = 2\text{ кг}$$

$$V = 15\text{ дм}^3 = 0,015\text{ м}^3$$

$$\rho = 10^3\text{ кг/м}^3$$

$$g \approx 10\text{ м/с}^2$$

Решение



В середине
пути $m = \rho \cdot \frac{V + \frac{2}{3}V}{2} =$
 $= \rho \frac{5V}{6}$

Заметим, что работа по подъёму ведра с 1 до 2 равна работе по подъёму ведра с $m = M + \rho \frac{5V}{6}$ и работе по подъёму вылившейся воды

$$A_{12} = A + A_{\text{выл}}$$

Т.к. вода выливается равномерно и подъём равномерен, то в пр 1-2 и 2-3 вышло одинаковое количество воды

Тогда работа по подъёму ведра с 2 до 3 равна работе по подъёму ведра с $m = M + \rho \frac{5V}{6}$ ~~и работе~~ ~~по минус~~ работе по подъёму вылившейся воды

$$A_{23} = A + A_{\text{выл}}$$