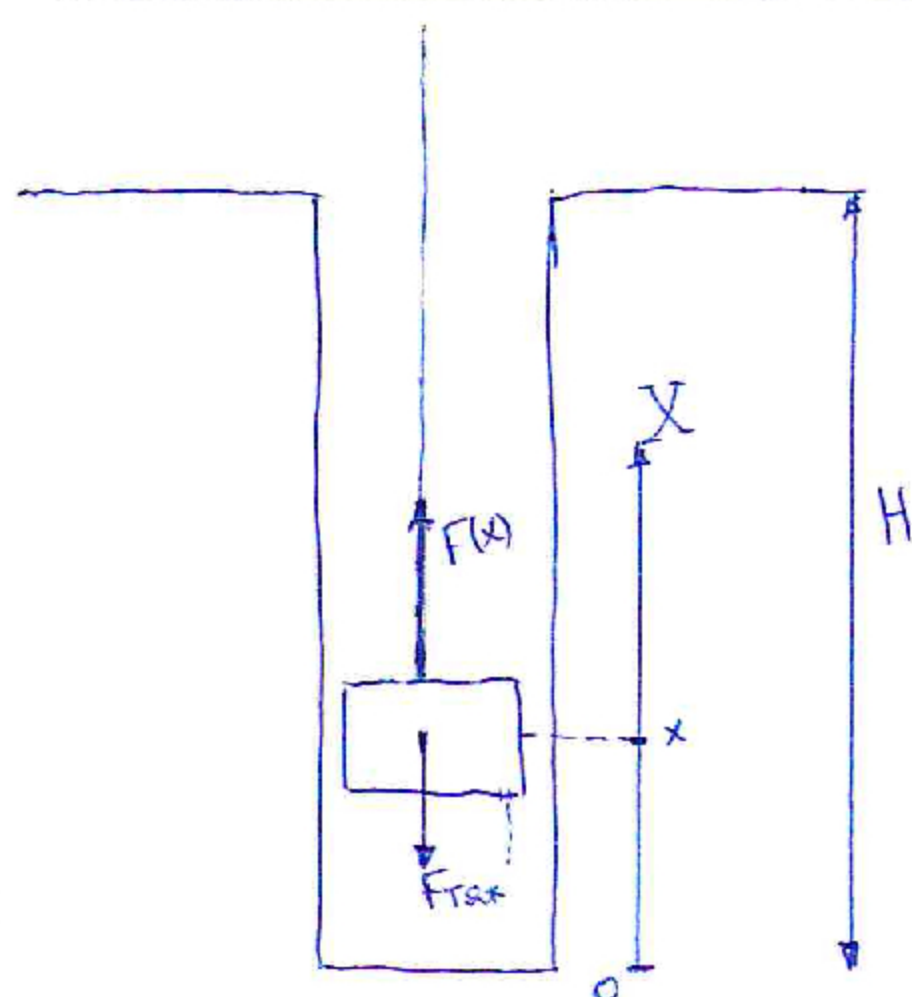
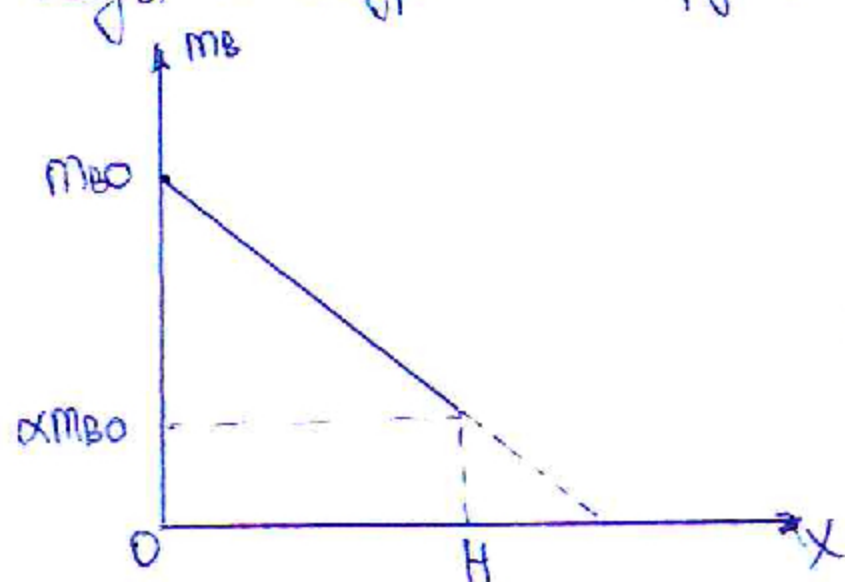




3



1) Т.к. известно, что скорость вытекания воды постоянна, то график завис-ти массы воды в ведре от координаты ведра будет выглядеть так:



$$m_{в0} = \rho \cdot V = 10^3 \cdot 15 \cdot 0,1^3 = 15 \text{ кг}$$

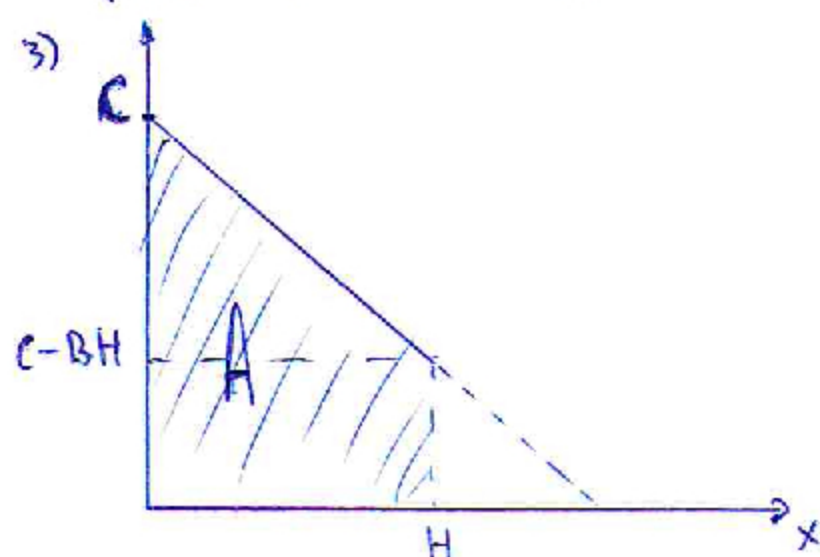
$$\Rightarrow m_{в}(x) = m_{в0} - \frac{m_{в0} - \alpha m_{в0}}{H} x = m_{в0} \left(1 - \frac{1-\alpha}{H} x \right)$$

2) Сила, с к-й нужно тянуть ведро для его равномер. перемещения равна $F(x)$.

$$F(x) = F_{тяж}(x) = mg + m_{в}(x) \cdot g, \text{ где } m - \text{масса пустого ведра.}$$

$$F(x) = mg + m_{в0} \left(1 - (1-\alpha) \frac{x}{H} \right) g = mg + m_{в0} g - m_{в0} g (1-\alpha) \frac{x}{H}$$

Обозначим $(mg + m_{в0}g) = C$; $\Rightarrow$ ~~$F(x) = C - Bx$~~
 $m_{в0} g (1-\alpha) \frac{1}{H} = B$. $F(x) = C - Bx$



По определению работа переменной силы $A = \int_{x_1}^{x_2} F(x) dx$.

Тогда в нашем случае работа численно равна площади под графиком $F(x)$, т.е. площади трапеции

$$A = \frac{C + C - BH}{2} \cdot H = \left(C - \frac{BH}{2} \right) \cdot H = \left(mg + m_{в0}g - \frac{1}{2} \cdot \frac{m_{в0}g(1-\alpha)H}{H} \right) \cdot H$$

$$A = gH \left(m + m_{в0} - \frac{1}{2} m_{в0}(1-\alpha) \right) = gH \left(m + m_{в0} - \frac{m_{в0}}{2} + \frac{\alpha m_{в0}}{2} \right)$$

$$A = gH \left(m + \frac{m_{в0}}{2} + \frac{\alpha m_{в0}}{2} \right) = gH \left(m + \frac{m_{в0}}{2} (1 + \alpha) \right) = gH \left(m + \frac{gV}{2} (1 + \alpha) \right)$$

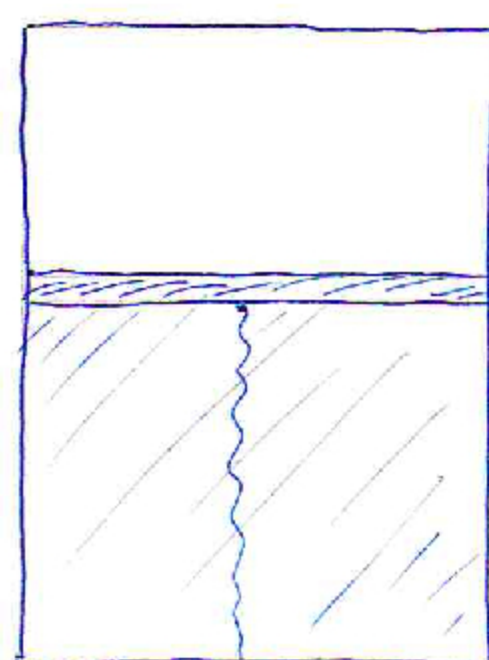
$$A = 9,81 \cdot 20 \left(2 + \frac{15}{2} \left(1 + \frac{2}{3} \right) \right) \text{ Дж} = 2845 \text{ Дж}.$$

Ответ: ~~2845 Дж~~. 2845 Дж.

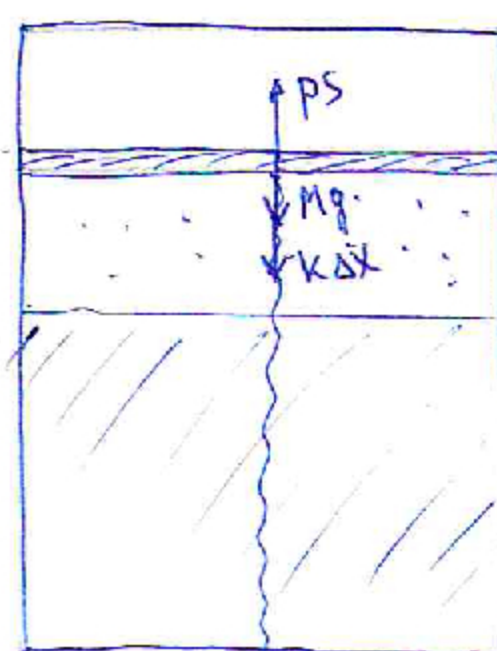
16



5



Δx



$$\begin{aligned} S &= 20 \text{ см}^2 \\ M &= 1 \text{ кг} \\ t_0 &= 0^\circ \text{C} \\ k &= 30 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\ t &= 100^\circ \text{C} \end{aligned} \quad m = ?$$

1) Усл. равновесия поршня при нагреве воды до 100°C :

$$pS = Mg + k\Delta x, \text{ где } p - \text{давл. пара; } \Delta x - \text{деформация пружины.}$$

2) Ур-е Менделеева-Клапейрона для пара:

$$p \cdot \Delta x' \cdot S = \frac{m}{\mu} RT, \text{ где } \Delta x' - \text{высота слоя, в котором пар; } m - \text{масса пара;}$$

$\mu = 18 \text{ г/моль}$ — моляр. масса воды (пара); T — абс. тем-ра пара.

3) Т.к. плотность пара гораздо меньше плотности воды, то можно пренебречь изменением объема воды и тогда $\Delta x' \approx \Delta x$.

4) Давление насыщ. пара при 100°C известно и равно 10^5 Па . Значит, $p = 10^5 \text{ Па}$.

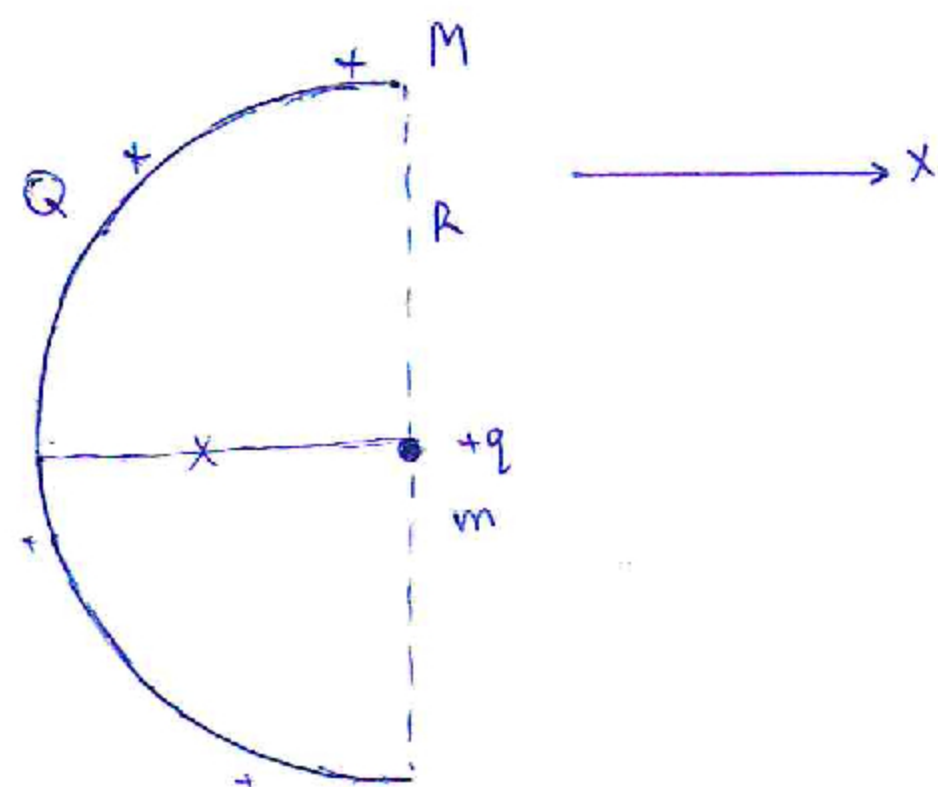
Решаем с-му ур-й:

$$\Delta x = \frac{pS - Mg}{k} \quad p \cdot \frac{pS - Mg}{k} \cdot S = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow m = \frac{pS \cdot \mu}{k \cdot RT} (pS - Mg)$$

$$m = \frac{10^5 \cdot 20 \cdot 0,01^2}{30} \cdot \frac{18}{8,31 \cdot 373} \cdot (10^5 \cdot 20 \cdot 0,01^2 - 1 \cdot 9,81) = 7,36307 \text{ г} \approx 7,4 \text{ г.}$$

Ответ: 7,4.

+ 16



4

1) После того, как штырь перекрестит, на систему из шарика и полусферы не действуют внеш. силы. Значит, можно записать з-н сохр. импульса.

В проекции на ось x: ~~0 = m v_{1x} + M v_{2x}~~ $0 = m v_{1x} + M v_{2x} \Rightarrow v_{1x} = -v_{2x} \frac{M}{m}$

2) З-н сохр. энергии:

$P_z = K_1 + K_2 + P'_z$, где P_z - потенц. энергия э/стат. взаимод-ия в начал. мом. в.р.;
 P'_z - то же самое, но в произвол. мом. в.р.
 $K_{1,2}$ - кинет. энергии шарика и полусферы соотв-но.

3) Из симметрии системы следует, что скорости обоих тел будут направлены вдоль ос. x.

Следов-но, $K_1 = \frac{m v_1^2}{2}$; $K_2 = \frac{M v_2^2}{2}$; $|v_{1x}| = |v_1|$; $|v_{2x}| = |v_2|$

4) Т.к. заряд (+q) находится в центре ~~шарика~~ ^{полусферы}, то расст-е от него до любой точки полусферы одинаково (в начал. мом. в.р.).

Значит, P_z определяется выражением: $P_z = k \frac{qQ}{R}$

Решая систему ур-й, получаем: $\frac{kqQ}{R} = \frac{m}{2} v_2^2 \cdot \frac{M^2}{m^2} + \frac{M v_2^2}{2} + P'_z$

$\frac{M v_2^2}{2} \left(\frac{M}{m} + 1 \right) = \frac{kqQ}{R} - P'_z$

Отсюда видно, что v_2 тем больше, чем меньше P'_z . Максимальное значение $P'_z = 0$ при удалении полусферы и шарика на бес-но большое расст-е друг от друга.

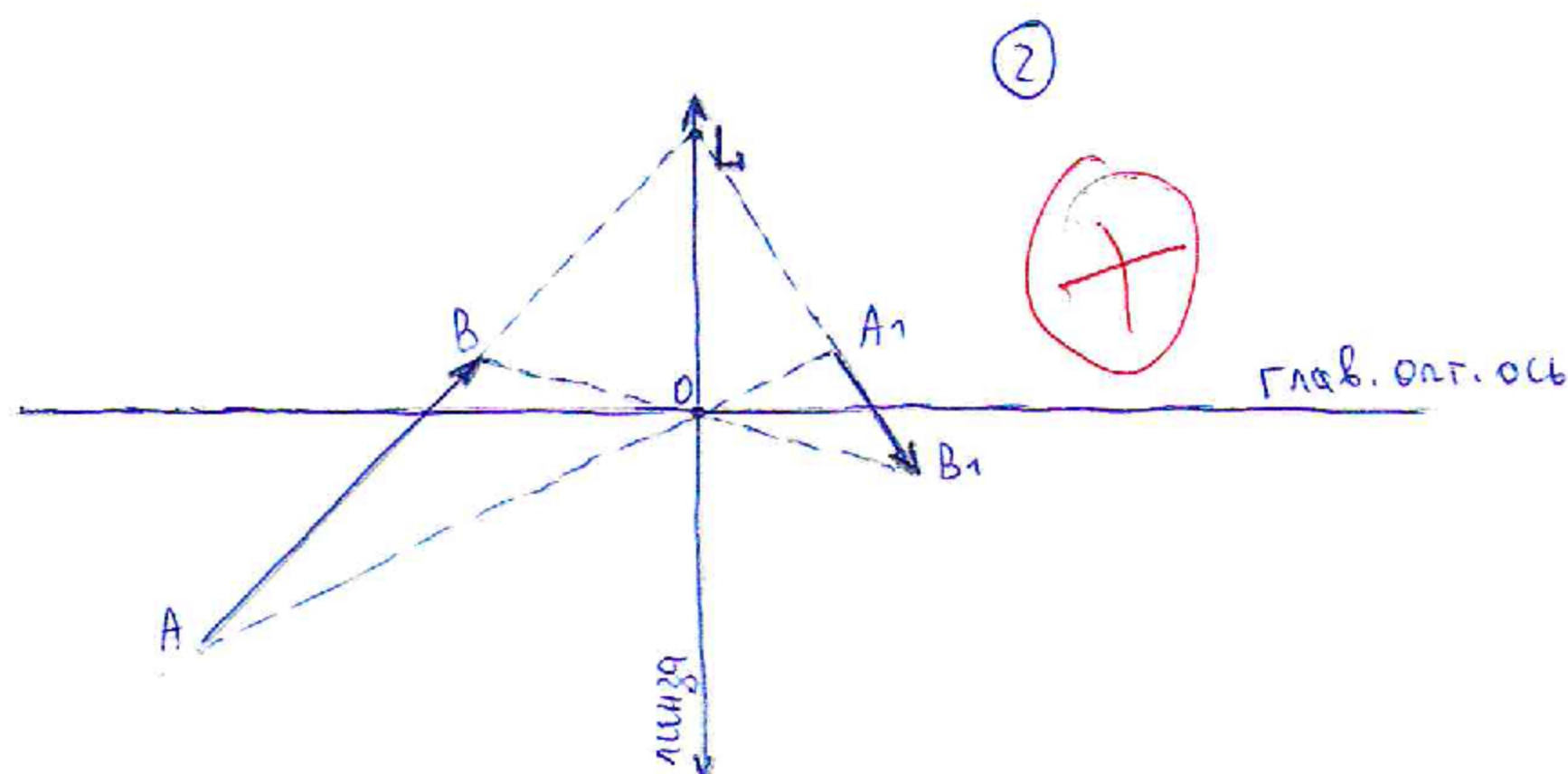
Тогда $\frac{m v_{2\max}^2}{2} \left(\frac{M}{m} + 1 \right) = \frac{kqQ}{R} \Leftrightarrow v_{2\max} = \sqrt{\frac{2kqQ}{mR} \cdot \frac{1}{\frac{M}{m} + 1}} = \sqrt{\frac{2kqQ}{(M+m)R}}$

Ответ: $\sqrt{\frac{2kqQ}{(M+m)R}}$

+

12

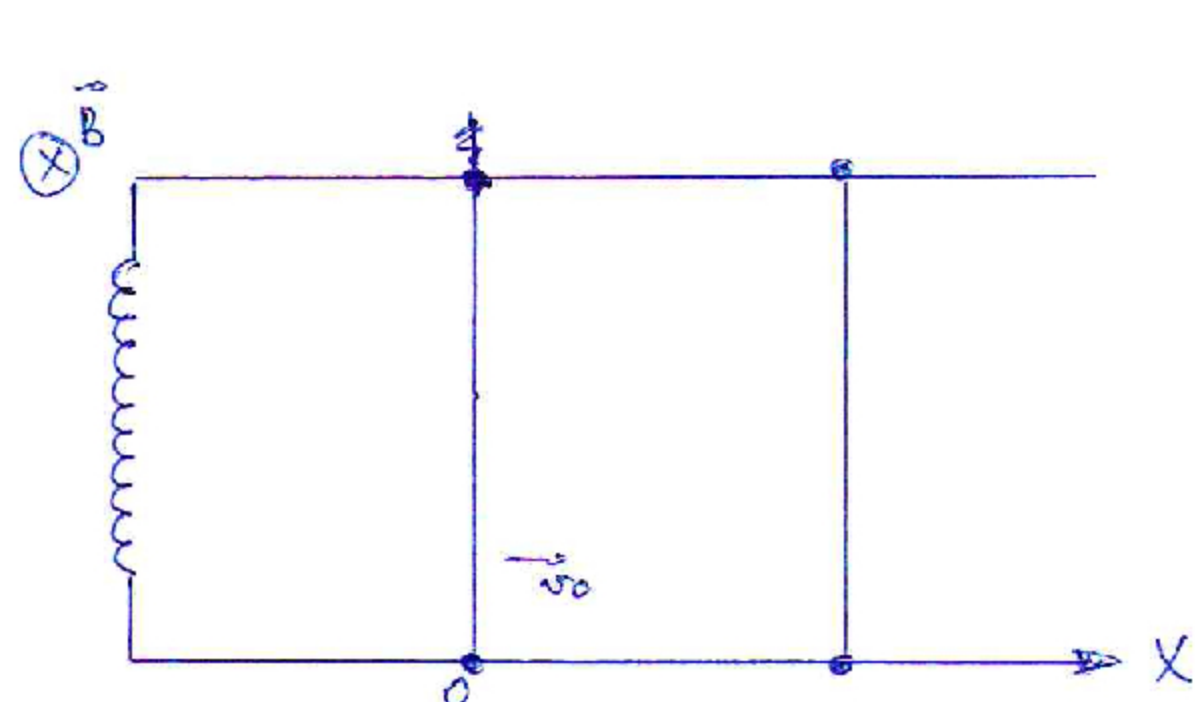
+



- 1) Проведём отрезки AA_1 и BB_1 . Т.к. лучи, которые проходят через оптический центр линзы, не преломляются, то ~~оно~~ оптический центр линзы точка (O) лежит и на AA_1 , и на BB_1 , значит (O) является пересечением AA_1 и BB_1 .
- ~~2) Проведём отрезки~~ 2) Луч AB , преломляясь в линзе, становится лучом A_1B_1 . Следовательно, продолжения AB и A_1B_1 пересекаются в (O) O, к-я и принадлежит линзе.
- 3) Проведём (OL), которая и будет линзой.
- 4) Перпендикулярно (OL) через точку (O) проведём глав. опт. ось.

Ответ: см. рис.

16



6
 $m \quad L \quad h \quad B \quad v_0 \quad | \quad S = ?$

1) Т.к. буквой S привычнее обозначать площадь, то сделаем переобозначение - ~~буква~~ искомое расстояние обозначим за x .

~~2) Найдём ток в момент отрыва:~~

~~$\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \Delta I = \frac{B h}{L} \cdot v \Delta t \Rightarrow I = \frac{B h}{L} x$~~

~~$I = \frac{B h}{L} x$~~

2) Введём ось x и найдём завис-ть тока от координаты перемывки.

$|\mathcal{E}| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Leftrightarrow L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -B \frac{v \Delta t \cdot h}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta I = -\frac{B h}{L} \cdot v \Delta t \Rightarrow I = -\frac{B h}{L} x$

знак "минус" из-за того, что при увел. коорд-ты ток уменьшился.

3) II закон Ньютона:

$m \ddot{x} = \vec{F}_A \cdot \vec{e}_x$, где $\vec{F}_A$ - сила Ампера

по x : $-m a = -(I h B)$

$m a + \frac{B h}{L} B h \cdot x = 0$

$m \ddot{x} + \frac{(B h)^2}{L} x = 0 \Leftrightarrow \ddot{x} + \frac{B^2 h^2}{m L} x = 0$ получилось ур-е гарм. колебл

$\omega^2 = \frac{B^2 h^2}{m L} \Leftrightarrow \omega_0 = \frac{B h}{\sqrt{m L}}$

4) $v_0 = \omega_0 x_0 \Leftrightarrow x_0 = \frac{v_0 \sqrt{m L}}{B h}$

Сделав обрат. переобозначение, получим: $S = \frac{v_0 \sqrt{m L}}{B h}$

Ответ: $\frac{v_0 \sqrt{m L}}{B h}$

+

24



Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный электротехнический Университет "ЛЭТИ"

Шифр 88014 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	10
1	2	1	6	1	6	1	2	1	6
2	4								

Оценка цифрами

Оценка прописью

Подпись

9	6	девятью шесть							
---	---	---------------	--	--	--	--	--	--	--

1) Сила взаимодействия между телом и Землей, если тело удалено на расстояние r от центра Земли, определяется выражением:

$$F = G \frac{mM}{r^2}, \text{ где } m - \text{масса тела, } M - \text{масса Земли, } G - \text{гравит. пост-я.}$$

$$\text{ускорение или тяжесть } g = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2}$$

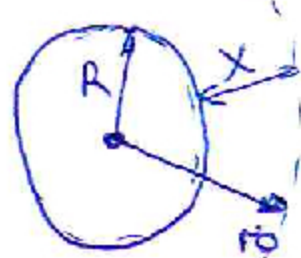
2) На поверхности Земли: $g = g(R) = \frac{GM}{R^2}$, где R - радиус Земли.

3) На расст. r_0 от центра Земли $g = \frac{g(R)}{4}$.

$$\frac{g(R)}{4} = \frac{GM}{r_0^2}$$

$$\frac{GM}{R^2} \cdot r_0^2 = 4GM \Leftrightarrow \left(\frac{r_0}{R}\right)^2 = 4 \Leftrightarrow \frac{r_0}{R} = 2 \Leftrightarrow r_0 = 2R$$

4) Искомое расстояние $x = r_0 - R = R = 6400 \text{ км}$.



Ответ: ~~высота~~ 6400 км.

+ 12