

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

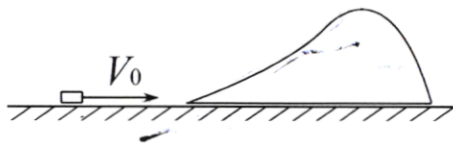
Класс 11

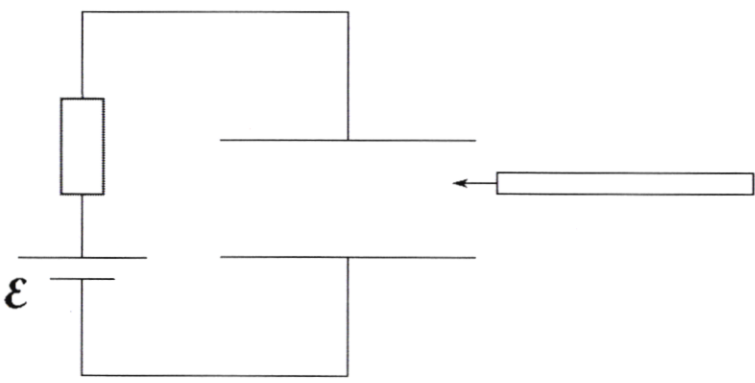
Шифр

9-28

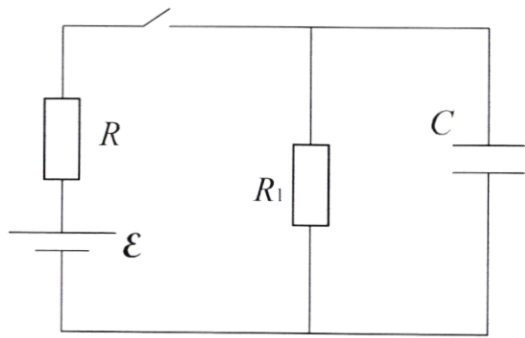
(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

- † 1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарик, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять $g=10 \text{ м/с}^2$.
- † 2. Небольшая шайба массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $3m$ (см. рис.). Шайба въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.
- 
- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?
- † 3. Теплоизолированный сосуд объемом $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре 27°C в количестве $\nu_1 = 0,2$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,3$ моль. Перегородка прорывается.
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
2) Найти конечное давление в сосуде.

- † 4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \mathcal{E} (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 4 раза меньше расстояния между обкладками.
- 

- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

- † 5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=3R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , \mathcal{E} , R .
- 

- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.



Дано
 $l = 0,5 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_{\text{max}} = ?$

Для того, что бы шарик прошап по кругу нужно:

1. Он сначала на расстояние $2l$
2. центростремительная сила должна превышать mg на вершине F

на вершине круга критической точка. Он там центростремительная сила самая маленькая, из за этого шарик может соскочить.

$$mg = \frac{mv_1^2}{r}$$

Пусть на самой верхней точке шарик круга скорость v_1 и точки $= v_2$

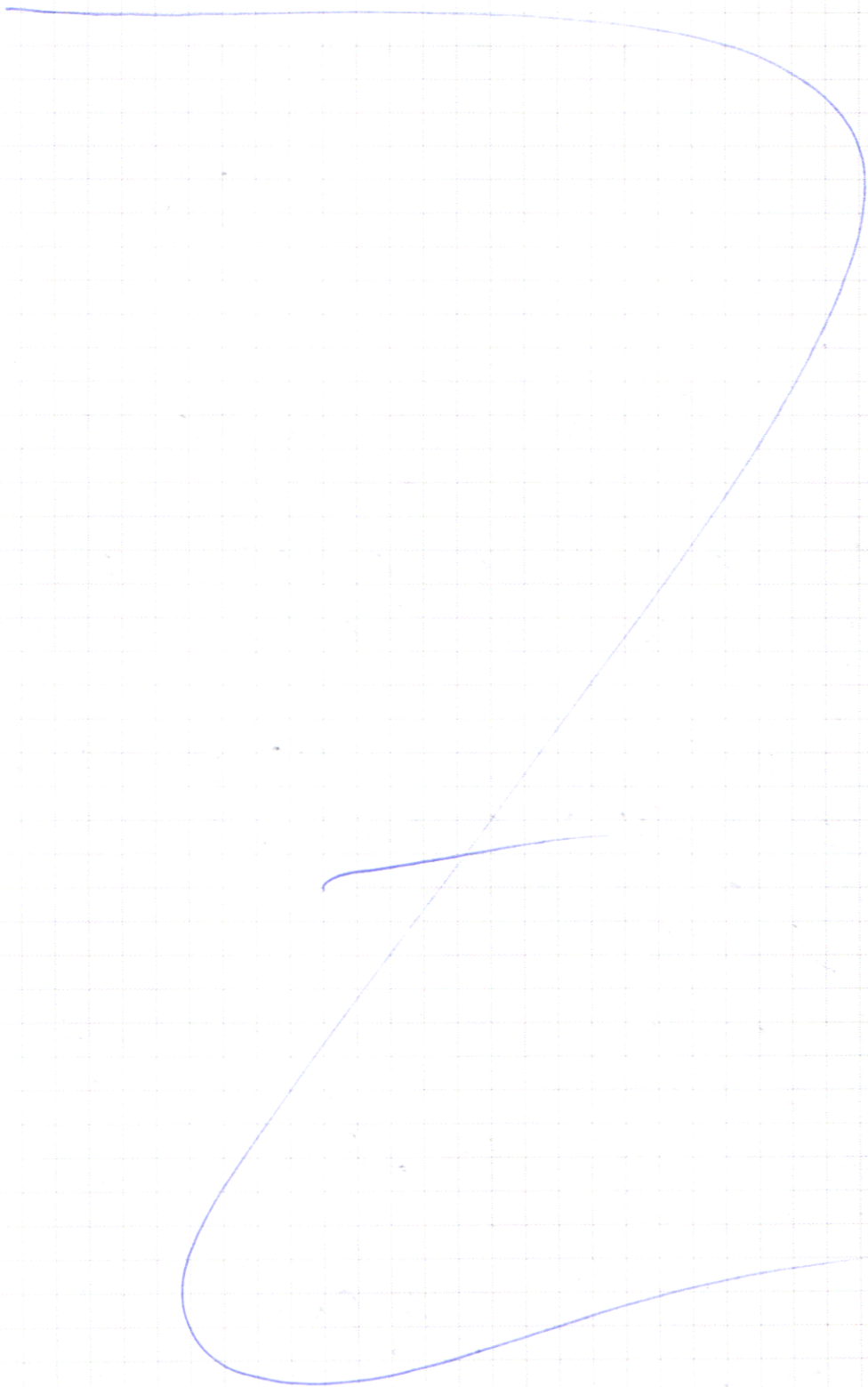
А разность скоростей на нижней и на верхней точке круга $= v_1$

$$v_{\text{max}} = v_1 + v_2$$

$$\begin{cases} v_1^2 = 4gl & v_1 = 2\sqrt{gl} \\ v_2^2 = gl & v_2 = \sqrt{gl} \end{cases}$$

$$\begin{cases} mgl = \frac{mv_1^2}{2} \\ mg = m \frac{v_2^2}{r} \\ v_{\text{max}} = v_1 + v_2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{Ответ: } v_{\text{max}} &= \sqrt{3gl} = \sqrt{3 \cdot 10 \cdot 0,5} = 3,87 \text{ м/с} \\ &= 3,87 \text{ м/с} \end{aligned}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

T_2	T_1
ν_2	ν_1

Решение.

$$U = \frac{3}{2} \nu R T$$

По закону сохранения энергии,
энергия не куда не добавляется:

След по этому:

$$U_1 + U_2 = U_y$$

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2$$

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_y$$

$$T_y = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5} =$$

$$= 0,4 \cdot 300 + 0,6 \cdot 280 = 120 + 168 = 288 \text{ } ^\circ\text{K} = 15^\circ\text{C}$$

$\times T_y = 288 \text{ } ^\circ\text{K} = 15^\circ\text{C}$

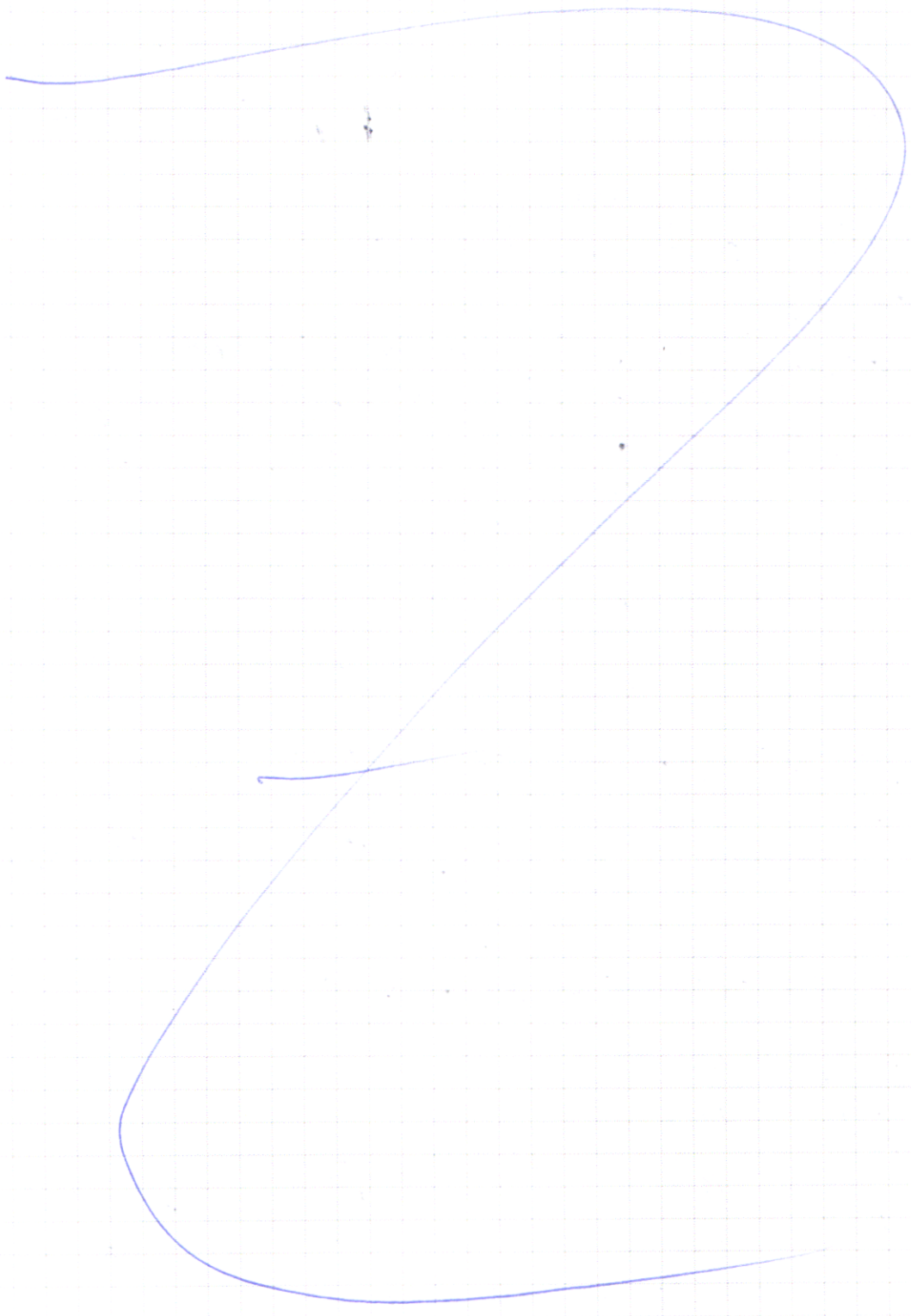
II) $PV = \nu R T$

$$P = \frac{\nu R T}{V} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R \cdot T_y}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,314 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{1194}{10^{-3}} =$$

$$= 1194000 \text{ Па} = 1194 \text{ кПа}$$

Ответ: I) $T_y = 15^\circ\text{C}$; $P = 1194 \text{ кПа} = 1194000 \text{ Па}$

123456789

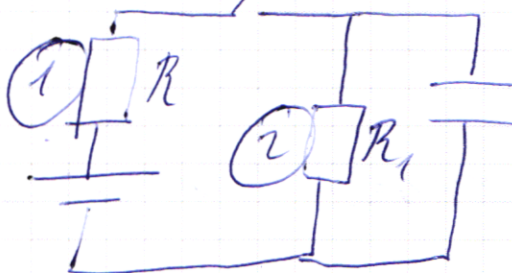


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5.



Дано

$$R_1 = 3R$$

R

ε

I_0 - ?

I_1 - ?

ΔQ - ?

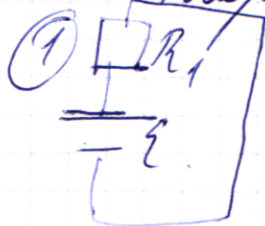
1 вопрос:

Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе отсутствует.

На конденсаторе образовывается потенциал равный 0.

Ток через второй резистор не проходит.

Эквивалентную схему, только на это время можно нарисовать следующую:



Весь ток проходит через первый резистор.

$$U_1 = \varepsilon$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$\boxed{I = \frac{\varepsilon}{R}}$$

II Вопрос:

При установившемся напряжении, ток через конденсатор не течет.



Решим задачу методом Кирхгофа.

I: $\varepsilon = I_1 R + I_2 R$

поскольку ток не идет через конденсатор -

$I \varepsilon = I 4R$

$I_1 = I_2$

II $\varepsilon - U_C = I_1 R$

$\varepsilon = 4I_1 R$

$I_1 = \frac{\varepsilon}{4R}$

$\varepsilon - U_C = I_1 R$

$U_C = \varepsilon - I_1 R = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{4} = \frac{3}{4} \varepsilon$

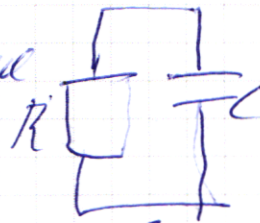
$U_C = \frac{3}{4} \varepsilon$

III Вопрос

После размыкания ключа, образуется эквивалентная схема

На конденсаторе напряжение

$U_C = \frac{3}{4} \varepsilon$



и энергия $W_C = \frac{C U^2}{2} = \frac{C \frac{9}{16} \varepsilon^2}{2} = \frac{9 C \varepsilon^2}{32}$

Вся энергия выделится в результате в нагреве тела

$Q = W_C = \frac{9}{32} C \varepsilon^2$

Ответ: I вопрос: $I = \frac{\varepsilon}{4R}$

II вопрос: $U_C = \frac{3}{4} \varepsilon$

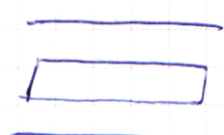
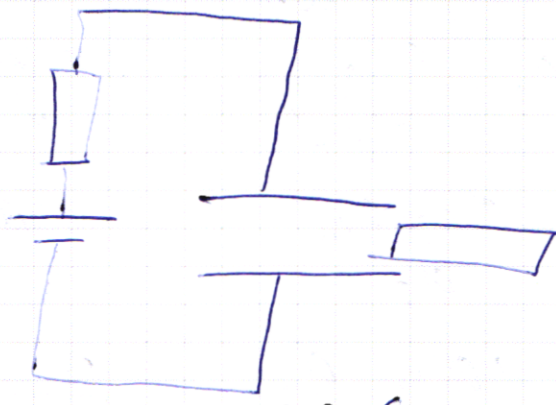
III вопрос: $Q = \frac{9}{32} C \varepsilon^2 = \frac{9}{32} C \varepsilon^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.

Дано.
 $\epsilon; \epsilon_0$
 $d_{\text{н}} = \frac{1}{4} d_{\text{кон.}}$

 $C_1 = ?$
 $\Delta \varphi = ?$



$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

Когда между пластинами вставим проводник
Заряд ~~плат~~ ёмкость ~~платного~~ конденсатора
меняется. Если это ~~проводящая~~ ~~пластина~~
то вставляемая проводящая пластина
можно считать что $d_{\text{н}} = d_{\text{н1}} - d_{\text{н2}}$.

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_0 - d_{\text{н2}}}$$

Будем считать что U установилось в равновесии
и e и ток через ~~зези~~ резистор не идет.
Тогда $U_{\text{н}} = \epsilon$; ~~не~~ ~~напряжения~~ ~~падут~~ на
конденсаторе,
~~это~~ ~~и~~ ~~вот~~ ~~то~~.
Пусть C_0

I Вопрос

Пусть $C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{d_0}$

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{d_2} \quad d_2 = d_0 - d_{\text{пл}}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{d_0 - d_{\text{пл}}}$$

тогда $\frac{C_0}{C_2} = \frac{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_0}}{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_0 - d_{\text{пл}}}} =$

$$= \frac{d_0 - d_{\text{пл}}}{d_0}$$

$$d_{\text{пл}} = \frac{1}{4} d_0$$

$$\frac{4d_{\text{пл}} - d_{\text{пл}}}{4d_{\text{пл}}} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{C_0}{C_2} = \frac{3}{4}$$

$$\boxed{C_2 = \frac{4}{3} C_0}$$

II Вопрос

Рассмотрим два состояния равновесия до
внесения пластины и после прохождения некоторого
времени после внесения пластины.

$C = \frac{q}{U}$ ϵ и S не изменялись; $U_0 = U_2 = \epsilon$
 q и C изменялись.

$$q_0 = C_0 \cdot U_0 \quad q_2 = C_2 \cdot U_2$$

$$q_0 = C_0 \cdot \epsilon \quad q_2 = C_2 \cdot \epsilon$$

$$\Delta q = q_2 - q_1 = C_2 \epsilon - C_0 \epsilon = \frac{4}{3} C_0 \epsilon - C_0 \epsilon = \frac{1}{3} C_0 \epsilon$$

$$\boxed{\Delta q = \frac{1}{3} C_0 \epsilon}$$

Ответ: 1 вопрос: $C_2 = \frac{4}{3} C_0$

2 вопрос $\Delta q = \frac{1}{3} C_0 \epsilon$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

Дано

~~$m_1 v_1 = v_0$~~

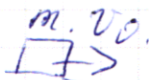
v_0 ;

$m_2 = 3m$.

$m_1 u = m$

$h = 1$

$v_0 = 9$



3m

Когда шайба наезжает на горку, она ее толкает и горка движется вперед.

Когда шайба достигнет максимальной высоты, относительно земли она будет иметь такую же скорость как горка.

Решим закон сохранения импульса.

$$m_1 v_0 = m_1 v_1 + 3m v_2$$

и закон сохранения энергии.

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{4m v_1^2}{2} + mgh$$

$$m_1 v_0 = 4m v_1$$

$$v_1 = \frac{v_0}{4}$$

$$v_0^2 = 8 v_1^2 + 2gh$$

$$v_0^2 = 8 \cdot \frac{v_0^2}{16} + 2gh$$

$$\frac{v_0^2}{2} = 2gh$$

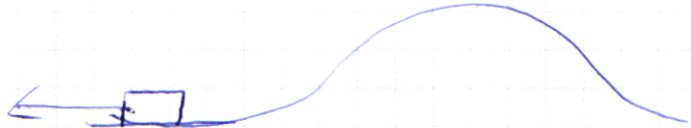
$$h = \frac{v_0^2}{4g}$$

$$h = \frac{v_0^2}{4g}$$

II вопрос.

Когда шайба будет двигаться вниз, горна будет замедляться. В итоге горна остановится, а шайба будет ехать с скоростью v_0 но в обратном направлении.

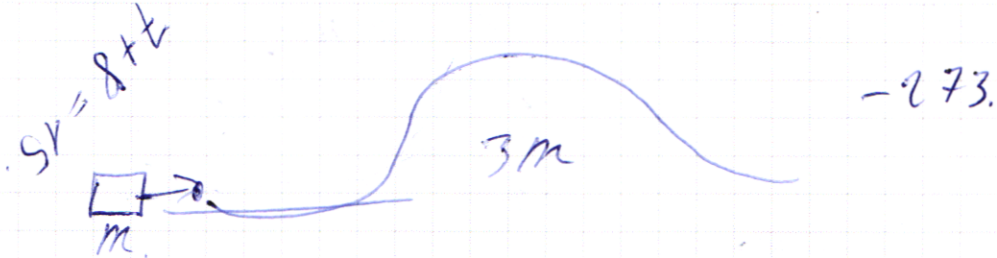
П



Когда шайба уже будет в движении от начального speeds $v_{ш} = v_0$, а горна остановится.

Ответ: I вопрос ~~h~~ $h = \frac{v_0^2}{4g}$
II вопрос $v_{ш} = v_0$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



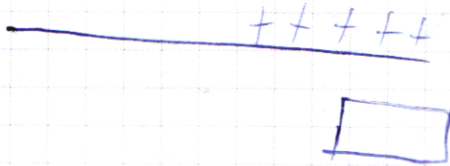
$$\begin{cases} m v_1 = m v_I + 3m v_{II} \\ \frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_I^2}{2} + \frac{3m v_{II}^2}{2} + mgh \end{cases}$$

$$\begin{cases} m v_1 = v_{Iм} + 3 v_{II} & \# v_{Iм} = v_1 - 3 v_{II} \\ v_1^2 = v_{Iм}^2 + 3 v_{II}^2 + 2gh \end{cases}$$

$$v_1^2 = v_1^2 - 6v_1 v_{II} + v_{II}^2 + 3v_{II}^2 + 2gh$$

$$\begin{aligned} gh &= 6v_1 v_{II} - v_{II}^2 - 3v_{II}^2 \\ h &= 6v_{II} \end{aligned}$$

882
022
896
822



$$C = \frac{q}{u}$$

$$q = Cu$$

$$2gh + 4v_{II}^2 = v_1^2 + \frac{v_{II}^2}{4}$$

$$4m v_{II} = -m v_1 + 3m v_{II}$$

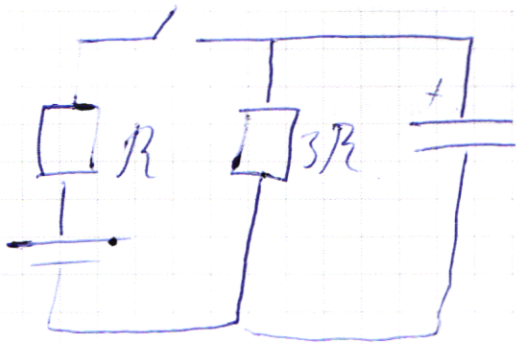
+ 288
- 273

21.5

$$mgh + \frac{4m v_I^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_{II}^2}{2}$$

$$4m v_{II} = -m v_1 + 3m v_{II}$$

$$\begin{aligned} mgh &= \frac{m v^2}{2} \\ h &= \frac{v^2}{2g} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \mathcal{E} - U_M &= IR \\ \mathcal{E} &= 4R - R \cdot 4R \cdot 0 \\ \mathcal{E} - U_M &= 3R \cdot 0 \\ \mathcal{E} &= 4R \cdot 0 \end{aligned}$$

$$\frac{U_M}{I} = \frac{3}{4} \quad C = \frac{q \cdot 0,5}{d}$$



$I_1 = 0,2$ ампер
27°C

$R = 8,3 \frac{\text{Ом}}{\text{к.метр}}$

$$\frac{CU^2}{2}$$

$$\frac{q \cdot 0,5}{d}$$



7°C

$I_2 = 0,3$ ампер

$$U_1 + U_2 = U_3$$

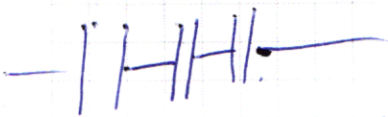
$$\frac{3}{2} I_1 R T_1 + \frac{3}{2} I_2 R T_2 = \frac{3}{2} I_3 R T_3$$

$$I_3 = \frac{I_1 T_1 + I_2 T_2}{I_1 + I_2} = \frac{0,2 \cdot T_1 + 0,3 \cdot T_2}{0,5} =$$

$$= 0,4 \cdot T_1 + 0,6 \cdot T_2$$

$0,4 \cdot 300 + 0,6 \cdot 280$

$2 \cdot 0,5 \cdot S$
 d



$$\frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C}$$

$$XC = \frac{C_1 C_2 C_3 + C_2 C_3 C_1 + C_3 C_1 C_2}{C_1 C_2 C_3}$$

$$m \cdot v_1 = 4 m \cdot v_1 - 3 m \cdot v_1$$

$$4 m \cdot v_1^2 = 3 m \cdot v_1^2 + 3 m \cdot v_1^2$$

$$4 m \cdot v_1^2 + 2 m \cdot v_1^2 = 2 m \cdot v_1^2 + 3 m \cdot v_1^2$$

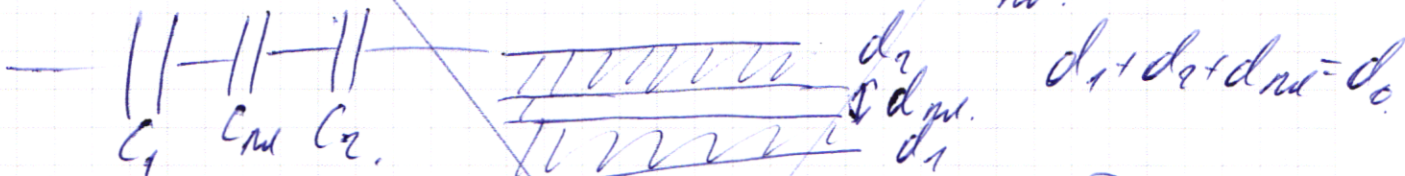
$$\frac{4 m \cdot v_1^2}{2} + \frac{2 m \cdot v_1^2}{2} = \frac{2 m \cdot v_1^2}{2} + \frac{3 m \cdot v_1^2}{2}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дополните задание.

Докажите, что если вставить проводящую пластину между обкладками конденсатора то $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_0 - d_1 \epsilon_1}$.



Пусть проницаемость конденсатора была ϵ
Проницаемость металла $\epsilon_1 = 1$.

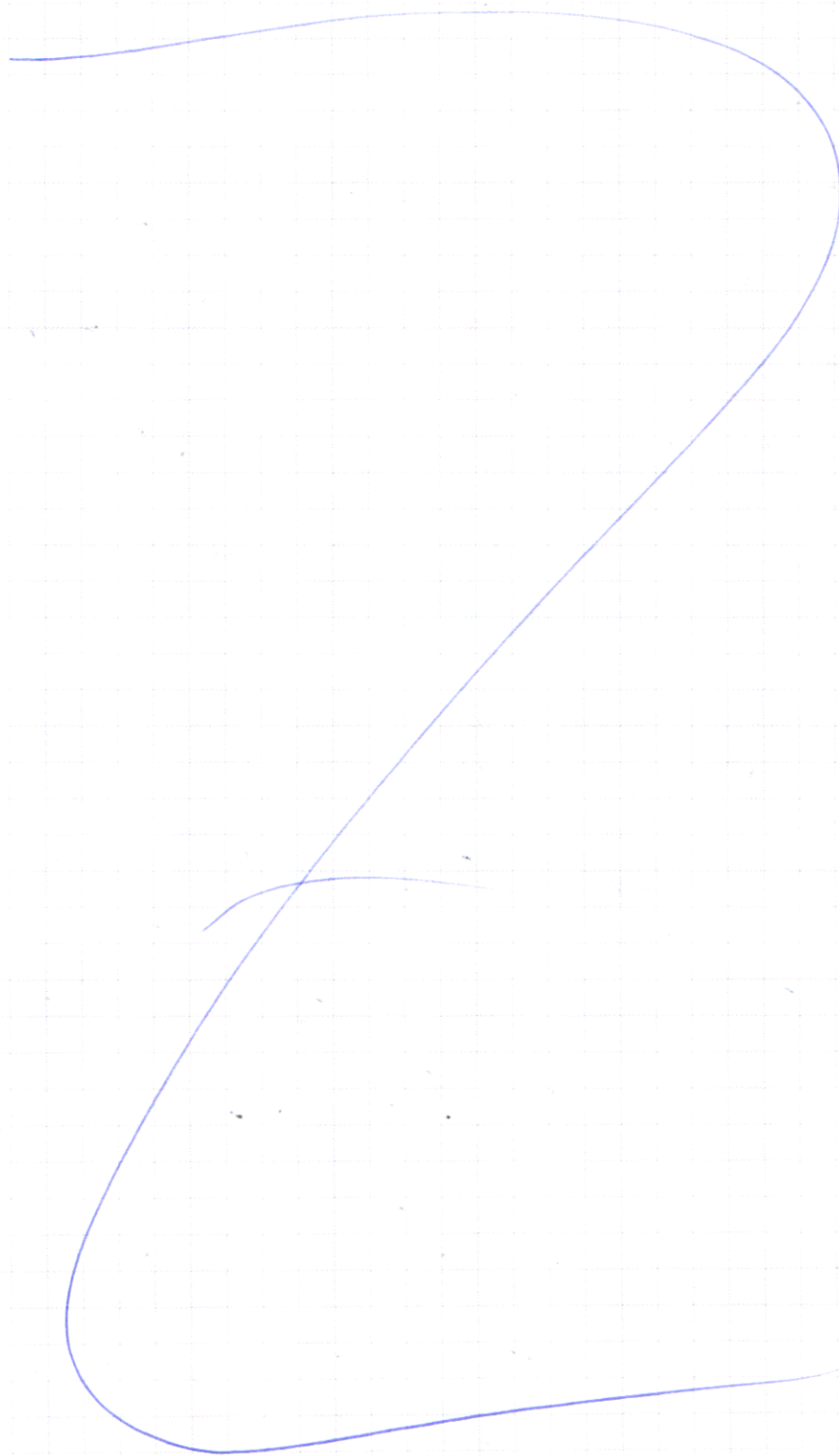
Случай когда между обкладками вставляется не пластина можно представить как последовательное соединение конденсаторов.

$$\frac{1}{C_{об}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_m} + \frac{1}{C_2} \quad \frac{1}{C_{об}} = \frac{C_m C_2 + C_1 C_2 + C_1 C_m}{C_1 \cdot C_m \cdot C_2}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad \frac{1 \cdot \epsilon_0 S}{d_m} + \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 S}{d_2} + \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 S}{d_1} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_2}$$

$$\frac{\epsilon^2}{d_1 d_2} + \frac{\epsilon^2}{d_1 d_2} + \frac{\epsilon^2}{d_1 d_2} + \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 S}{d_1} + \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 S}{d_1}$$

$$\frac{d_1 \epsilon^2 \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d_1 d_2 d_3} \quad \frac{\epsilon^2 \cdot \epsilon_0 \cdot S^2}{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3} \quad d_1 \cdot d_2 \cdot d_m \cdot d_1 + \epsilon d_m^2 \cdot d$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)