

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

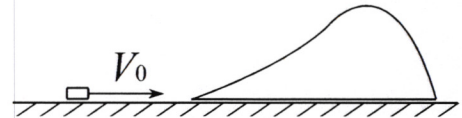
Шифр 1-014

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 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 монета массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $4m$ (см. рис.). Монета въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

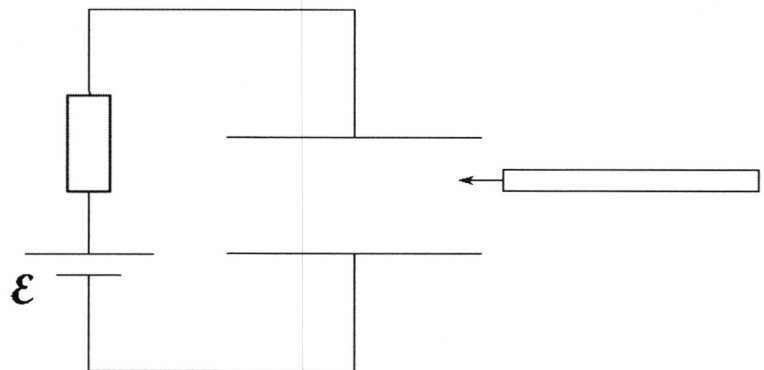


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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 $127 \text{ }^\circ\text{C}$ в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре $7 \text{ }^\circ\text{C}$ в количестве $\nu_2 = 0,4$ моль. Перегородка прорывается.

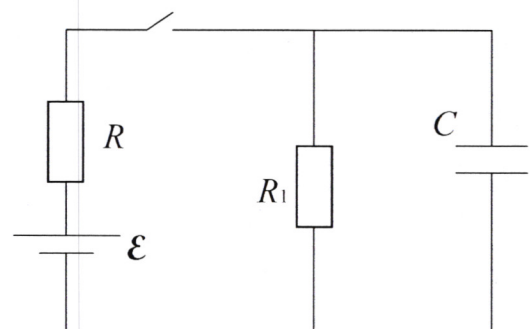
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (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 3 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 , $R_1=4R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , ε , 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:

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$l = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$$

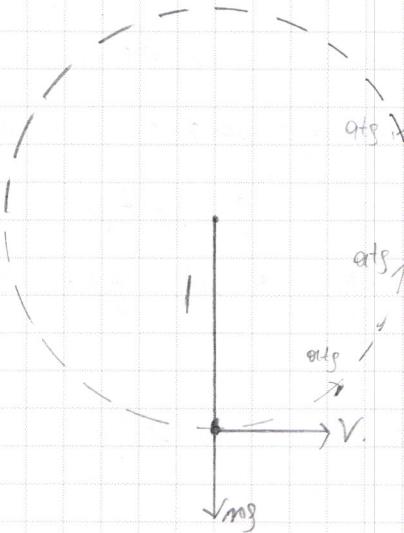
$$v = ?$$

$$a_{\text{цз}} = \frac{v^2}{R} \quad \text{где } R = l$$

Отсюда:

$$g = \frac{v^2}{l} \Rightarrow v = \sqrt{l \cdot g} = \sqrt{1,8} \approx 1,32 \text{ м/с}$$

Ответ: $v = 1,32 \text{ м/с}$.



Что бы шарик

смог сделать полный
оборот нужно, что-
бы $a_{\text{цз}} = g$.

где $a_{\text{цз}}$ - тангенциальное
ускорение $[\text{м/с}^2]$

№2. Дано:

m - масса монеты,

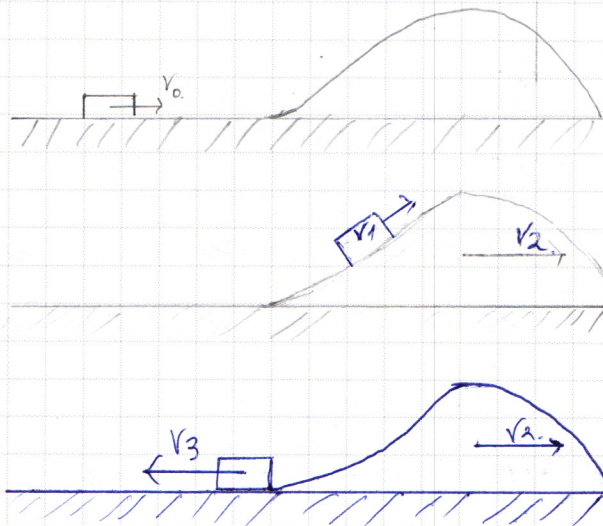
$4m$ - масса горки.

v_0 - начальная скорость

$$m = 0$$

1) h макс -!

а) v_3 -?



До начала

въезда на

горку.

Въезжает

на горку
со скоростью v_1 .

Съезжает

с горки
в обратном
напр. со скоростью
 v_2

1) Запишем законы сохранения энергии и ~~закона~~ сохранения импульса.

$$m v_0 = m v_1 + 4m v_2$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + 2m v_2^2$$

$$|v_1| = v_0 \cdot \frac{1m - 4m}{5m}$$

$$|v_2| = v_0 \cdot \frac{2m}{5m}$$

(скорости берём по модулю
т.к. их направление мы
знаем, поэтому знак
можем не учитывать)

Отсюда $V_1 = \frac{3}{5} V_0$, $V_2 = \frac{2}{5} V_0$.

П.к. монетка поднимается без трения, то $h_{max} = \frac{V_1^2}{2g}$
 $= \frac{\frac{9}{25} V_0^2}{2g} = \frac{9V_0^2}{250}$.

2) Поднимаясь до h_{max} , монетка * ~~кольцо~~ замедляется. В течение времени t , достигнув h_{max} её скорость становится равной нулю, после чего ~~кольцо~~ монетка * начинает ~~замедляться~~ ускоряться. В течение этого же времени.

* Монетка замедляется и ускоряется из-за собственной веса.

Поэтому $V_1 = -V_3$ или $|V_1| = |V_3|$.

$V_3 = \frac{3}{5} V_0$.

Ответ: 1) $h_{max} = \frac{9V_0^2}{250}$ 2) ~~$V_3 = \frac{3}{5} V_0$~~ $V_3 = \frac{3}{5} V_0$

№3. Дано:

$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$V = V_1 + V_2$

$t_1 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_1 = 400 \text{ K}$

$V_1 = 0,1 \text{ моль}$

$t_2 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_2 = 280 \text{ K}$

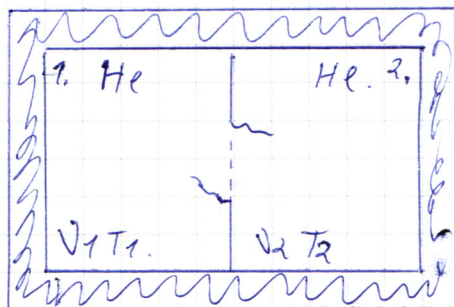
$V_2 = 0,4 \text{ моль}$

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$

1) $t = ?$

2) $P = ?$

$\nu = \nu_1 + \nu_2$



1) П.к. сосуд с постоянным

объёмом, то $\Delta = 0$.

П.к. сосуд термоизолирован, то $Q = 0$.

$\Delta U = \Delta + Q = 0$

$\Delta U = 0$, значит, изменения внутр. энергии не происходит, отсюда.

$U_1 + U_2 = U$

He - одноатомный газ, значит.

$U = \frac{3}{2} \nu RT$

$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T \quad | : \frac{3}{2} R \Rightarrow$

$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$

$T = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,1 + 0,4} = \frac{40 + 112}{0,5} = 304 \text{ K}$, значит $t = 304 - 273 = 31 \text{ }^\circ\text{C}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Сравнение с ост идеального газа.

$$pV = \nu RT.$$

$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 152 \cdot 10^3 \text{ Па} \quad \left(\text{или } 1,52 \cdot 10^6 \text{ Па} \right)$$

Ответ: 1) $t = 31^\circ$, 2) $p = 152 \text{ кПа}$.

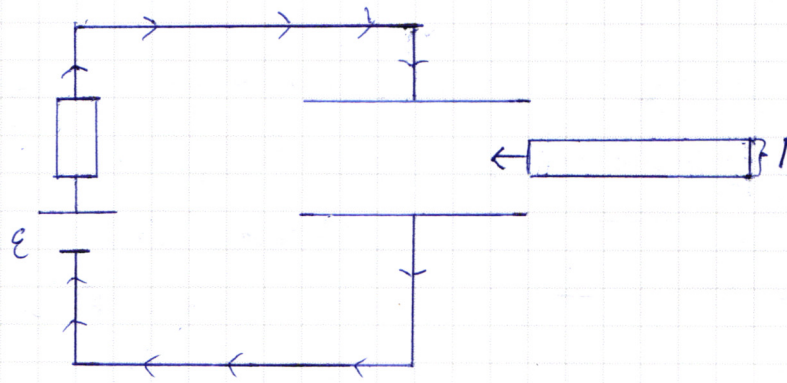
№ 4. Дано.

C_0 - ёмкость конденсатора до введения пластины.

ϵ - ЭДС.

$l = \frac{d}{3}$ - толщина пластины

d - расстояние между обкладками



1) $C_1 = ?$

2) $q_1 = ?$

1) C_1 - ёмкость конденсатора с пластиной. Так пластина по условию пластина; параллельна, незаряжена, то площадь такая же как у обкладок, то

d_1 - расстояние между обкладками C_1 будет равным

$$d_1 = d - l = d - \frac{d}{3} = \frac{2}{3}d.$$

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}, \quad C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_1}$$

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{2}{3}d}}{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}} = \frac{d}{\frac{2}{3}d} = \frac{3}{2}.$$

$$C_1 = \frac{3}{2} C_0 \quad \text{конденсатор}$$

2) Заряд q_0 без пластины был $q_0 = \epsilon C_0$.

Заряд конденсатора с пластиной стал $q_1 = \epsilon C_1 = \frac{3}{2} \epsilon C_0$.
 Δq - заряд который пройдёт через резистор.

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{3}{2}\varepsilon C_0 - \varepsilon C_0 = \frac{\varepsilon C_0}{2}$$

Ответ: 1) $C_1 = \frac{3}{2}C_0$, 2) $\Delta\varphi = \frac{\varepsilon C_0}{2}$

№5: Дано:

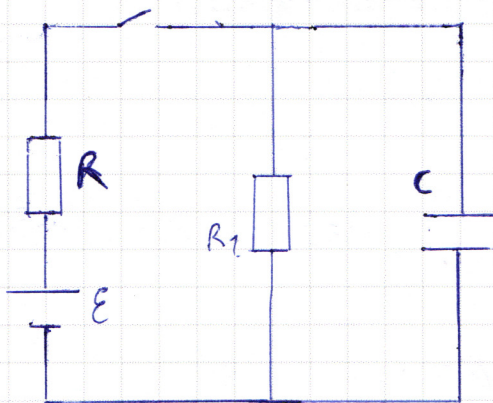
$$R, R_1 = 4R,$$

$$C, \varepsilon,$$

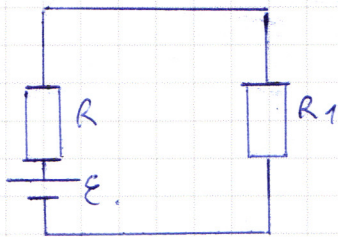
$$1) I - ?$$

$$2) U_K - ?$$

$$3) Q - ?$$



1) Сразу после замыкания ~~цепи~~ ключа, можно представить схему в эквивалентном виде.

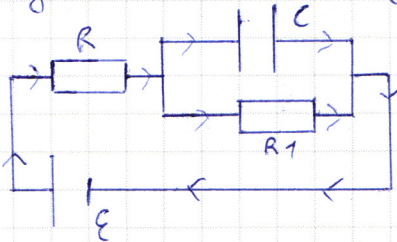


$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_1} = \frac{\varepsilon}{5R}$$

Значит, сила тока в цепи.

по закону Ома для полного участка цепи равна:

2) После того, как конденсатор зарядился схему можно представить в виде:



(и R_1 соединены параллельно, значит

$$U_1 = U_K$$

R подключён последовательно к

(и R_1 , значит $\varepsilon = U + U_1$

U - напряжение на резисторе R ,

$$U = I \cdot R = \frac{\varepsilon}{5}$$

П.к. всё напряжение в цепи равно ε , то $U_1 = \frac{4\varepsilon}{5}$.

$$\Rightarrow U_K = \frac{4\varepsilon}{5}$$

Ответ: 1) $I = \frac{\varepsilon}{5R}$, 2) $U_K = \frac{4\varepsilon}{5}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $g = 10$
 $I = 181 \mu = 0,18 \text{ мА}$
 $v = 2\pi \nu l$
 $v = \omega l$
 $\omega = \frac{v}{l}$
 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
 $\omega = \frac{2\pi}{T}$
 $v = l \sqrt{\frac{g}{l}}$
 $v = \sqrt{l g} = \sqrt{1,8} \approx 1,34 \text{ м/с}$

Handwritten calculations on the right:
 $1,35 + 0,3 + 0,09 = 1,74$
 $\neq 0,175 + 0,05 + 0,13 = 0,355$
 $1,35 + 0,3 + 0,09 = 1,74$
 $1,35 + 0,3 = 1,65$
 $0,3 + 0,09 = 0,39$
 $1,65 + 0,39 = 2,04$
 $1,35 \times 1,35 = 1,8225$
 $0,3 \times 0,3 = 0,09$
 $0,09 \times 0,09 = 0,0081$
 $1,8225 + 0,09 + 0,0081 = 1,9206$
 $\sqrt{1,9206} \approx 1,386$

5) $R, R_1 = 4R, C, \mathcal{E}$

Handwritten notes:
 если $\alpha t g = g$, то делаем полные обороты.
 $g = \frac{v^2}{l}$
 $v = \sqrt{g l} = \sqrt{1,8} \approx 1,34 \text{ м/с}$

1) сразу после замыкания. C - незарядит. эквивалент. схема

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + R_1} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

2) после того как конденсатор начал заряжаться.

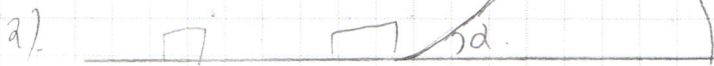
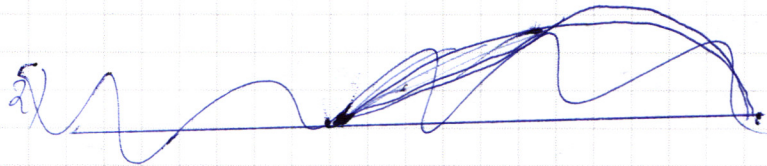
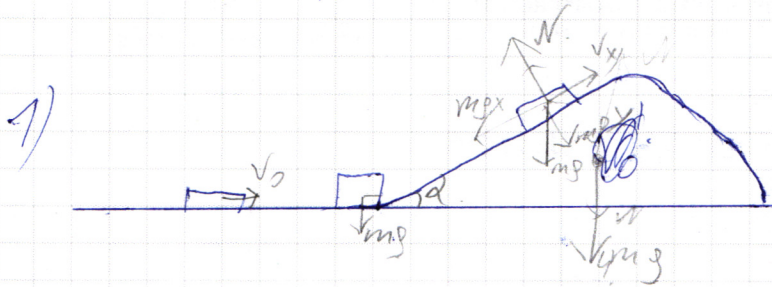
$$U = I R = \frac{\mathcal{E}}{5} R$$

$$U_1 = U_C = \frac{4\mathcal{E}}{5}$$

3) Q - ?



2 а) Дано: $m, \mu = 0, v_0, M = 4m$.



Пол. Вездет на горку монетка. замедляет из-за своего веса на некоторой высоте скорость монетки стала равна нулю. после чего монетка начала ускоряться. в обратном направлении. следовательно так же то ускорение как и при начале везды ($v_1 = \frac{3}{5}v_0$)

Пол. к монетка.

Съезжает с горки.

в обратном направлении монетка не перешла горку.

~~в обратном направлении~~

$$\begin{cases} m v_0 = M v_1 + 4 m v_2 \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{4 m v_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} v_1 = v_0 \frac{4m}{4m+m} & v_1 = \frac{3}{5} v_0 \\ v_2 = v_0 \frac{2m}{4m+m} & v_2 = \frac{2}{5} v_0 \end{cases}$$

высота которую подняла монетка $H = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{(\frac{3}{5}v_0)^2}{2g} = \frac{9v_0^2}{50g}$

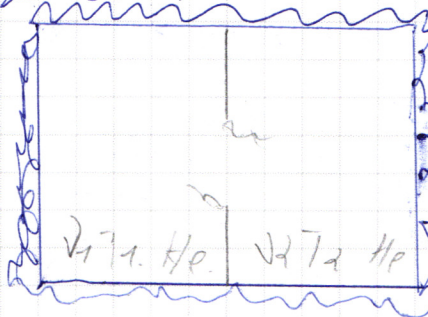
3, Дано: $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3, t_1 = 127^\circ \text{ К}$

$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $t_1 = 127^\circ \text{ К}$
 $T_1 = 400 \text{ К}$
 $V_1 = 0,1 \text{ моль}$
 $t_2 = 7^\circ \text{ К}$
 $T_2 = 280^\circ \text{ К}$
 $V_2 = 0,4 \text{ моль}$

1) газ термодинамический:

$\Delta U = A + Q$
 $Q = 0$
 $A = 0$ - работы нет

$\Delta U = \text{const}$



0,4 - 280
 $4 \cdot 28 = 80 + 32 = 112$

$t = 304 - 273 = 31^\circ \text{ К}$
 $= 104 - 73 = 31$
 $34 - 3 = 31$

He - одноатомный. значит

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

$U_1 + U_2 = U_3$

$\frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \frac{3}{2} (V_1 + V_2) R T \quad / : \frac{3}{2} R$

$\frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} = T$

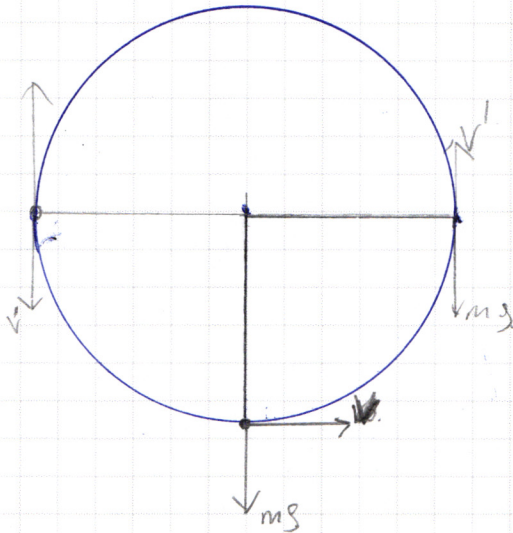
1) $T = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,1 + 0,4} = \frac{40 + 112}{0,5} = \frac{152}{0,5} = 304 \text{ К} \quad t = 304 - 273 = 31^\circ \text{ К}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

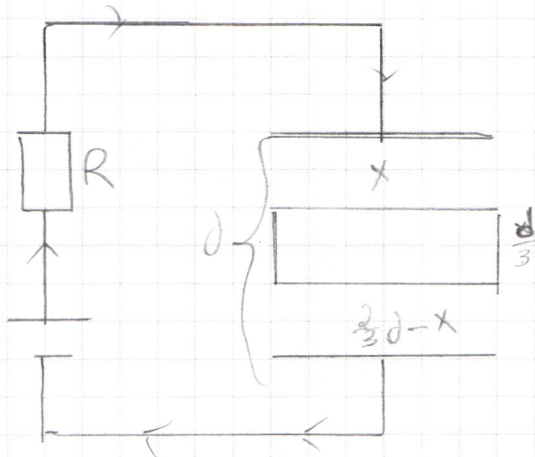
а) $P_Y = (N_1 + N_2) R T$

$$P = \frac{(N_1 + N_2) R T}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{152 \cdot 10^3}{0,152 \cdot 10^6} = 0,152 \text{ МПа}$$

б)



в)



При введении пластины в конденсатор.

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

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} = \frac{2d-x}{x}$$

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_0 = \frac{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{2}{3}d-x}}{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{2}{3}d-x}} = \frac{1}{x(\frac{2}{3}d-x)} \cdot \frac{x(\frac{2}{3}d-x)}{\frac{2}{3}d-x+x} = \frac{1}{\frac{5}{3}d}$$

$$C_0 = \frac{3}{5} C_0$$

$$4) \quad \epsilon' = \frac{3}{2} \epsilon_0$$

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

$q = \epsilon \epsilon_0$ который был,

$q = \frac{3}{2} \epsilon_0$ заряд который стал.

$$\Delta q = \frac{3}{2} \epsilon_0 - \epsilon_0 = \frac{\epsilon_0}{2} \quad \text{ЮЛ}$$

1-014

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР (заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)