

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

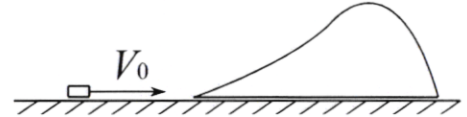
Шифр 15-012

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарика, 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.

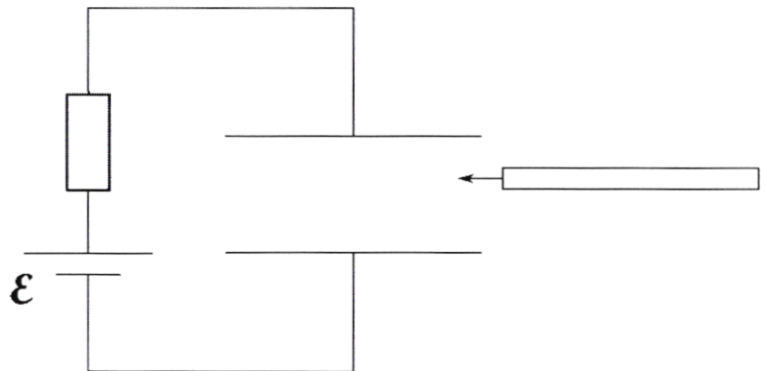


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

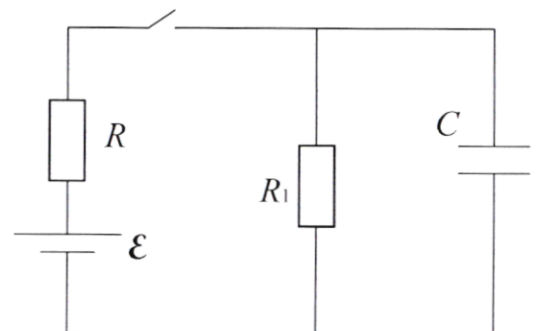
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \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 3 раза меньше расстояния между обкладками.



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

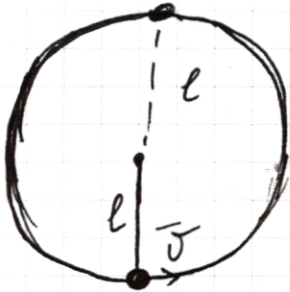
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=4R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , \mathcal{E} , R .



- 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.



по ЗСЭ в это начальный
момент времени, когда шар
в момент когда шару соод-
шают скорость энергии

$E_k = \frac{m\bar{v}^2}{2}$, рассмотрим момент,
когда $E_k \Rightarrow E_p$, этим моментом

зудет верхнее положение шарика,

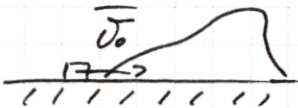
значит справедливо равенство $\frac{m\bar{v}^2}{2} = mgh$

$$v^2 = 2gh, \Rightarrow v = \sqrt{2gh} \quad h = 2l$$

$$v = \sqrt{4gl}, \Rightarrow v = 2\sqrt{gl} \Rightarrow v = 2 \cdot \sqrt{10 \cdot 0,18} = 2 \cdot \sqrt{1,8} \approx 2 \cdot 1,3 \approx 2,6 \text{ м/с.}$$

Ответ: 2,6 м/с.

2.



→ x

1) энергия, которой обладает монетка до бьеда
на незакрепленную неподвижную горку
после остановки тела переход в потенциальную
энергию монетки и кин. энергию сдвинувшейся
с места горки.

по ЗСМ:

$$m\bar{v}_0 = (m + 4m)v$$

$$v = \frac{\bar{v}_0}{5}$$

по ЗСЭ:

$$\frac{m\bar{v}_0^2}{2} = mgh + \frac{4m\bar{v}_0^2}{2}$$

$$\bar{v}_0^2 = 2gh + 4 \frac{\bar{v}_0^2}{25}$$

$$\frac{21\bar{v}_0^2}{25} = 2gh$$

$$21\bar{v}_0^2 = 50gh$$

$$h = \frac{21\bar{v}_0^2}{50g}$$

Ответ: 1) $\frac{21\bar{v}_0^2}{50g}$.

3.

1) $Q_1 = Q_2$

$$\Delta U_1 = \Delta U_2$$

$$\frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T = \frac{3}{2} \nu_2 R \Delta T$$

$$\nu_1 (T - T_1) = \nu_2 (T - T_2)$$

$$0,1 (T - 400) = 0,4 (T - 280)$$

$$T - 400 = 4T - 1120$$

$$3T = 720, \Rightarrow T = 240 \text{ K.}$$

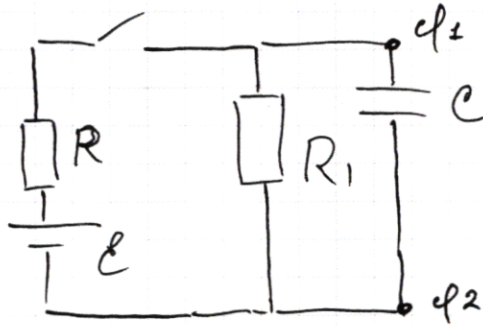
2) $pV = \nu RT$

$$p \cdot \cancel{0,31} \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot \cancel{0,31} \cdot 240$$

$$p = 120 \cdot 10^3, \Rightarrow p = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Ответ: 1) 240 K, 2) $1,2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$

5.



1) при замыкании ключа ток не пойдет, следовательно, вольтметр не покажет. Мы можем рассмотреть эквивалентную схему.

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

2) $\varphi_2 - \varphi_1 = U = Ed = \frac{kq}{d^2} d = \frac{kq}{d}$

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

$$U = \frac{q}{C} = \frac{kq}{d}$$

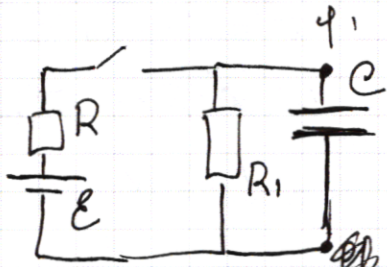
$$\Rightarrow U = \frac{Ck}{d} = \frac{C}{4\pi\epsilon_0 d}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Ответ: 1) $\frac{\varepsilon}{5R}$, 2) $U = \frac{C}{4\pi\epsilon_0 d}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

б.



Дано:
 $R_1 = 4R$
 R, C, E

1) ток через конденсатор не идёт.

$$R_{\text{итг}} = \frac{E}{R + R_1} = \frac{E}{5R}$$

2) ~~...~~ $W_c = \frac{C U^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$

$C = \frac{Q}{U}$ $\frac{Q U^2}{2C} = \frac{Q U}{2}$ $U = \frac{Q}{C}$

$U = \frac{kq}{r^2} d = \frac{Q}{C}$ $U = \frac{Q}{C}$ $W_c = \frac{E \cdot Q^2}{2C^2} = \frac{Q^2}{2C}$

$U = \frac{kC}{4\pi\epsilon_0 r}$

$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$I = \frac{dq}{dt}$

$q = k n = A \cdot c$

~~$U = \frac{kq}{da} dz$~~

3) $qE + W_c = Q$
 $qE + \frac{Q^2}{2C} = Q$

$qE + \frac{Q^2}{2C} = Q$
 $QE + \frac{C U^2}{2} = Q$

$A = U \cdot I \cdot t = U \cdot \frac{q}{t} \cdot t = U \cdot q$

2. $\frac{m v_0^2}{2} = mgh$ $gh = \frac{v_0^2}{h} = \frac{v_0^2}{\frac{2v_0}{g}} = \frac{g v_0}{2}$

$\frac{v_0^2}{2} = gh + \frac{2v_0^2}{25}$ $v = \frac{v_0}{5}$

~~$\frac{25v_0^2}{50} = 4v_0^2$~~
 ~~$21v_0^2 = 50gh$~~
 ~~$gh = \frac{21v_0^2}{50}$~~
 ~~$gh = \frac{25v_0^2}{50} = \frac{v_0^2}{2}$~~
 ~~$50gh = 25v_0^2$~~

1.



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{t}{N}$$

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$\frac{m\bar{v}^2}{2} = \frac{m\bar{v}'^2}{2} + mgh$$

$$v^2 = v'^2 + 2gh$$

$$h = l - l \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{l-h}{l}$$

$$l \cos \alpha = l - h$$

$$h = l - l \cos \alpha$$

$$\omega^2 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

$N=1$.

$$v^2 = \omega^2 R^2 - 2g(l - l \cos \alpha)$$

$$v^2 = \omega^2 l \sin^2 \alpha + 2gl - 2gl \cos \alpha$$

$$v^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} l \sin^2 \alpha + 2gl - 2gl \cos \alpha$$

$$v^2 = v'^2 + 2g(l - l \cos \alpha)$$

$$v^2 = v'^2 + 2g(l - l \cos \alpha)$$

$$R = l \sin \alpha$$

$$v = \omega R = \frac{2\pi}{T} R = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi R}{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}} = R \sqrt{\frac{g}{l}}$$

~~scribbles~~

$$v^2 = l^2 \sin^2 \alpha \frac{g}{l} + 2g(l - l \cos \alpha)$$

$$v^2 = gl \sin^2 \alpha + 2gl - 2gl \cos \alpha$$

$$v^2 = gl (\sin^2 \alpha + 2 - 2 \cos \alpha)$$

$$T \cos \alpha = mg$$

$$T \sin \alpha = ma$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{a}{g}$$

$$\cos \alpha = \frac{g}{a}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{g^2}{a^2}}$$

$$a = v^2 / R = \omega^2 R =$$



$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{g}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{g \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$a = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4\pi^2 R}{4\pi^2 \frac{l}{g}} = \frac{R \sin \alpha \cdot g}{l} = g \sin \alpha$$

$$v^2 = gl (0 + 2 - 2) = 2gl - 2gl = 0$$

~~scribbles~~ 3CA:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh$$

$$v^2 = 2gh$$

$$h = 2l$$

$$v^2 = 4gl$$

$$v = \sqrt{4gl}$$

$$v = \sqrt{4 \cdot 10 \cdot 0.18} = \sqrt{4 \cdot 1.8} = \sqrt{7.2} = 2.68 \text{ m/s}$$

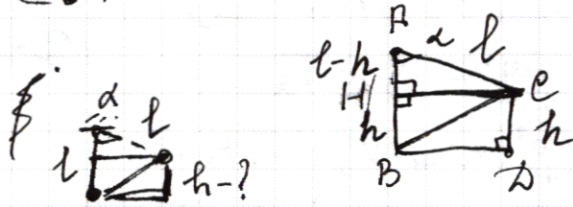
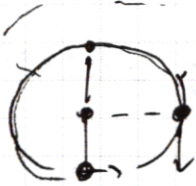
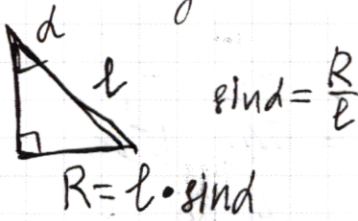
$$\sqrt{4} < \sqrt{7.2} < \sqrt{9}$$

$$2 < \sqrt{7.2} < 3$$

~~scribbles~~

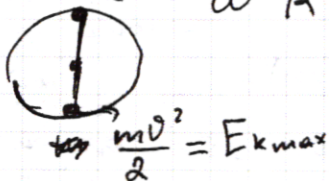
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.
 $l = 18 \text{ см}$
Угол - ?



BCD:
 $\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$

$mgh = E_{p \max}$
 $\omega^2 R = gl - g^2 \frac{l}{\omega^2}$



$\frac{mv^2}{2} = E_{k \max}$
 $v^2 = 2gl$ $v = \sqrt{2gl}$ $\Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,18} \Rightarrow v = \sqrt{3,6}$

$v^2 = 2gh$ $l - \cos \alpha l$

$\omega^2 l \sin \alpha = 2gl - 2g^2 / \omega^2$

acc. c. = $v^2 / R = \omega^2 R$

$v = \omega R$

$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$

$T \cos \alpha - mg = 0$ $T \cos \alpha = mg$
 $T \sin \alpha = ma$

$T \sin \alpha = m \omega^2 R$

$\text{tg } \alpha = \frac{a}{g}$ $\text{tg } \alpha = \frac{\omega^2 R}{g}$

$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\omega^2 l \sin \alpha}{g}$

$\cos \alpha = \frac{g}{\omega^2 l}$

$\cos \alpha = \frac{l-h}{l}$

$\cos \alpha l = l-h$
 $l - \cos \alpha l = h$

$v^2 = v^2 + gh$
 $\omega^2 R = \omega^2 R + gh \rightarrow l - \cos \alpha l$

$\omega^2 R = \omega^2 R + g(l - \frac{g}{\omega^2})$
 $\omega^2 R = \omega^2 R + g^2 l - g^2 \frac{l}{\omega^2}$

$l - \cos \alpha l = h$

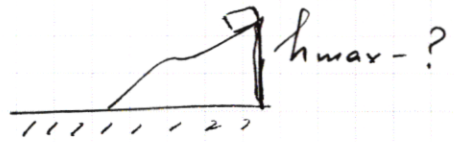
$v^2 = 2gh$

$2 \cdot 1,8 = 3,6$ $v = 1,8 \text{ м/с}$

$v^2 = 2g(l - \cos \alpha l)$ $v^2 = 2g(l - \frac{g^2}{\omega^2})$

$v^2 = 2gl - \frac{2g^2}{\omega^2}$

2.



ЗСМ: $5m$ (монета, заєгнає на розху)

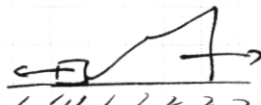
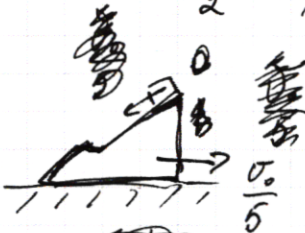
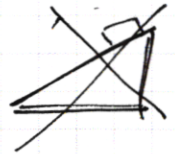
$$m v_0 = (m + 4m) v$$

$$v = \frac{m v_0}{5m}, \Rightarrow v_2 = \frac{v_0}{5}$$

ЗСЗ: $\frac{m v_0^2}{2} = m g h_{max}$

$$2 g h_{max} = v_0^2$$

$$h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$$



$$J_{0m} - \frac{v_0}{5} m = J_{km} - v' m$$

$$\frac{4 v_0}{5} = 4 v - v'$$

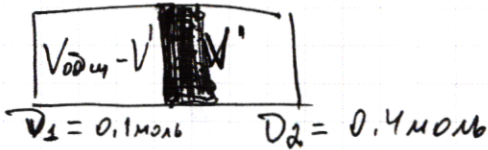
$$4 v_0 = 20 v - 5 v'$$

$$v' = \frac{20 v - 20 v}{5} \Rightarrow v' = \frac{4(v_0 - 5v)}{5}$$

→ x

3.

$t_1 = 127^\circ C$ $t_2 = 7^\circ C$



$$V_{одн} = 8.31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$p V' = \nu_2 R T_2$$

$$p (V_{одн} - V') = \nu_1 R T_1$$

$$p_{одн} V_{одн} = \nu_{одн} R T_{одн}$$

$$p' V' = \nu_2 R T_2$$

~~$$p V_{одн} = \nu_1 R T_1$$~~

~~$$p' V' = \nu_2 R T_2$$~~

~~$$p (V_{одн} - V') = \nu_1 R T_1$$~~

$$\Delta U = \frac{1}{2} \nu_2 R \Delta T = \frac{3}{2} \nu_2 R (T - T_2)$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} \nu_1 R \Delta T = \frac{3}{2} \nu_1 R (T - T_1)$$

~~$$\frac{3}{2} \nu_2 R (T - T_2)$$~~
~~$$\frac{3}{2} \nu_1 R (T - T_1)$$~~

$$T_1 = 127 + 273 = 400 \text{ K}$$

$$0.4 (T - 280) = 0.1 (T - 400)$$

$$0.4 T - 0.4 \cdot 280 = 0.1 T - 0.1 \cdot 400$$

$$0.1 \cdot 400 - 0.1 T$$

$$0.3 T = 0.4 \cdot 280 + 40$$

$$28 \cdot 4 = 80 + 32 = 112 + 40 = 152$$

$$0.3 T = 152, \Rightarrow T = 240 \text{ K}$$

$$p V = \nu R T$$

$$p \cdot 8.31 \cdot 10^{-3} = 0.5 \cdot 8.31 \cdot 240$$

$$p = 120 \cdot 10^3 = 12 \cdot 10^4$$

$$p_{одн} = 1.2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$



1) по ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{4mv^2}{2} \rightarrow x$

энергия, которой обладает монетка ро введе на незакрепленную неровную горку после остановки на монетку переходит в потенциальную энергию монетки и кин. энергию той сдвинувшейся с места горки.

$$v_0^2 = 2gh + 4v^2$$

$$v_0^2 = 2gh + 4 \cdot \frac{v_0^2}{25}$$

$$v_0^2 - \frac{4v_0^2}{25} = 2gh$$

$$\frac{25v_0^2 - 4v_0^2}{25} = 2gh \Rightarrow$$

$$21v_0^2 = 50gh$$

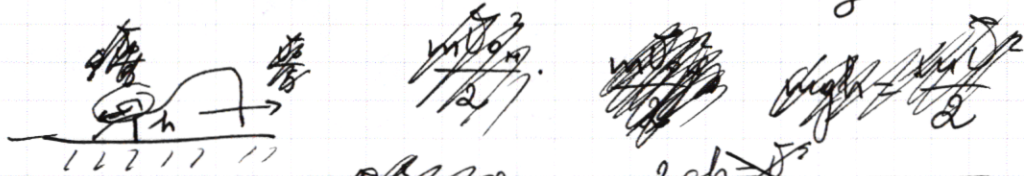
$$h = \frac{21v_0^2}{50g}$$

по ЗСЭ:

$$mv_0 = (4m + m)v$$

$$v = \frac{v_0}{5}$$

2)



$$mgh + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$m v_0 = 4m v_1 - m v_2$$

$$2gh + v^2 = v_1^2 + v_2^2$$

$$mgh + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$2gh + v^2 = v_1^2 + v_2^2$$

$$2g \frac{21v_0^2}{50g} + \frac{v_0^2}{25} =$$

$$m v_0 = 4m v_2 - m v_1$$

$$v_0 = 4v_2 - v_1$$

$$v_1 = 4v_2 - v_0$$

$$\frac{21v_0^2}{25} + \frac{v_0^2}{25} = 16v_2^2 + 8v_2v_0 + v_0^2 + v_2^2$$

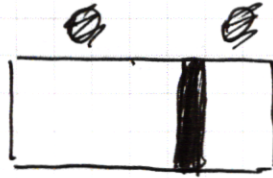
$$\frac{22v_0^2}{25} = v_2^2$$

$$-\frac{3}{25}v_0^2 = 17v_2^2 - 8v_2v_0$$

$$17 \cdot 25v_2^2 - 8 \cdot 25v_2v_0 + 3v_0^2 = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.



~~Handwritten scribbles and notes~~

~~$p_1(V_1)$~~ $p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$

$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$

$(V_1 - V_2)$

~~$\nu = \frac{m}{\mu}$~~
 $\nu = 0.5 = \frac{m}{4 \cdot 10^{-3}}$

$m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

$m = \nu \rho$

$2 \cdot 10^{-3} = 8.31 \cdot 10^{-3} \cdot \rho$ $\rho = \frac{8.31}{2} = 4.1505 \text{ кг/м}^3$

~~$p = \rho g V = 4.1505 \cdot 10 \cdot 8.31 \cdot 10^{-3}$~~

$Q_1 = Q_2$

~~Handwritten scribbles~~

~~Handwritten scribbles~~

$0.4(T - 280) = 0.1(T - 400)$

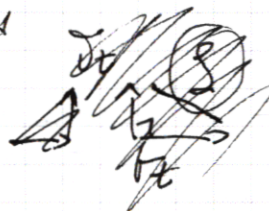
$4 \cdot 280 = 800 + 320 = 1120$

$4T - 1120 = T - 400$

$3T = 1120 + 400, \Rightarrow 3T = 1520, \Rightarrow T = 506.67 \text{ К}$

~~Handwritten scribbles~~

~~$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$~~





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-012

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)