

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

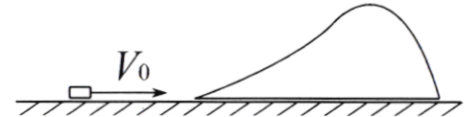
Шифр 06-026

(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.

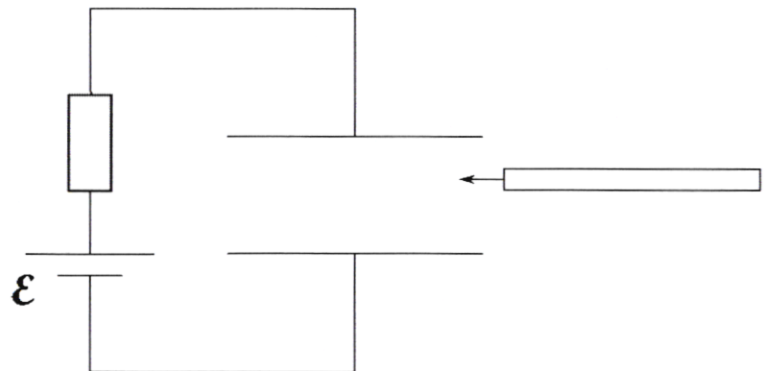


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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°C в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,4$ моль. Перегородка прорывается.

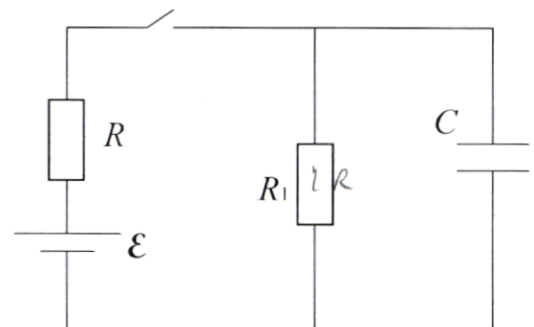
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

12

$$v_0 = v_1 + 5v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{1}{5}(v_0 - v_1)$$

~~$$v_0^2 = v_1^2 + 2v_1v_2 + 5v_2^2 \Leftrightarrow$$~~

$$\Leftrightarrow v_0^2 = v_1^2 + \frac{2}{5}v_1(v_0 - v_1) + \frac{1}{5}(v_0 - v_1)^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_0^2 = v_1^2 + \frac{2}{5}v_1v_0 - \frac{2v_1^2}{5} + \frac{1}{5}v_0^2 - \frac{2}{5}v_0v_1 + \frac{1}{5}v_1^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{5}v_0^2 = \frac{4}{5}v_1^2 \Rightarrow v_0 = v_1$$

13

$$v_0^2 = v_1^2 + v_2^2 + 4v_2^2 \} \Leftrightarrow$$

$$v_0 = v_1 + 5v_2$$

$$\Leftrightarrow v_0^2 = v_1^2 + \frac{1}{5}(v_0^2 - 2v_1v_0 + v_1^2) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{5}v_1^2 - \frac{2}{5}v_1v_0 - \frac{4}{5}v_0^2 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 8v_1^2 - 2v_1v_0 - 2v_0^2 = 0$$

$$2v_0^2 + v_1v_0 - 3v_0^2 \quad \begin{cases} \theta = v_0 \\ \vartheta = -6v_0^2 \end{cases} \quad \begin{matrix} v_1 = v_0 \\ v_1 = -\frac{2}{3}v_0 \end{matrix}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Решение:

R
 $R_1 = 4R$
 ε
 C

$I_\varepsilon = ?$
 $U_C = ?$
 $Q = ?$

1) $I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{R + R_1} = \frac{\varepsilon}{5R}$
 2) Т.к. конденсатор параллельно ε и R
 $U_C = I_\varepsilon \cdot R + \varepsilon = 1,2\varepsilon$

3) После размыкания на конденсаторе останется заряд $q_C = 1,2\varepsilon \cdot C$

$Q = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{1}{2} C (1,2\varepsilon)^2 = \frac{1}{2} C \cdot 1,44 \varepsilon^2 = 0,72 C \varepsilon^2$

Ответ: $I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{5R}$; $U_C = 1,2\varepsilon$; $Q = \frac{144}{25} \varepsilon^2 C$

№2

Дано: Решение:

m
 v_0
 $4m$
 $v_1 = ?$
 $v_2 = ?$

1) $m v_0 = m v_1 + (4m + m) v_2 \Rightarrow v_0 = v_1 + 5 v_2$
 $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{(4m + m) v_2^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = v_1^2 + 5 v_2^2$

$\begin{cases} v_2 = \frac{1}{5}(v_0 - v_1) \\ v_0^2 = v_1^2 + \frac{1}{5}(v_0^2 - 2v_0 v_1 + v_1^2) \end{cases} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_0^2 = v_1^2 + \frac{1}{5} v_1^2 - \frac{2}{5} v_1 v_0 + \frac{1}{5} v_0^2 \Rightarrow 6 v_1^2 - 2 v_1 v_0 - 4 v_0^2 = 0$
 $\Rightarrow 3 v_1^2 - v_1 v_0 - 2 v_0^2 = 0 \Rightarrow \begin{cases} v_1 = v_0 \\ v_1 = -\frac{2}{3} v_0 \end{cases} \Rightarrow \text{выбрав } v_1 = \frac{m v_0^2}{2} \Rightarrow$

μ (Продолжение)

$$\Rightarrow h_m = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$2) \begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2} + 2mV_3^2 \\ mv_0 = mv_k + 4mV_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0^2 = v_k^2 + 4V_3^2 \\ V_3 = \frac{1}{4}(v_0 + v_k) \end{cases} \quad \text{с)}$$

$$\text{с) } v_0^2 = v_k^2 + \frac{1}{4}(v_0^2 + v_k^2 - 2v_0v_k) \quad \text{с)}$$

$$\text{с) } v_0^2 = v_k^2 + \frac{v_0^2}{4} + \frac{v_k^2}{4} + \frac{v_0v_k}{2} \quad \text{с) } \frac{3}{4}v_0^2 + \frac{v_0v_k}{2} - \frac{3}{4}v_k^2 = 0$$

$$\text{с) } 3v_0^2 + 2v_0v_k - 3v_k^2 = 0 \quad \text{с) } \begin{cases} v_0 = v_k \\ v_0 = -\frac{5}{3}v_k \quad (1) \end{cases}$$

$D = +2v_k$
 $D = -15v_k^2$

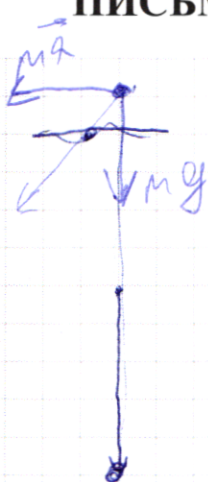
$$\text{Ответ: } h_m = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$v_k = v_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $l = 0,18 \text{ м}$

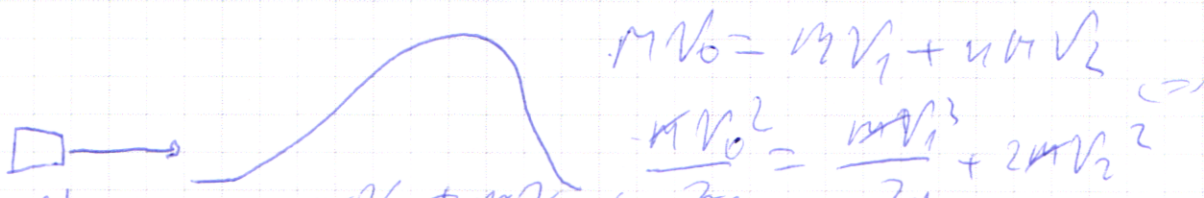
~~м~~



$$E = \frac{m v_0^2}{2} = 2mgl +$$

+ m

2)



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

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

$$\begin{cases} m v_0 = m v_1 + m v_2 \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + 2m v_2^2 \end{cases} \Rightarrow v_2 = \frac{2}{3} (v_0 - v_1)$$

$$\frac{v_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{2} - 2 \cdot \frac{1}{3} (v_0 - v_1)^2$$

$$\Rightarrow v_1^2 = v_0^2 - \frac{1}{3} (v_0^2 - 2v_0 v_1 + v_1^2)$$

$$\Rightarrow \frac{5}{3} v_1^2 - v_0^2 - \frac{1}{3} v_0^2 + \frac{1}{3} v_0 v_1$$

$$\Rightarrow 5v_1^2 - 2v_0 v_1 - 3v_0^2 = 0$$

$$D = 2v_0$$

$$D = -15v_0^2$$

$$\begin{cases} v_1 = v_0 \\ v_1 = -\frac{3}{5} v_0 \end{cases}$$

$$v_1 = -\frac{3}{5} v_0 \quad (1)$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$$

2)

N3

$Q_0 = \text{const}$

$$V_0 = 8,31 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

He; $T_{\text{He}} = 400 \text{ K}$

$$V_1 = 0,1 \text{ моль}$$

He; $T_2 = 280 \text{ K}$

$$V_2 = 0,4 \text{ моль}$$

$$\begin{array}{r} 124 \\ + 223 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 28 \\ \sqrt{4} \\ \hline 112 \end{array}$$

$$PV = \nu RT$$

$$\frac{C_V}{C_P} = \frac{i}{i-2} = \frac{3}{5}$$

$$P_1 V_0 = \nu R T_1$$

$$P_1 = 0,1 \cdot 400 = 40 \text{ кПа}$$

$$P_2 V_0 = \nu R T_2$$

$$P_2 = 0,4 \cdot 280 = 112 \text{ кПа}$$

$$V = \text{const}: C_V \nu \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 112 \text{ кПа}$$

$$C_V \cdot \nu M = \frac{3}{2} \nu R \Rightarrow C_V = \frac{3}{2} \frac{R}{M}$$

$$C_V m_1 (T_1 - \theta) = C_V m_2 (\theta - T_2) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0,4 \cdot 400 - 0,1 \theta = -0,4 \cdot 280 + 0,4 \theta \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 40 + 112 = 0,5 \theta \Leftrightarrow \theta = 304 \text{ K} = 31^\circ \text{C}$$

$$\begin{array}{r} 304 \\ - 273 \\ \hline 31 \end{array}$$

$$112$$

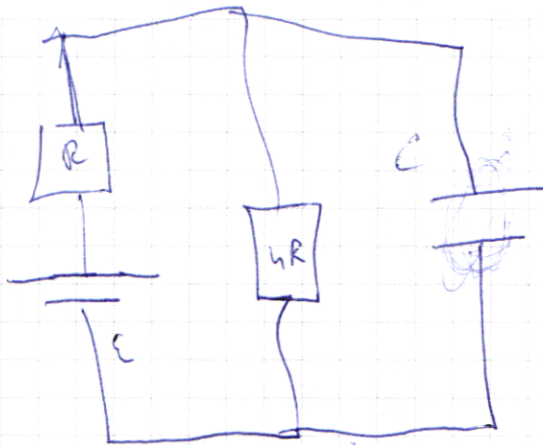
$$+ P_1 = 0,1 \cdot 304 \cdot 10^3 = 30,4 \text{ кПа}$$

$$P_2 = 0,4 \cdot 304 \cdot 10^3$$

$$\Leftrightarrow 122 \text{ кПа}$$

УОТ

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$2) U = I_1 R + \varepsilon = 1,2 \varepsilon$$

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R + 4R} = \frac{\varepsilon}{5R}$$

$$Q = \frac{q^2}{2C} = \frac{\left(\frac{2U}{\varepsilon}\right)^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{1,44 C \varepsilon^2}{2} =$$

$$= 0,72 C \varepsilon^2 = \frac{18 C \varepsilon^2}{25}$$

$\frac{72}{25}$

$$R I^2 t = \frac{q^2}{2C}$$

$$\varepsilon \frac{I^2 t}{2C} = R I^2 t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = 2RC$$

$$Q = R I^2 t = 2R^2 C \cdot \left(\frac{1,2 \varepsilon}{5R}\right)^2 =$$

$$= \frac{9 \varepsilon^2}{100} \cdot 2C = \frac{9 \varepsilon^2 C}{50}$$

$\frac{9}{50}$

$\frac{9}{25} RC$

$$C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d_1}$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d_2}$$

$$d_1 + d_2 = \frac{2}{3} d$$

$$C_0 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S \cdot \frac{1}{d_1 d_2}}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}} =$$

$$= \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\frac{2}{3} d} = \frac{3}{2} C_0$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = 4 m g h \Rightarrow v_0 = \sqrt{8 g h} =$$

$$= \sqrt{\frac{9}{50} \cdot 8 \cdot 10} = \frac{3 \cdot 2}{5} \sqrt{10} = 1,2 \sqrt{10} \approx 1,2 \cdot 3,16 =$$

\approx

$$\approx (3,1 + 0,66) =$$

$$\begin{array}{r} 3,2 \\ \times 3,2 \\ \hline \end{array}$$

$$2^{10} = 10,24$$

W

$$= 3,7 \frac{m}{c}$$

$$\begin{array}{r} 3,1 \\ \times 3,1 \\ \hline 9,31 \\ + 9,30 \\ \hline 9,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9,6 \\ + 10,2 \\ \hline 19,8 \end{array}$$

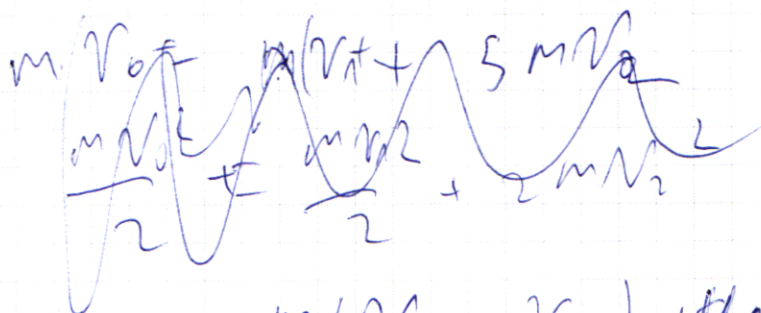
$$\frac{\frac{3}{2} c \varepsilon^2}{2} - \frac{c \varepsilon^2}{2} = \frac{a^2}{2c} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{c \varepsilon^2}{4} = \frac{a^2}{2c} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow a^2 = \frac{c^2 \varepsilon^2}{2}$$

$$a = \frac{c \varepsilon}{\sqrt{2}}$$

v_2



$$v_2 = \frac{1}{5} (v_0 - v_1)$$

$$m v_0 = m (v_1 + v_2) - m v_2 \Rightarrow m v_0 = m v_1 + 5 m v_2$$

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

$$v_0^2 = v_1^2 + 2 v_1 v_2 + v_2^2 + 4 v_2^2 \Leftrightarrow$$

v_0

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано: Решение:

$$l = 18 \text{ м}$$

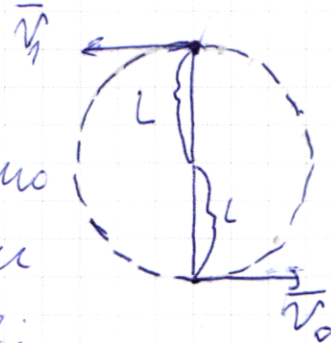
$$1) l = 18 \text{ м} = 0,18 \text{ м}$$

$v_0 - ?$

2) Шарику необходимо
подняться из нижней точки
в верхнюю и назад. Т.е.

$$\frac{mv_0^2}{2} = mg(2l) + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = mg(2l)$$



$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = 4mgL \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{8gL} = 1,4 \cdot \sqrt{10} \approx 3,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v_0 = 3,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

№4

Дано:

Решение:

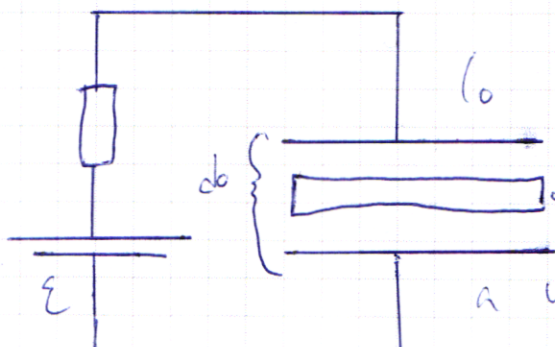
C_0

ϵ

$$d_n = \frac{d_0}{3}$$

$C_n - ?$

$\psi_k - ?$



1) Когда мы вводим
пластину, мы разделили
конденсатор на 2
последовательные соэф.
обозначим их C_1, C_2
а их толщину как d_1, d_2

$$2) C_n = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}; C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_1}; C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_2}; d_1 + d_2 = d_0 - d_n =$$

$$= \frac{2}{3} d_0 \Rightarrow C_n = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S \frac{d_1 d_2}{d_1 d_2}}{\epsilon \epsilon_0 S (d_1 + d_2)} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{2}{3} d_0} = \frac{3}{2} C_0$$

№4 (Продолжение)

$$3) \frac{C\pi E^2}{2} = \frac{q^2}{2C\pi} = \frac{C_0 E^2}{2} \Rightarrow \frac{C_0 E^2}{4} = \frac{q^2}{2 \cdot \frac{3}{2} C_0} \Rightarrow \frac{C_0 E^2}{4} = \frac{q^2}{3C_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{C\pi E^2}{2} = \frac{3C_0 E^2}{2} = \frac{3C_0 E^2}{4} \Rightarrow q^2 = \frac{3E_0^2 C_0^2}{4} \Rightarrow q = \frac{E_0 C_0 \sqrt{3}}{2}$$

Ответ: 1) $C\pi = \frac{3}{2} C_0$

2) $q = \frac{E_0 C_0 \sqrt{3}}{2}$

№3

Дано:

$$V_0 = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 127^\circ \text{C} = 400 \text{ K}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ моль}$$

$$T_2 = 7^\circ \text{C} = 280 \text{ K}$$

$$V_2 = 0,4 \text{ моль}$$

$$\theta = 2^\circ \text{C}$$

$$P_K = ?$$

Решение:

1) После прорыва клапаны газ расширяется во весь объем

$$P_1 V_0 = \nu_1 R T_1$$

$$P_2 V_0 = \nu_2 R T_1$$

2) Т.к. $V = \text{const}$, $C_V = \frac{3R}{2M}$

$$\nu_1 \cdot M_1 (T_1 - \theta) = \nu_2 M_2 (\theta - T_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_1 M_{He} (T_1 - \theta) = \nu_2 M_{He} (\theta - T_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_1 T_1 - \nu_1 \theta = \nu_2 \theta - \nu_2 T_2 \Rightarrow \theta = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 304 \text{ K} = 31^\circ \text{C}$$

$$3) P_K V_0 = (\nu_1 + \nu_2) R \theta \Rightarrow P_K = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R \theta}{V_0} = 152 \text{ кПа}$$

Ответ: $\theta = 31^\circ \text{C}$

$P_K = 152 \text{ кПа}$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-026

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)