

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

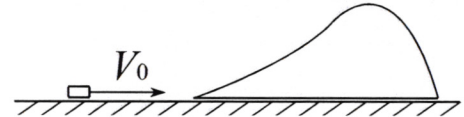
13-004

(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?

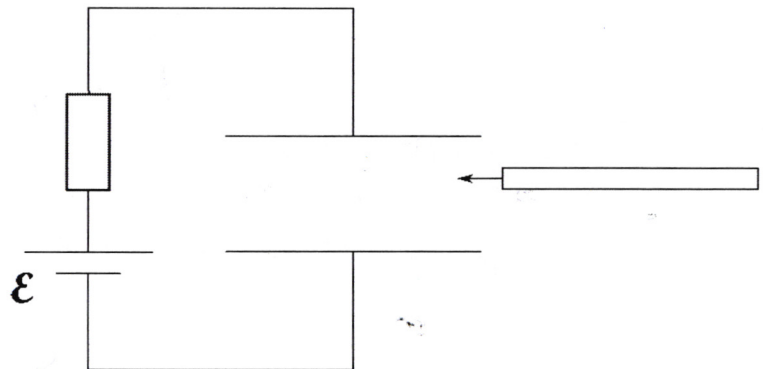
2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

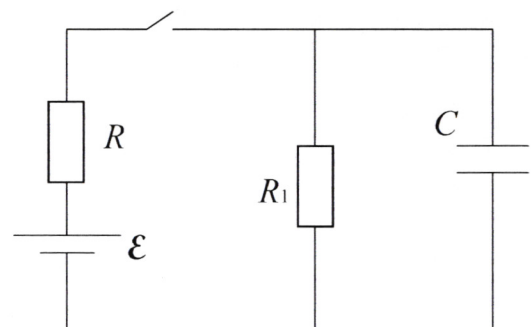
4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \mathcal{E} (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина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



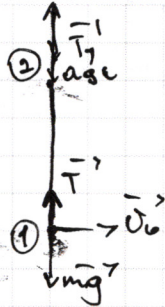
1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.

2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.

3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $R = 18 \text{ см}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



Запишем ВЗК для вершины и нижней точки

$$1) \vec{m}\vec{a} + \vec{T} = m\vec{a}_{acc}$$

на ОУ: $T - mg = ma_{acc}$, где $a_{acc} = \frac{v_0^2}{R}$

$$2) \vec{m}\vec{g} + \vec{T}_1 = m\vec{a}_{acc}$$

на ОУ: $-mg - T_1 = -ma_{acc} \Rightarrow$

$$\Rightarrow T_1 + mg = ma_{acc}, \text{ где } a_{acc} = \frac{v_0^2}{R}$$

Чтобы тело совершило ^{оборот} нужно дать такую скорость v_0 , чтобы $T = -T_1$, так как нет ни пружины, ни упругих сил.

Найдём v_1 . По ЗСЭ $\frac{mv_0^2}{2} + mgk_1 = \frac{mv_1^2}{2} + mgk_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + mg(k_2 - k_1), \text{ где } k_2 - k_1 = 2R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0^2 = v_1^2 + 4gR \Rightarrow v_1^2 = v_0^2 - 4gR.$$

Подставим в уравнения

$$\left. \begin{aligned} T &= mg + \frac{mv_0^2}{R} \\ T_1 &= -mg + \frac{mv_1^2}{R} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{T}{T_1} = -1 \Rightarrow \frac{g + \frac{v_0^2}{R}}{-g + \frac{v_0^2 - 4gR}{R}} = -1$$

$$g + \frac{v_0^2}{R} = g - \frac{v_0^2}{R} + 4g$$

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{4gR}{2}} = \sqrt{2gR} = 1,89 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

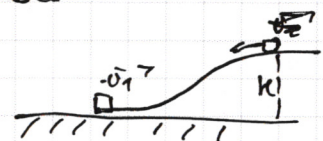
Ответ: $1,89 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $m_1 = m$
 $m_2 = 4m$
 $k = ?$
 v_2

Поскольку горка неподвижна, то по ЗСЭ, тело в нижней точке будет иметь скорость v_1 и v_2 равной начальной.

$$m\vec{v}_0 = m\vec{v}_1$$

$$v_0 = v_1 \Rightarrow \text{По ЗСЭ: } \frac{mv_1^2}{2} = mgk$$



При достижении k , скорость будет равна нулю \Rightarrow

$$K = \frac{v_0^2}{2g} ; \quad \text{При падении тело свободно ускорением } \vec{a} = g \Rightarrow \\ \Rightarrow \vec{v}_1^2 = v_0^2 + \vec{a}t^2 \\ \vec{v}_0 = -\vec{a}t \Rightarrow |a| = \frac{v_0}{t}$$

При спуске тело будет двигаться тем же ускорением, так как равнодействующая сил не изменилась \Rightarrow

$$v_2 = at ; \text{ т.к. тело имеет начальную скорость } 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{v_0 \cdot t}{t} \Rightarrow v_2 = v_0$$

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

3) $V = 8,31 \cdot 10^{-3}$ | // По уравнению Менделеева-Клапейрона

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

$$V_1 = 91 \text{ мм}^3$$

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

$$V_2 = 94 \text{ мм}^3$$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases}, \text{ где } V_2 = 8,31 \cdot 10^{-3} V_1 \Rightarrow$$

\Rightarrow По закону Дальтона общее давление переноски

$$p_0 = p_1 + p_2 \Rightarrow p = \frac{p_2 R T_1}{M_2} + \frac{p_2 R T_2}{M_2} = \frac{p_2 R (T_1 + T_2)}{M_2} = 565,1 \frac{p_2}{M_2}$$

2) Поле равнодействующей:

$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$\frac{565,1 \cdot p_2 \cdot m_2}{M_2 \cdot p_2} = \nu R T_0$$

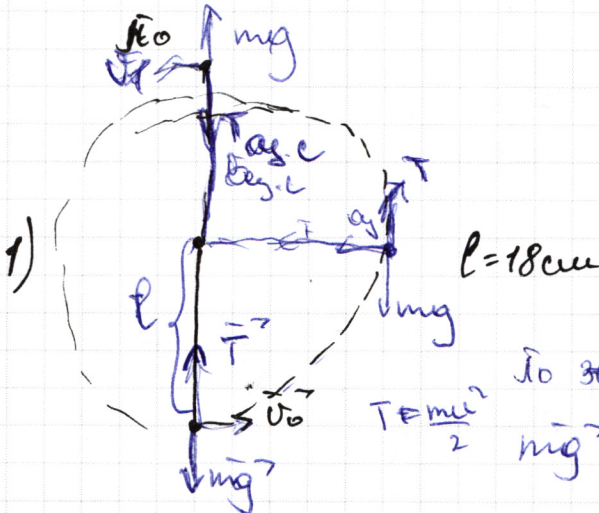
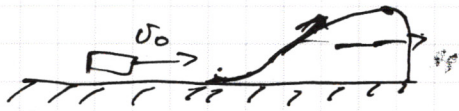
$$565,1 \cdot V_2 = \nu R T_0$$

$$T_0 = \frac{565,1 \cdot V_2}{\nu R} = 407^\circ\text{C}$$

$$\text{Ответ: } 407^\circ\text{C}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)



на 3 си. $m v_0^2 = m v_1^2 + m_2 v_2^2$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgk$$

$$k = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$mgk = \frac{m v_1^2}{2}$$

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

$$v_1 = v_0$$

$$T = mg + \frac{m v_0^2}{R}$$

$$T_1 = m v_0^2 - mg$$

$$T = T_1 = mg + \frac{m v_0^2}{R} = \frac{m v_0^2 + mgR}{R}$$

$$v_1 = v_0 + at$$

$$\frac{2m v_0^2}{R} = 0$$

$$T + m$$

$v_0 = 13.3 \text{ м/с}$

$$T = \frac{m v_1^2}{R}$$

$$mg + T = m a_{\text{центр}} \\ a = \frac{v^2}{R}$$

$$T - mg = \frac{m v_0^2}{R}$$

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

$$F_{\text{с.с}} \quad m v_0^2 = m v_1^2 + 4mgR$$

$$T_1 = \frac{m v_1^2}{R} - mg = v_0^2 - 4gR$$

$$v_1 = \frac{v^2}{R} \cdot t$$

$$v = v_0 + at = v_0 + \frac{v_0^2}{R} t$$

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

$$v_0^2 - v_1^2 + 4gR$$

$$v_1^2 = v_0^2 - 4gR$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - 4gR}$$

$$\frac{v_0^2 - 4gR}{R} = -g - \frac{v_0^2}{R}$$

$$\frac{v_0^2 - 4gR - gR}{R} = -\frac{v_0^2}{R} \Rightarrow T = -T_1 = \frac{2v_0^2 - 9gR}{2R}$$

$$T_1 = \frac{m(v_0^2 - 4gR)}{R} - mg$$

$$T = mg + \frac{m v_0^2}{R}$$

$$\frac{m(v_0^2 - 4gR)}{R} - mg = mg + \frac{m v_0^2}{R}$$

$$\frac{m(v_0^2 - 4gR)}{R} - mg = mg + \frac{m v_0^2}{R}$$

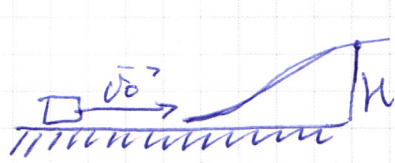
$$\frac{m v_0^2 - 4gRm - mgR}{R} = mg + \frac{m v_0^2}{R}$$

$$\frac{m v_0^2}{R} - 4g = -\frac{m v_0^2}{R}$$

$$\frac{m v_0^2}{R} - 4g = -\frac{m v_0^2}{R}$$

$$2m v_0^2 = 4gR \\ v_0 = \sqrt{\frac{4gR}{2}} = \sqrt{2gR}$$

2)



$$m\vec{v}_0 = m\vec{v}_1 + 4m\vec{v}_2$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g}; \quad v_0 = 0; \Rightarrow mgh = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$m v_0 = m v_1$$

$$m v_0^2 = mgh$$

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

$$a \cdot t = v_0$$

$$a = \frac{v_0}{t}$$

$$v = v_0 + at$$

$$v = v_0$$

~~$$m v_0 \cos \alpha = mgh$$~~

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

$$v_0 = v_1 + 4v_2$$

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2}; \quad \frac{v_1^2}{2} = a s$$

$$s = \frac{v_1 t}{2}; \quad t = v_1$$

$v_1 t$

3) $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$T_1 = 400 \text{ K}$
 $V_1 = 0,1 \text{ mol}$

$T_2 = 280 \text{ K}$
 $V_2 = 0,4 \text{ mol}$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} \\ p_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2} \end{cases}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1 V_2}{T_2 V_1}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{40 \cdot 8,3}{280}$$

$$p = \frac{\nu R T_1}{V_1} + \frac{\nu R T_2}{V_2} = \nu R T_2$$

$$p V = \nu R T_2$$

$$\nu (8,31 \cdot 10^{-3})$$

~~$$\left(\frac{\nu R T_1}{V_1} + \frac{\nu R T_2}{V_2} \right) V = \nu R T_2$$~~

8,31	
x	8,31 + 0,1

~~$$\left(\frac{40}{V_1} + \frac{112}{V_2} \right) (V_1 + V_2) = 0,5 \cdot T_2$$~~

~~$$\frac{40(V_1 + V_2)}{V_1 V_2} = 0,5 T_2$$~~

~~$$\frac{40(V_1 + V_2)}{V_1 V_2} = 0,5 T_2$$~~

~~$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$~~

$$\left(\frac{40}{V_1} + \frac{112}{V_2} \right) (V_1 + V_2)$$

$$40 \frac{V_2}{V_1} + 112 \frac{V_1 + V_2}{V_2}$$

$V_2 =$

$$m = \nu \cdot \beta$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p(V_1 + V_2)}{T} \quad p_1$$

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p(V_1 + V_2)}{T}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \sqrt{R T_1} \\ P_2 V_2 = \sqrt{R T_2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_1 V_1 = 40R \\ P_2 V_2 = 112R \end{cases}$$

$$P_1 + P_2 = \frac{40R}{V_1} + \frac{112R}{V_2}$$

$$P_1 V_1 = \sqrt{R T}$$

$$P \left(\frac{40R}{V_1} + \frac{112R}{V_2} \right) = 8,31 \cdot 10^3 = \sqrt{R T}$$

$$\frac{40 + 112 V_2}{V_1 (1 + 2,8 V_2)} = \dots$$

$\frac{P_1 V_1}{\sqrt{R T}}$	$P_2 V_2$
------------------------------	-----------

$P_1 + P_2$

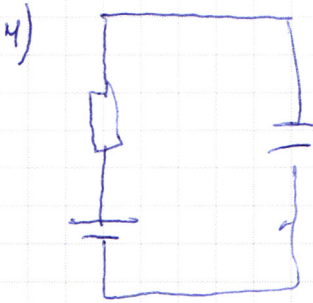
$$\frac{\sqrt{R T_1}}{V_1} = \frac{\sqrt{R T_2}}{V_2}$$

$$\begin{cases} \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P V}{T_0} \\ \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P V}{T_0} \\ P_1 + P_2 = \frac{P V}{\sqrt{R T_0}} \\ P_2 V_2 = \sqrt{R T_2} \end{cases}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\sqrt{T_2}}{V_1} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

$$\begin{cases} P_1 + P_2 = \frac{40R}{V_1} + \frac{112R}{V_2} \\ \frac{V_2 T_2 P_2}{V_1 T_1} = \dots \end{cases}$$



$$U = \epsilon \cdot d$$

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

$$m = \frac{P}{v}$$

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \sqrt{R T_1} \\ P_2 V_2 = \sqrt{R T_2} \end{cases}$$

$m = v \cdot P$

$$P_1 + P_2 = \frac{P_0 R_0}{\sqrt{R T_0}} \left(\frac{P_1 V_1}{\sqrt{R T_1}} + \frac{P_2 V_2}{\sqrt{R T_2}} \right)$$

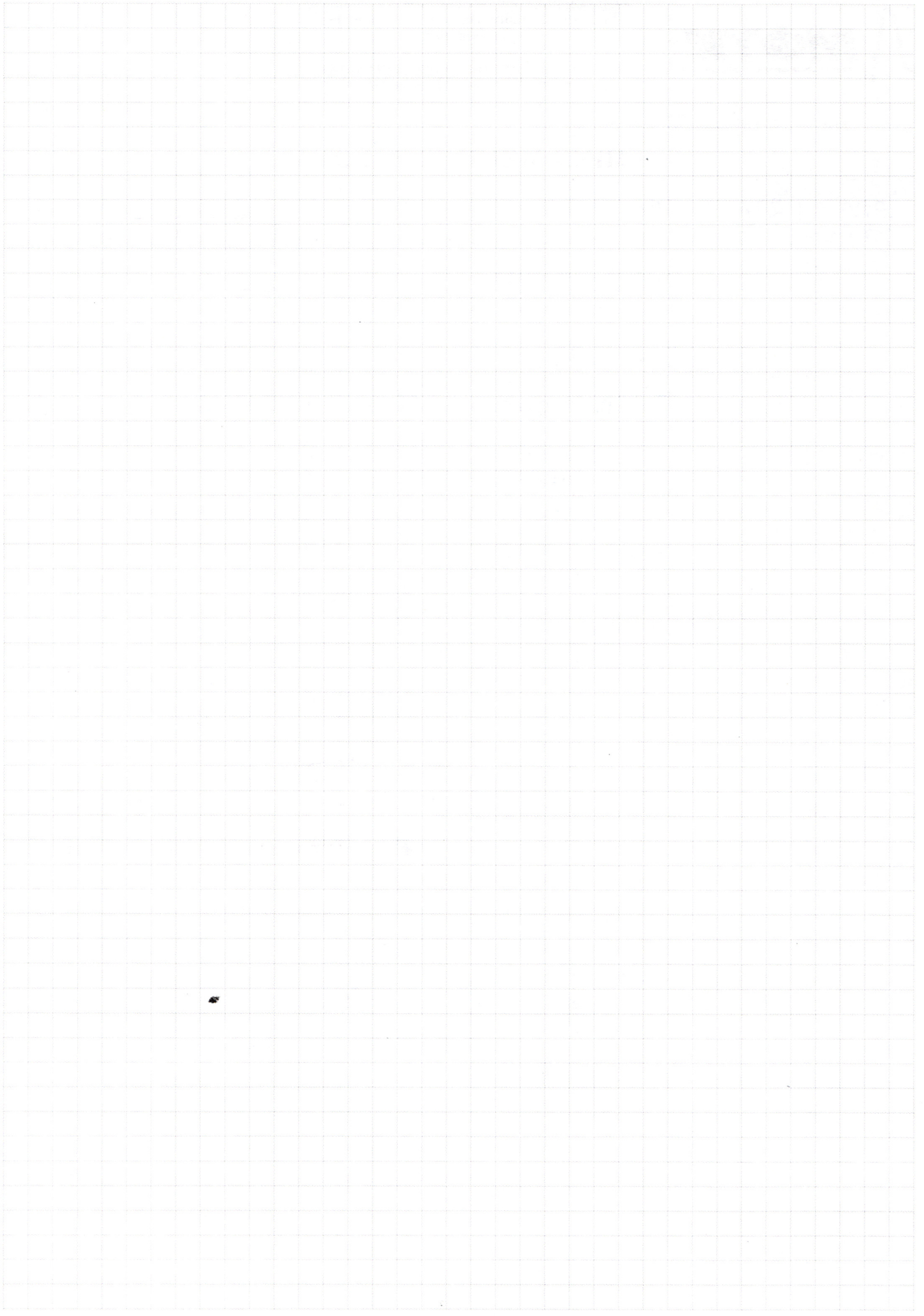
$$P_1 + P_2 = \dots$$

m

$$P_1 = \frac{m_1 R T_1}{M \cdot v}$$

$$P_1 = \frac{P_2 R T_1}{R}$$

$$P V = \sqrt{R T_0} \cdot 565,1 \dots$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

13-007

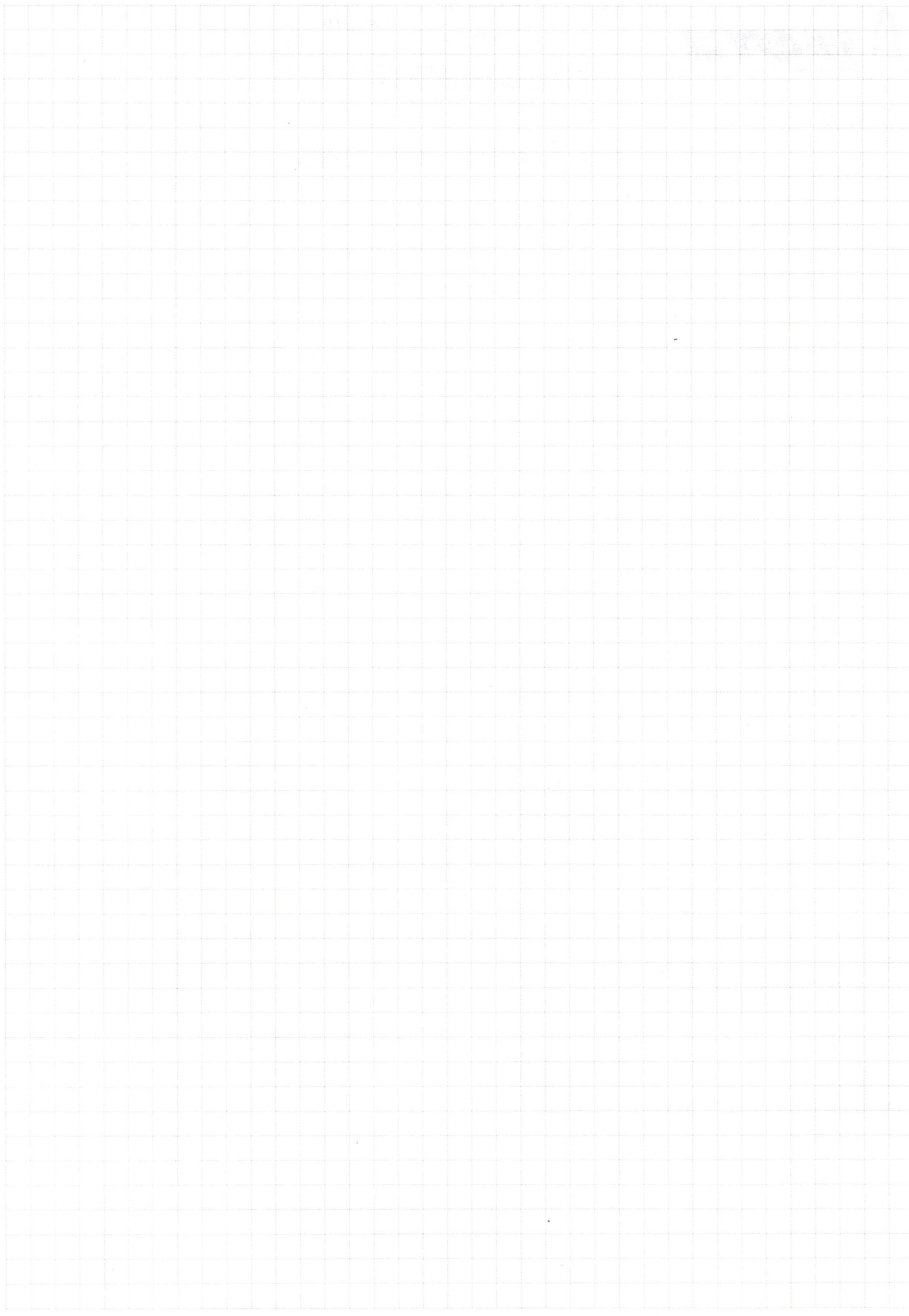
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

13-004

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)