

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-02

Класс 10

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в.

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

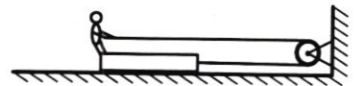
1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.

2) Найти время полета гайки.

3) С какой высоты была брошена гайка?

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

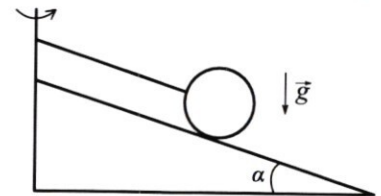
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.

2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

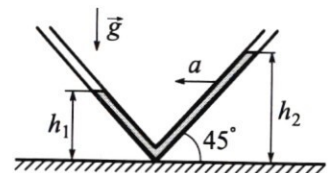


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?

2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

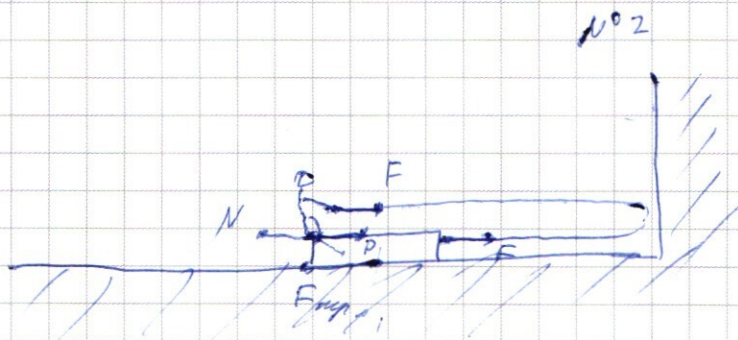
№ 1

$$v_{2x} = v_{0x} = v_0 \cos 30^\circ$$

$$v_{0y} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 30^\circ} = \sqrt{\frac{13}{4}v_0^2} = \frac{\sqrt{13}v_0}{2} \quad -1$$

$$t = \frac{v_{0y} + v_{0y}}{g} \quad -2$$

$$h = v_{0y} \sin 2t - \frac{g t^2}{2} \quad -3$$



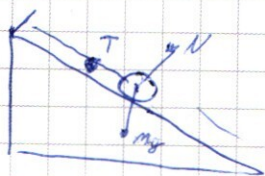
$$N = (M+m)g \quad -1$$

$$2F = \mu (M+m)g$$

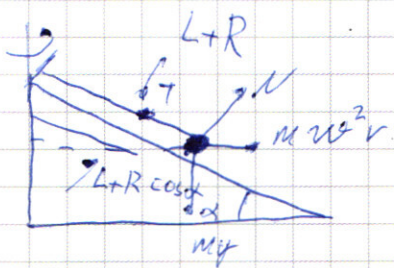
$$F_0 = \frac{\mu}{2} (M+m)g \quad -2$$

$$a = \frac{F - \frac{\mu}{2} (M+m)g}{M+m} = \frac{F}{M+m} - \frac{\mu}{2}g$$

$$s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$



$$N = mg \cos \alpha \Rightarrow P_n = mg \cos \alpha \quad -1$$



№4

$$N = m(g \cos \alpha - w^2 r \sin \alpha)$$

$$P_{\text{пр.}} = m(g \cos \alpha - w^2 r \sin \alpha) - 2$$

№5

$$P_{\text{к.н.}} V = \bar{v} RT$$

$$P_{\text{к.н.}} V = \frac{\mu}{\mu} RT$$

$$P_{\text{н.}} = \frac{P_{\text{к.н.}} \mu}{RT}$$

$$\frac{P_{\text{н.}}}{P_{\text{в.}}} \downarrow - 1$$

$$P_{\text{к.н.}} \frac{V}{\gamma} = \bar{v}_{\text{н.}} RT$$

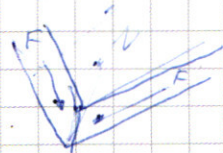
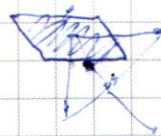
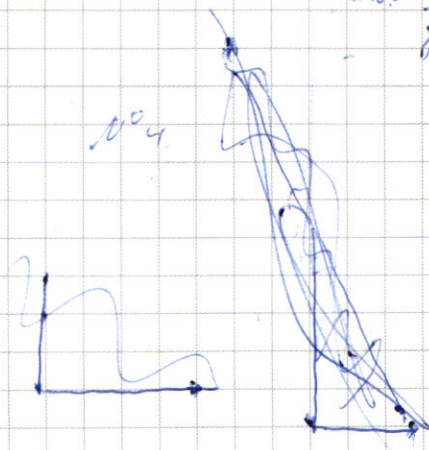
$$\bar{v}_{\text{в.}} = \bar{v} - \bar{v}_{\text{н.}} = \frac{P_{\text{к.н.}} V}{RT} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$V_{\text{в.}} = \frac{\bar{v}_{\text{в.}} \mu}{P_{\text{в.}}}$$

$$\downarrow$$

$$\frac{V}{\gamma V_{\text{в.}}} - 2$$

№6

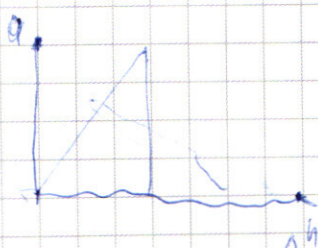


№7

$$\rho h_1 S (y+a) \sin 45 = \rho h_2 S (y-a) \sin 45$$

$$h_1 y + h_1 a = h_2 y - h_2 a$$

$$h_2 = h_1 \frac{y+a}{y-a}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_{k,x} = 22$$

$$v_{k,y} = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$

Решение:

Введём координаты, как на рисунке:

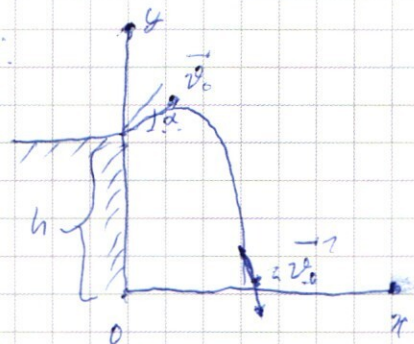
$$\text{тогда } a_y = -g, a_x = 0$$

$$\text{Значим } v_{k,x} = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{k,y} = -\sqrt{v_k^2 - v_{k,x}^2} = -v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{v_0}{2} \sqrt{13} = -\frac{10 \text{ м/с}}{2} \cdot \sqrt{13} \approx -5 \text{ м/с} \cdot 3,6 = -18 \text{ м/с}$$

по модулю — 18 м/с



$$\begin{array}{r} 35 \\ \times 35 \\ \hline 175 \\ 1050 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 216 \\ 1080 \\ \hline 1296 \end{array} \approx 13$$

Время полёта можно выразить через изменение верт. составляющей v :

$$t = \frac{v_{k,y} - v_{0y}}{-g} = \frac{v_0 \sin \alpha - v_{k,y}}{g} \approx \frac{10 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} - (-18 \text{ м/с})}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{23 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 2,3 \text{ с}$$

$$h = -s_y = -\left(v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}\right) = \frac{gt^2}{2} - v_0 \sin \alpha t = \frac{10 \cdot 2,3^2}{2} - 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,3 =$$

$$= 5 \cdot 5,29 - 11,5 = 14,95 \text{ (м)}$$

Ответ: 18 м/с; 2,3 с; 14,95 м

№2

Дано:

$$S, m, M = 2 \text{ м}$$

$$m$$

Сразу будем рассматривать систему «человек + стул» с человеком, записывая 23 Н. для мин, т.е. тогда внеш. силы можно не учитывать (они скомпенсируются) масса системы: $M_{\text{сист.}} = m + M = 3 \text{ т}$

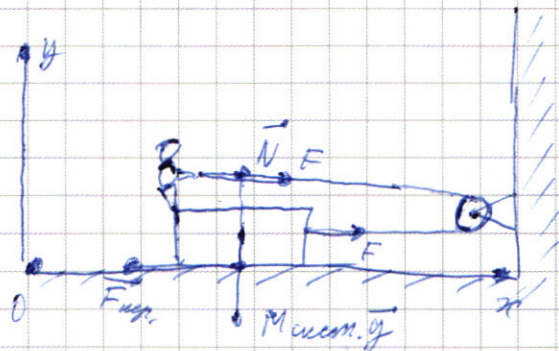
$P_1 - ?$ По 2 з.л.;
 $F_0 - ?$ По 2 з.л. $F_0 + F_0 = F_{\text{тр.}}$ (рассматриваем минимальные силы)
 $t_{\text{тр.}} - ?$ По 2 з.л. $0_y: -M_{\text{шар.}} g + N = 0$

Отсюда $N = M_{\text{шар.}} g = 3 \text{ мд}$

По 2 з.л. $\vec{P} = -\vec{N} \Rightarrow P = N = 3 \text{ мд}$

$2F_0 = F_{\text{тр.}}$, $F_{\text{тр.}} = \mu N$

$F_0 = \frac{F_{\text{тр.}}}{2} = \frac{\mu}{2} \cdot \frac{3 \text{ мд}}{2} = 0,75 \text{ мд}$



Пусть человек действует на веревку с силой $F > F_0$

тогда 2 з.л. на 0_x :

$2F - F_{\text{тр.}} = ma \Rightarrow a = \frac{2F}{m} - 3 \mu g$

Кинематика равноуск. движения:

$s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s}{\frac{2F}{m} - 3 \mu g}} = \sqrt{\frac{s}{\frac{F}{m} - 1,5 \mu g}}$

Ответ: 3 мд ; $\frac{3 \mu}{2} \text{ мд}$; $\sqrt{\frac{s}{\frac{F}{m} - 1,5 \mu g}}$

№3

Дано:

m, R, L

L

$P_1 - ?$

$P_{\text{пр.}} - ?$, если не

Решение:
система координат:

Введем систему координат, 0

показ на рисунке

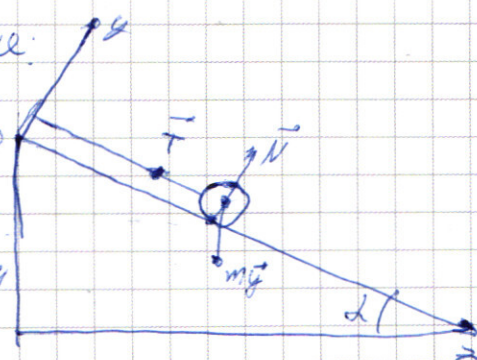
Запишем 2 з.л. для шарика

в проекциях:

$0_x: mg \sin \alpha = T$

$0_y: mg \cos \alpha = N$

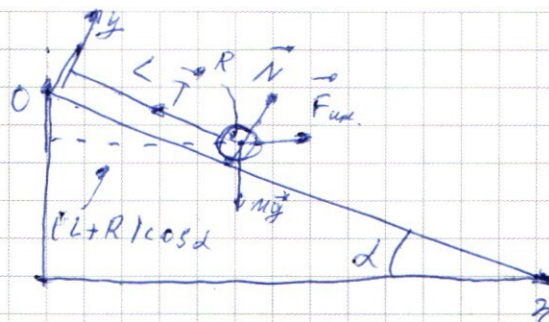
по 3 з.л. $\vec{P} = -\vec{N} \Rightarrow P_1 = N = mg \cos \alpha$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

система вращается.

Введем систему координат, как на рисунке.



Перейдем в систему в.с.о., чтобы

система пошла (ось — вертикальная, угл. сб. — ω)

Тогда для горизонтальной записи ~~координат~~ 2 з.н. необходимо учесть возникшую силу инерции, равную $F_{ин} = m\omega^2(L+R)\cos\alpha$

2 з.н. в проекции на Oy;

$$N + F_{ин} \sin\alpha - mg \cos\alpha = 0$$

$$N = mg \cos\alpha - m\omega^2(L+R)\cos\alpha \sin\alpha = m \cos\alpha (g + \omega^2(L+R) \sin\alpha)$$

$$\text{по 3 з.н. } \vec{P} = -\vec{N} \Rightarrow P = N = m \cos\alpha (g + \omega^2(L+R) \sin\alpha)$$

№4

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$h_2 = ?$$

$$g = ?$$

Решение:

Перейдем в в.с.о. ~~не связанную~~ связанную с трубой
~~и~~ рассмотрим маленький кусочек пистолета
в левом конце трубы массой dm .



~~Заметим, что...~~

т.к. мы находимся в Н.С.О., то возникает $F_{ин} = dm a$

Заметим, что камини бы ни были проекции сил на Oy, они будут скомпенсированы силой реакции опоры со стороны стены.

П.н. сил реакции нет, то проекция на Ox будет
составлено только из компонент эл. сил.

Правый отрезок, если равнодействующая для этого участка сила σF ,

$$\text{то } \sigma F = \sigma m g \cdot \sin \alpha + \sigma m a \cdot \cos \alpha = \sigma m \sin \alpha (a + g) \quad (\text{т.к. } \alpha = 45^\circ,$$

$$\sigma m = \rho S \sigma l = \rho S \frac{\sigma h}{\sin \alpha}$$

$$\sigma F = \rho S \sigma h (a + g)$$

если предположим, что весь участок в левом поле, то получим,
что $F_1 = \rho S h_1 (a + g)$

аналогично для правого поля: $F_2 = \rho S h_2 (g - a)$

Теперь если рассмотрим движение на "повертении", проходящую через
линии перегиба трубы, то они должны

быть равны:

$$P_1 = \frac{F_1 \cos \alpha}{S_1}, \quad P_2 = \frac{F_2 \cos \alpha}{S_2}$$

$$\text{т.к. } P_1 = P_2, \quad \text{то } F_1 = F_2$$

$$\rho S h_1 (a + g) = \rho S h_2 (g - a)$$

Отсюда получим ответ:

$$h_2 = h_1 \frac{g + a}{g - a} = 0,1 \text{ м} \cdot \frac{10 \text{ м/с}^2 + 4 \text{ м/с}^2}{10 \text{ м/с}^2 - 4 \text{ м/с}^2} = 0,1 \text{ м} \cdot \frac{14}{6} \approx 0,23 \text{ м}$$

Скорость движения можно найти из 3. с.з.

Высота столба, когда трубы выровняются

$$\text{равна } h = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0,33 \text{ м}}{2} = 0,165 \text{ м}$$

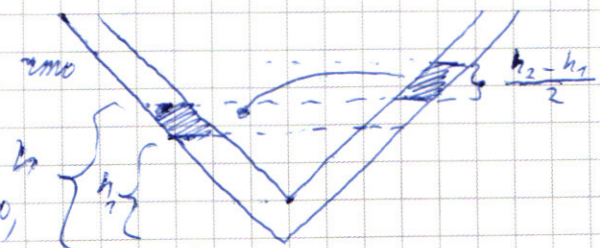
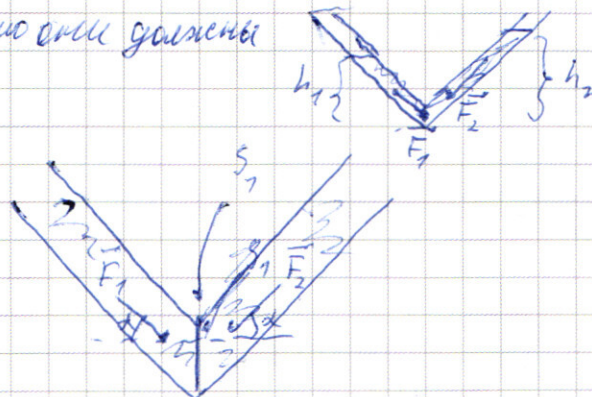
при таком переходе можно сказать, что

часть столба правого колена выскочит

$$h_2 - h = \frac{h_2 - h_1}{2} \text{ переместилась в левое колено,}$$

$$\text{отступившая при этом на } \Delta h = 2 \cdot \frac{h_2 - h}{2} = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

П.н. сил реакции нет, то, в соответствии с 3. с.з. (т.к. $v_0 = 0$),



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mv^2}{2} = \Delta m g \cdot h, \text{ где:}$$

$$\Delta m = \rho S \cdot \frac{h_2 - h_1}{2 \cos \alpha}$$

$$m = \rho S \left(\frac{h_1 + h_2}{2 \cos \alpha} \right)$$

$$(h_1 + h_2) v^2 = (h_2 - h_1) g \cdot \frac{h_2 - h_1}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{(h_2 - h_1)^2 g}{2(h_1 + h_2)}} \approx \sqrt{\frac{10,23 - 0,1)^2 \cdot 10}{2 \cdot (10,23 + 0,1)}} = \sqrt{\frac{0,0169 \cdot 10}{0,66}} =$$

$$= \sqrt{\frac{16,9}{66}} \approx \frac{1,3}{8} \approx 0,16 \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} 7,300 \mid 8 \\ - 56 \\ \hline 140 \\ - 112 \\ \hline 280 \\ - 256 \\ \hline 240 \\ - 224 \\ \hline 160 \\ - 160 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} 0,162 \dots \approx 0,16 \end{array}$$

Ответ: 0,23 м; 0,16 м/с

№ 5

Дано:

$$T = 300 \text{ К}$$

$$P_{\text{н.п.}} = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$\gamma = 5,6$$

$$\rho_{\text{в.}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 0,018 \text{ м/моль}$$

$$\frac{P_{\text{н.}}}{P_{\text{в.}}} = ? ; \frac{V_{\text{н.}}}{V_{\text{в.}}} = ?$$

Решение:

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона
в молекулярном виде.

$$P_{\text{н.п.}} V_{\text{н.}} = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$P_{\text{н.п.}} = \frac{P_{\text{н.}}}{\mu} RT \Rightarrow \frac{P_{\text{н.}}}{P_{\text{в.}}} = \frac{P_{\text{н.п.}} \mu}{RT \cdot P_{\text{в.}}} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ м/моль}}{8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3} =$$

$$= \frac{3,55 \cdot 6 \cdot 10^{-5}}{8,3} = \frac{21,3}{8,3} \cdot 10^{-5} \approx \frac{2,1}{8} \cdot 10^{-5} \approx 2,6 \cdot 10^{-5}$$

м.к. $P = P_{\text{м.к.}}$, то при статич. пар. конденсир.:

$$P_{\text{м.к.}} V_0 = \bar{V}_0 RT$$

$$P_{\text{м.к.}} \frac{V_0}{\gamma} = \bar{V}_k RT$$

$$\bar{V}_k = \bar{V}_0 - \bar{V}_n = \frac{P_{\text{м.к.}} V_0}{RT} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \text{ — кол-во ссыг. в.д.}$$

$$V_k = \frac{m_k}{\rho_k} = \frac{\bar{V}_k \mu}{\rho_k} = \frac{P_{\text{м.к.}} V_0 (\gamma - 1) \mu}{RT \gamma \rho_k}$$

$$\frac{V_n}{V_k} = \frac{V_0}{X} \cdot \frac{RT \gamma \rho_k}{P_{\text{м.к.}} X (\gamma - 1) \mu} = \frac{RT \rho_k}{P_{\text{м.к.}} (\gamma - 1) \mu} = \frac{0,37 \cdot 300 \cdot 1000}{3,55 \cdot 10^3 (5,6 - 1) \cdot 18 \cdot 10^{-3}} \approx$$

$$\approx \frac{0,3}{213,46} \cdot 10^5 \approx \frac{0,3}{58} \cdot 10^5 \approx \frac{0,3}{100} \cdot 10^5 = 0,3 \cdot 10^3$$

$$\begin{array}{r} 213 \\ \times 46 \\ \hline 1278 \\ + 852 \\ \hline 9798 \approx 98 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21346 \\ \times 98 \\ \hline 168768 \\ + 192114 \\ \hline 2092228 \end{array}$$

Ответ: $\frac{m_k}{\rho_k} = 2,6 \cdot 10^{-5}$, $\frac{V_n}{V_k} = 0,3 \cdot 10^3$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

