

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 10

Вариант 10-02

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 $2V_0$.

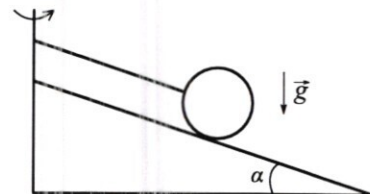
- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета гайки.
 - 3) С какой высоты была брошена гайка?
- Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



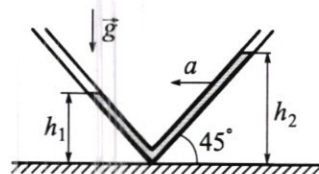
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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?

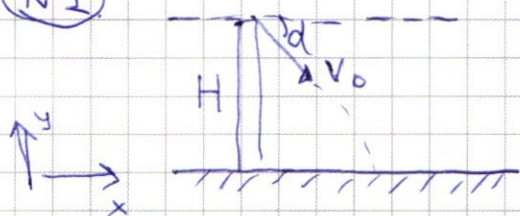
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

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

N 1



1) По закону движения равноускорен:

$$H = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$
 ($H(m)$ - высота броски; $t(c)$ - время полёта)

2) По условию в конце скорость равна ($2v_0$):

($v_{xk}(m/c)$ - конечная скорость $0x$; $v_{yk}(m/c)$ - $0y$)

v_{x0}, v_{y0} - (m/c) начальные скорости по осям.

$$\begin{cases} (1) \sqrt{v_{yk}^2 + v_{xk}^2} = 2v_0 \\ (2) v_{yk} = v_{y0} + gt = v_0 \sin \alpha + gt \\ (3) v_{xk} = v_{x0} = v_0 \cos \alpha \end{cases}$$

Подставим в (1) (2) и (3):

$$(1) \sqrt{(v_0 \sin \alpha + gt)^2 + (v_0 \cos \alpha)^2} = 2v_0$$

$$(v_0 \sin \alpha + gt)^2 + (v_0 \cos \alpha)^2 = 4v_0^2$$

(по укл: $\alpha = 30^\circ$; $g = 10 m/c$; $v_0 = 10 m/c$)

$$(v_0 \sin \alpha + gt)^2 = 4v_0^2 - (v_0 \cos \alpha)^2$$

$$v_0 \sin \alpha + gt = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$v_0 \frac{1}{2} + gt = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2}$$

$$5 + gt = \sqrt{400 - 50 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = 5 \sqrt{16 - 2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = 5 \sqrt{13}$$

$$t = \frac{5 \sqrt{16 - 2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} - 5}{10} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2}$$

3) Найдём требуемое:

$$1) v_{yk} = v_0 \sin \alpha + gt = 5 + 10 \cdot t = 5 + 5(\sqrt{13} - 1) = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

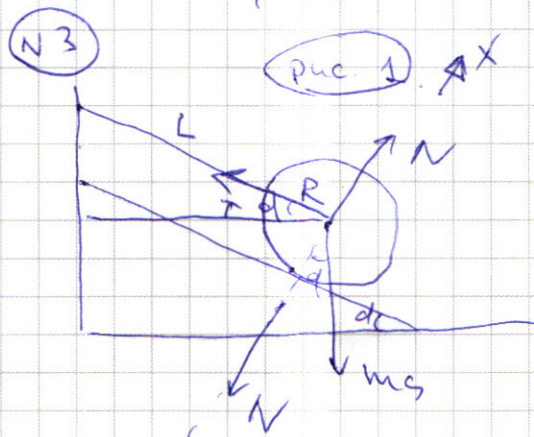
$$2) t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$$

$$3) H = 5t + \frac{10t^2}{2} = 5t + 5t^2 = 5t(t+1) =$$

$$= 5 \left(\frac{\sqrt{13}-1}{2} \right) \left(\frac{\sqrt{13}-1}{2} + 1 \right) = 5 \left(\frac{\sqrt{13}-1}{2} \right) \left(\frac{\sqrt{13}+1}{2} \right) =$$

$$= \frac{5 \cdot 12}{4} = 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_y = 5\sqrt{13} (\approx 17,5 \text{ м/с}) \text{ м/с}$; 2) $t = \frac{\sqrt{13}-1}{2} d (\approx 1,25 \text{ с})$; 3) $H = 15 \text{ м}$



1) Разобьем силы на рис. 1 действующие на шар.

2) В покое (II закон Ньютона)

$$\text{Ox: } N_0 - mg \cos \alpha = 0$$

$$\boxed{N_0 = mg \cos \alpha}$$

3) В движении возникает центр. ускорение $a_{yc} = \omega^2 R_0$ ($R_0 = (L+R) \cos \alpha$) (ац направлена к оси вращения)

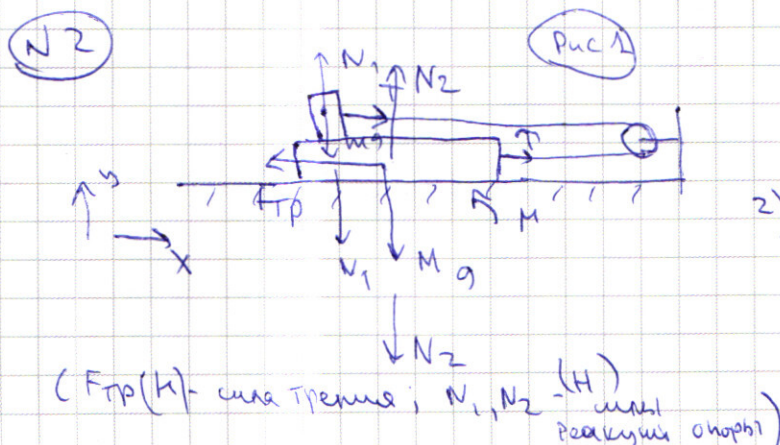
II закон Ньютона на Ox:

$$\text{Ox: } \begin{cases} m a_{yc} \sin \alpha = N - mg \cos \alpha \\ a_{yc} = \omega^2 (L+R) \cos \alpha \end{cases}$$

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

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

Ответ: 1) $N_0 = mg \cos \alpha$ 2) $N = m (g \cos \alpha + \omega^2 (L+R) \cos \alpha \sin \alpha)$



1) Разобьем силы на рис. 1

2) II закон Ньютона на

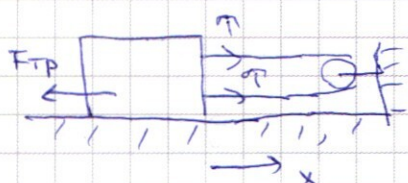
$$\text{Oy: } \begin{cases} N_1 - mg = 0 \\ N_2 = N_1 + mg \end{cases}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow N_2 = mg + Mg = 3mg$$

3) По усл. человека не скользит по ящику.

Заметим человека с ящиком одним телом.



II закон Ньютона для общего тела:

$$2F_0 - F_{тр} = (m + M) a$$

$F_{тр}$ — сила трения $a = F_0$ (ша с которой тащут)

$$F_{тр} \leq (\mu N_2 = \mu 3mg) \Rightarrow F_{тр \max} = \mu 3mg$$

$$2F_0 - F_{тр \max} \geq 0$$

$$2F_0 \geq F_{тр \max}, \quad F_{тр \max} = \mu 3mg$$

$$F_0 \geq \frac{3}{2} \mu mg$$

4) Заметим II закон Ньютона для F на Ox:

$$2F - F_{тр} = (M + m) a$$

$$F_{тр} = F_{тр \max} = \mu N_2 g = \mu 3mg$$

$$2F - \mu 3mg = 3mg a$$

$$a = \frac{2F - 3\mu mg}{3mg}$$

По закону движения равноускоренного?

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

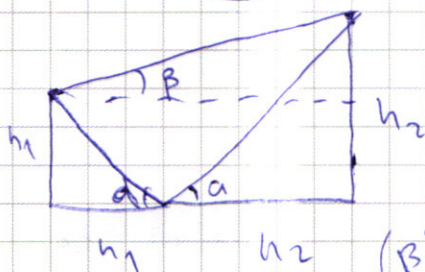
$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S'}{a}} = \sqrt{\frac{2S' \cdot 3mg}{2F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6S'mg}{2F - 3\mu mg}}$$

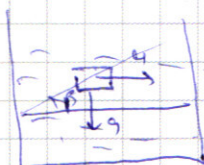
Ответ: 1) $N = 3mg$ 2) $F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$ 3) $t = \sqrt{\frac{6S'mg}{2F - 3\mu mg}}$

№4

рис. 2



1) Рассмотрим маленькую часть дуги.



из II закона Ньютона
где кинематическое

(β^0 - угол наклона уровня дуги)

$$\boxed{\tan \beta = \frac{a}{g}}$$

2) из рис. 1 видим:

$$\begin{cases} h_2 = h_1 + \Delta h \\ \frac{\Delta h}{h_1 + h_2} = \tan \beta \quad (\text{из 1}) \end{cases}$$

$$\Delta h = \frac{a}{g} \cdot (h_1 + h_2)$$

б) (3) уравнение:

$$h_2 = h_1 + \frac{a}{g}(h_1 + h_2)$$

$$h_2 \leq h_1 + \frac{a}{g}h_1 + \frac{a}{g}h_2$$

$$h_2 \left(1 - \frac{a}{g}\right) = h_1 \left(1 + \frac{a}{g}\right)$$

$$h_2 \left(\frac{g-a}{g}\right) = h_1 \left(\frac{g+a}{g}\right)$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{g+a}{g-a}, \quad (g=10 \text{ м/с}^2, a=4 \text{ м/с}^2, h_1=0,1 \text{ м})$$

(4)

$$h_2 = 0,1 \cdot \frac{14}{6} = 0,1 \cdot \frac{7}{3} =$$

$$= \frac{0,7}{3} = \frac{7}{30} \text{ м} \left(\approx \frac{1}{5} \text{ м} = 20 \text{ см} \right)$$

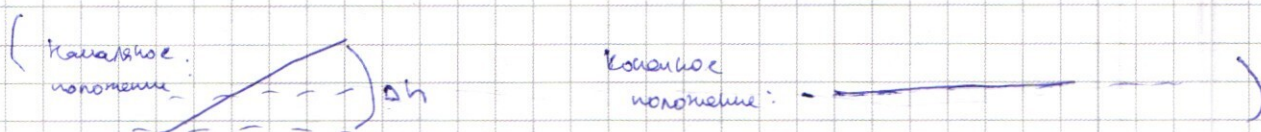
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $v = \sqrt{2gh}$ (после исключения d будем использовать только g во II законе Ньютона)

4) (по закону Бернулли)

$$v = \sqrt{2g \frac{h_2 - h_1}{2}} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot \frac{7 - 10}{2}} = \sqrt{20 \cdot \frac{4}{60}} =$$

$$= \sqrt{\frac{8}{6}} = \sqrt{\frac{4}{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \text{ м/с}$$



Ответ: 1) $h_2 = \frac{7}{30} \text{ м}$ ($\approx 20 \text{ см}$) 2) $v = \frac{2}{\sqrt{3}} \text{ м/с}$

№5

($P_0 = P$; $T_0 = 27^\circ \text{C}$; V_0 - начальный объем)

1) Запишем уравнение Клапейрона - Менделеева:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = R \nu = R \frac{m_0}{M_0}$$

(P_0, V_0, T_0, m_0, M_0 -

начальные параметры, значения, объема, температуры и массы)

R - универсальная газовая постоянная.

$\approx 8,3$

ρ - плотность газа

$$\frac{P_0 \frac{m_0}{\rho_0}}{T_0} = R \frac{m_0}{M_0}$$

$$\frac{P_0 M_0}{T_0 R} = \rho_0$$

подставляем значения

$$\rho_0 = \frac{8,85 \cdot 10^3 \cdot 18}{(273 + 27) \cdot 8,3} \cdot \frac{100 \cdot 100}{1000} \approx \frac{2}{4} \cdot 10^6 \approx 500$$

$\frac{1}{6} \text{ кг/м}^3$

$$\frac{P_0}{P_B} = \frac{1}{6} \text{ кг/м}^3 = \frac{1}{6000} \text{ кг/м}^3 = \frac{1}{6} \cdot 10^{-3}$$

$$2) \left(\frac{V_n}{V_B} = \right) \quad \begin{matrix} V_n - \text{остаток на } P_n, \\ V_B - \text{остаток на } P_B \end{matrix}$$

$$V_B P_B = 5,6 V_n P_n$$

$$\frac{V_B}{V_n} = \frac{5,6 \cdot P_n}{P_B} =$$

$$V_n = \frac{V_0}{5,6} \quad (V_n - \text{остаток на } P_n)$$

$$V_B = \left(V_0 - \frac{V_0}{5,6} \right) \cdot \frac{P_n}{P_B}$$

$$\Downarrow \quad \frac{V_n}{V_B} = \frac{\frac{V_0}{5,6}}{\left(V_0 - \frac{V_0}{5,6} \right) \cdot \frac{P_n}{P_B}} \quad (\text{подставляем значение из условия}) = \frac{1}{5,6 \cdot \left(1 - \frac{1}{5,6} \right) \cdot \frac{P_n}{P_B}} =$$

$$= \frac{P_B}{5,6 \cdot \frac{4,6}{5,6} \cdot P_n} = \left(\frac{P_B}{P_n} \cdot \frac{1}{4,6} \right) = 6 \cdot 10^3 / 4,6 =$$

$$= \frac{6 \cdot 10^4}{4,6} = \frac{3 \cdot 10^4}{23} (\approx 1300)$$

Ответ: 1) $\frac{P_n}{P_B} = \frac{P_V}{TR_{j0}} \approx \frac{1}{6} \cdot 10^{-3} \quad 2) \quad \frac{V_n}{V_B} = \frac{P_B}{P_n} \cdot \frac{1}{4,6} =$
 (≈ 1300)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

1) $v \sin \alpha = v_{y0}$
 $v \cos \alpha = v_{x0}$

2) $\begin{cases} h = v_{y0}t + \frac{gt^2}{2} \\ \sqrt{v_{y0}^2 + v_{x0}^2} = 2v_0 \end{cases}$

3) $v_{yK} = v_{y0} + gt$
 $v_{xK} = v_{x0}$

4) $\begin{cases} h = v_{y0}t + \frac{gt^2}{2} \\ \sqrt{(v_{y0} + gt)^2 + v_{x0}^2} = 2v_0 \end{cases}$

5) $4v_0^2 = (v_{y0} + gt)^2 + v_{x0}^2$
 $\sqrt{4v_0^2 - v_{x0}^2} = v_{y0} + gt$
 $\sqrt{4 \cdot 10^2 - 75} = 5 + gt$
 $\sqrt{325} = 5 + gt$
 $5\sqrt{13} = 5 + gt$
 $5(\sqrt{13} - 1) = gt$
 $5(\sqrt{13} - 1) = 10t$
 $t = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2}$

6) $h = 5t + \frac{g \cdot (\frac{\sqrt{13} - 1}{2})^2}{2} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{2} + \frac{5(\frac{\sqrt{13} - 1}{2})^2}{2} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{2} \cdot \frac{(\sqrt{13} + 1)}{2} = 5 \cdot \frac{13 - 1}{2} = 5 \cdot 6 = 30 \text{ m}$

2)

1) $N_2 = M + Mg$, $N_1 = mg$
 $N_2 = mg + Mg = 3mg$

2) $2F = M N_2 = 3Mmg$
 $F = \frac{3}{2} Mmg$

3) $\frac{gt^2}{2} = 5$
 $t = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{g}} = \sqrt{\frac{10}{10}} = 1 \text{ s}$
 $F = 3mg = 3 \cdot 100 \cdot 8,3 = 2490 \text{ N}$

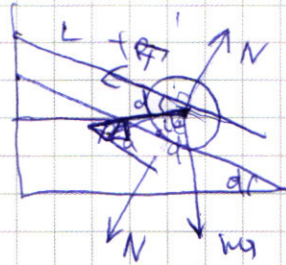
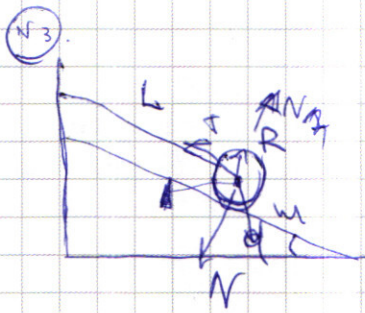
4) $\sqrt{1 - (\frac{1}{2})^2} = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$$3,55 \cdot 18 =$$

$$\frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{300 \cdot 8,3}$$

$$\frac{3,55 \cdot 18}{300 \cdot 8,3} =$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ \times 18 \\ \hline 2840 \\ 3550 \\ \hline 6390 \end{array}$$



1)

$$N = mg \cos \alpha$$

$$\frac{63,9}{2490} \approx \frac{1}{6}$$

2)

$$WR^2 = a_n$$

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

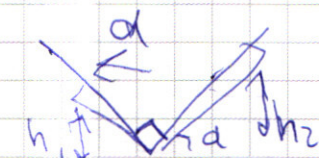
$$\frac{V_0}{5,6} \cdot P =$$

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

(N4)

$$\frac{3}{28}$$

$$\frac{4}{25}$$



$$3,55 \cdot \frac{18}{27}$$

$$\frac{27}{216}$$

$$\frac{63}{246} \approx 3,5$$

$$\frac{63}{35} = 1,8$$

(N5)



$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 - V_2 \leq \Delta V$$

$$\frac{m}{p}$$

$$\frac{P_0 \frac{m}{p}}{T_0} = \frac{P_0 V_0}{T_0} = R \frac{m}{M_T}$$

$$P_1 V_1$$

$$V_1$$

$$\frac{63}{315}$$

$$\frac{189}{2205}$$

$$\frac{1}{9}$$

$$\frac{200}{7}$$

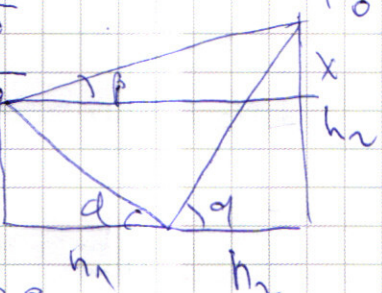
$$\frac{P_0 / P_T}{T_0} = R \frac{1}{M_T}$$

$$\frac{10}{35} \approx \frac{2}{7}$$

$$V_0 = \frac{m}{p}$$

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = R \frac{m}{M_T}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 3,5 \\ \hline 90 \\ 54 \\ \hline 63,0 \end{array}$$

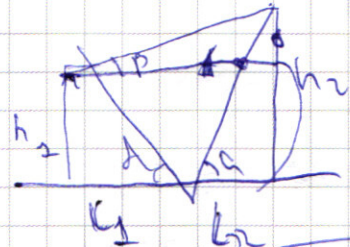


$$27 \cdot 8,3$$

$$\frac{63}{27}$$

$$\tan \alpha = \frac{x}{h_1 + h_2}$$

$$h_2 = x - \frac{h_1}{\tan \alpha}$$



$$V = \sqrt{2gh}$$

$$V = \sqrt{2g \frac{h_2 - h_1}{2}}$$

$$\frac{23}{2300}$$

$$h_2 = h_1 \tan \alpha + h_2 \tan \alpha + h_2$$



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)

