

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

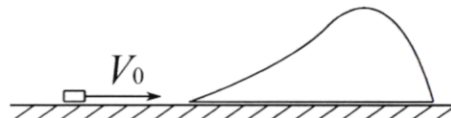
Шифр 5-007

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 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 шайба массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $3m$ (см. рис.). Шайба въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

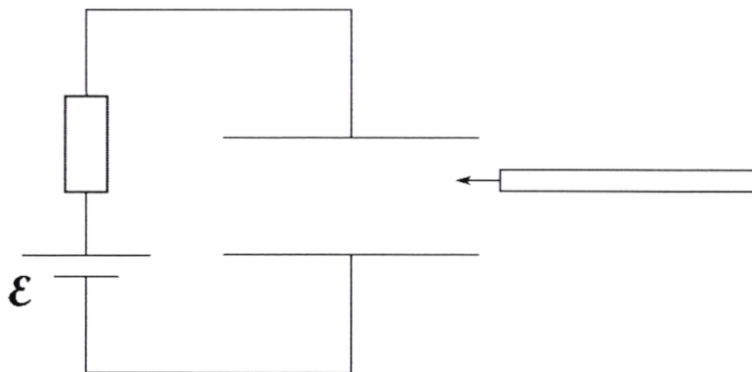


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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 27°C в количестве $\nu_1 = 0,2$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,3$ моль. Перегородка прорывается.

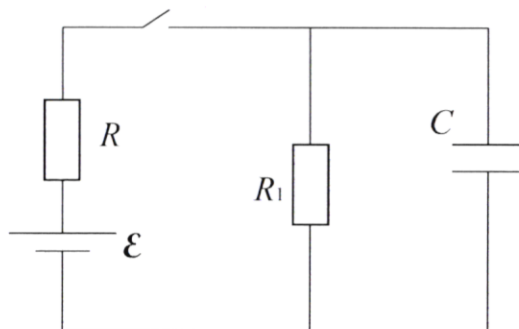
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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 4 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 , $R_1=3R$. 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

Чистовик:

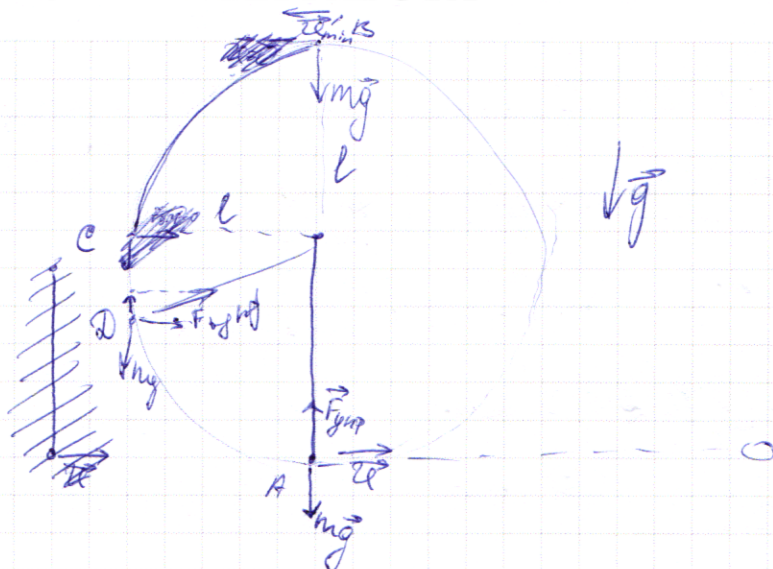
Задача 1.

Дано:

$$l = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$v_{\text{min}} - ?$



~~Очевидно, что если скорость минимальна в нижней точке, то в верхней она достигает максимума. Значит, $\frac{v_{\text{max}}}{2} = v_{\text{min}}$.~~

Если скорость минимальна в нижней точке, то и в верхней она будет минимально возможная. В верхней точке на тело действует только сила тяжести (сила действия опоры отсутствует), т.е. тело находится в состоянии свободного падения. После прохождения точки C на тело начнет действовать сила упругости.

В таком случае промежуток BC можно рассматривать как горизонтальный ($\vec{v} \perp \vec{v}_{\text{ср}}$) отрезок. v_{min} - скорость в верхней точке.

По вертикали и по горизонтали тело пройдет одинаковое расстояние $= l$.

Черновик

Задача 1 - продолжение

По горизонтали $l = v_{min} t$

По вертикали $l = \frac{gt^2}{2}$ $t = \sqrt{\frac{2l}{g}}$

$v_{min} = \frac{gt}{2} = \frac{g}{2} \sqrt{\frac{2l}{g}} = \sqrt{\frac{gl}{2}}$

ЗСЭ (Формула прыг А за нулевой уровнем)

$\frac{mv_{min}^2}{2} = mg \cdot 2l + \frac{mv_{min}^2}{2}$

$v_{min} = \sqrt{4gl + v_{min}^2} = \sqrt{4gl + gl} = \sqrt{\frac{9}{2} gl} = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot 10 \cdot 0.5} = \frac{3}{2} \sqrt{10}$

$\approx \frac{3}{2} \cdot 3,14 \approx 4,7 \text{ м/с.}$

Ответ: 4,7 м/с.

Задача 3

Дано:

$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$\nu_2 \Rightarrow \nu = 3$

$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$

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

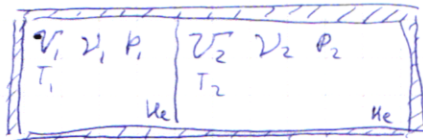
$V_1 = 0,2 \text{ моль}$

$V_2 = 0,3 \text{ моль}$

$T_3 = ?$

$P_k = ?$

Решение



$Q = 0 = A + \Delta U$

Так объем системы не изменился, то $A = 0 \Rightarrow \Delta U \text{ системы} = 0$.

$\Delta U_k - (\Delta U_1 + \Delta U_2) = 0$

$\frac{\nu}{2} (V_1 + V_2) R T_3 = \frac{\nu}{2} V_1 R T_1 + \frac{\nu}{2} V_2 R T_2$

$R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$ $T_3 = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} = \frac{60 + 84}{0,5} = 288\text{K} = 15^\circ\text{C}$

$P_k = \frac{(V_1 + V_2) R T_3}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 144 \cdot 10^3 \text{ Па}$

Ответ: 15°C ; 144 кПа.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Чистовик:

Задача 4

Дано:

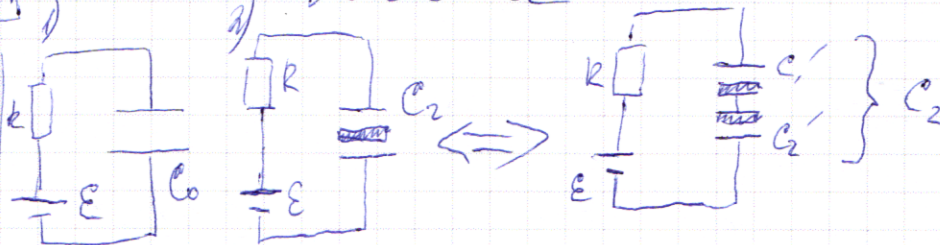
C_0

ε

$$\frac{d_0}{d_1} = 4$$

$C_2 - ?$

$R - ?$



Решение

1) Если в конденсатор вставить пластину, то можно
заменив (представить) его как два последо-
вательно соединенных конденсатора.

S - площадь пластины.

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1'} + \frac{1}{C_2'}$$

$$C_0 = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{S}{d_0}$$

Оставшееся расстояние между пластинами
(суммарное) $d_2 = d_0 - d_1 = d_0 - \frac{d_0}{4} = \frac{3}{4} d_0$

$$C_1' = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{S}{d_2 - x}$$

$$C_2' = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{S}{x}$$

Аува x - расстояние между
пластинками второго воображае-
мого конденсатора.

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1'} + \frac{1}{C_2'} = \frac{d_2 - x}{\varepsilon \varepsilon_0 S} + \frac{x}{\varepsilon \varepsilon_0 S} = \frac{d_2}{\varepsilon \varepsilon_0 S} = \frac{3}{4} \frac{d_0}{\varepsilon \varepsilon_0 S} = \frac{3}{4} \frac{1}{C_0}$$

$$C_2 = \frac{4}{3} C_0$$

2) По закону Киргофа $\varepsilon = U_1 + U_2 + U_3 = U_r + UR + U_2$

r - внутреннее сопротивление ε

$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ в первый момент времени, затем.

Сила тока ~~исчезнет~~ уменьшится, пока конденсатор не зарядится и она не станет равной нулю.

$$\mathcal{E} = \gamma_i(R+r) + \frac{q_i}{C}$$

Пусть $A = \mathcal{E}$; $B = R+r$; $C = C$ (const).

$$A = \frac{\Delta q_i}{\Delta t} B + \frac{q_i}{C} \quad A = \frac{\Delta Q_i}{\Delta t} B + \frac{q_i}{C}$$

$$Q_R = \sum_i \Delta Q_i$$

q_i меняется от 0 до $q_n = (\mathcal{E} - 0)C = \mathcal{E}C$
 ΔQ_i меняется от $\Delta Q_i = \left(\frac{\mathcal{E}}{R+r}\right) \Delta t$ до 0.

$$\frac{\Delta Q_i}{\Delta t} (R+r) = \frac{q_n}{C}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } \frac{4}{3} C_0.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

Дано:

m

$\mu = 0$

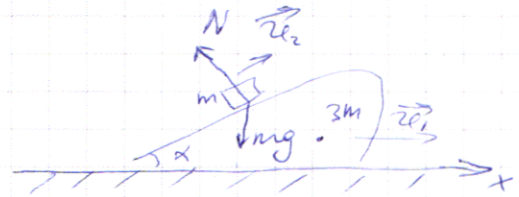
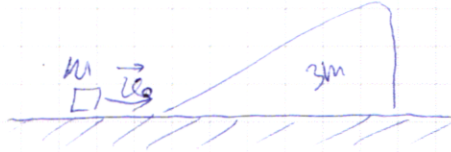
v_0

$3m$

$h_{\max} - ?$

$v_k - ?$

Решение



ЗСЧ (по оси x) v_0

$$v_0 = v_1 + v_2 \cos \alpha$$

ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (\text{в момент взлета на максимальной высоте})$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv_1^2}{2} + mgh_{\max} \quad (\text{в самой высокой точке})$$

$$\begin{cases} v_0 = 4v_1 + v_2 \cos \alpha \\ v_0^2 = 4v_1^2 + v_2^2 \end{cases} \quad \begin{cases} v_0^2 = 16v_1^2 + v_2^2 \cos^2 \alpha + 8 \cos \alpha v_1 v_2 \\ v_0^2 = 4v_1^2 + v_2^2 \end{cases}$$

$$12v_1^2 + v_2^2 (\cos^2 \alpha - 1) + 8 \cos \alpha v_1 v_2 = 0$$

$$12v_1^2 + 2v_2^2 \sin^2 \alpha + 8 \cos \alpha v_1 v_2 = 0$$

$$\frac{v_2^2}{2} = mgh_{\max}$$

$$h_{\max} = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_k = v_2 = \frac{v_0 - 4v_1}{\cos \alpha}$$

Задача 51

Дано:

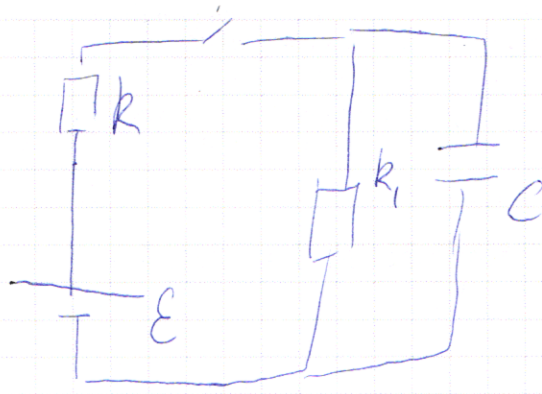
R_1, ϵ, C

$R_1 = 3R$

$I_k - ?$

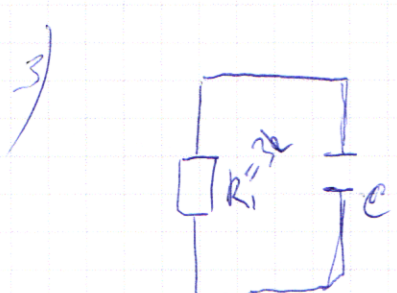
$U_k - ?$

$Q_3 - ?$



1) $I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{R+R_1} = \frac{\epsilon}{4R}$

2) $\epsilon = I_{\epsilon} R + \overset{=0}{I_{\epsilon} R_1} + \frac{q_k}{C}$
 $\epsilon = U_k$



$U = \frac{q}{C} = 3R I$

$Q_3 = I_{\epsilon} \int dt = \frac{U}{3R} t = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{C\epsilon^2}{2}$

Ответ: $\frac{\epsilon}{4R}$; U_k ; $\frac{C\epsilon^2}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

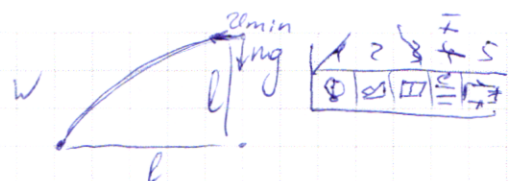
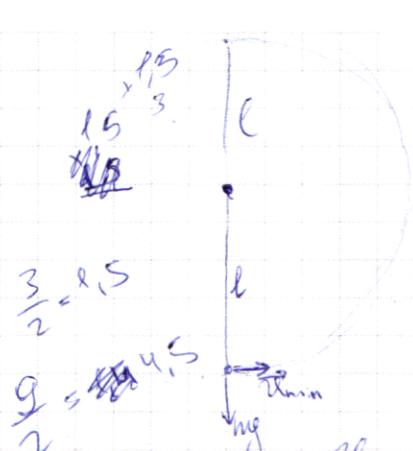
Черновик:

1. Дано:

$$l = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_{\text{min}} = ?$$



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

$$v_{\text{min}} = \frac{g}{2}$$

$$3,15$$

$$\times 3,15$$

$\times 3,1$	$\times 3,2$
$3,1$	$3,2$
$9,3$	$9,6$
$9,6$	$10,24$

$$\frac{144}{288}$$

$$\frac{v_{\text{min}}^2}{2} = mgl \quad v = \frac{v_{\text{min}}}{l}$$

$$v = \sqrt{2gl} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,5} = \sqrt{10} \approx 3,14 \text{ м/с}$$

2. Дано:

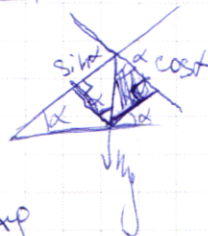
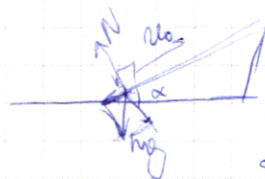
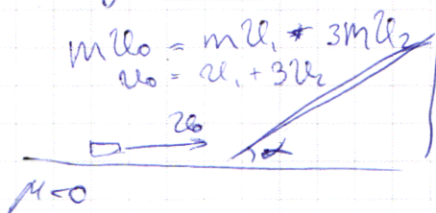
m

v_0

3m

$h_{\text{max}} = ?$

$v = ?$



$$m v_0^2 = m v_1^2 + 3m v_2^2$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 3v_2^2$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 3v_2^2$$

$$N = \cos \alpha \cdot mg$$

$$mg = \sin \alpha \cdot mg$$

$$P_0 \cdot m^3 = \dots$$

3. $V = 8,53 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$\mu \Rightarrow \gamma = 3$

$T_1 = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$

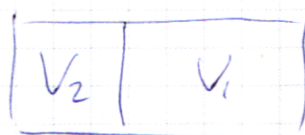
$\gamma_1 = 0,2 \text{ моль}$

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

$\gamma_2 = 0,3 \text{ моль}$

$T_k = ?$

$P_k = ?$



$$R = \frac{P_0 \cdot m^3}{\text{моль} \cdot \text{K}} = \frac{R \cdot m}{\text{моль} \cdot \text{K}} = \frac{m g}{\text{моль} \cdot \text{K}}$$

$$\Delta U = 0 = \frac{1}{2} \gamma_1 R T_1 + \frac{1}{2} \gamma_2 R T_2$$

$$P_1 V = P_2 V = R (\gamma_1 T_1 + \gamma_2 T_2) \quad Q = A + \Delta U = 0$$

$$P_1 V = \gamma_1 R T_1$$

$$P_2 V = \gamma_2 R T_2 \quad (\gamma_1 + \gamma_2) T_3 = T_1 \gamma_1 + T_2 \gamma_2$$

$$P_2 V = \gamma_2 R T_2 \quad (\gamma_1 + \gamma_2) R T_3 = V = \gamma_1 R T_1 + \gamma_2 R T_2$$

$$\frac{28}{13} = \frac{28}{13}$$

$$\frac{60 + P_k}{R_k} = \dots$$

$$\frac{\gamma_1 \gamma_1 + \gamma_2 \gamma_2}{R_k} = \frac{\gamma_1 \gamma_1 + \gamma_2 \gamma_2}{R_k}$$

$$\frac{\gamma_1 + \gamma_2 (T_1 \gamma_1 + T_2 \gamma_2)}{R_k (\gamma_1 + \gamma_2)} = \frac{T_1 \gamma_1}{R_k} + \frac{T_2 \gamma_2}{R_k}$$

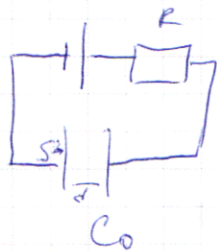
4. C

E

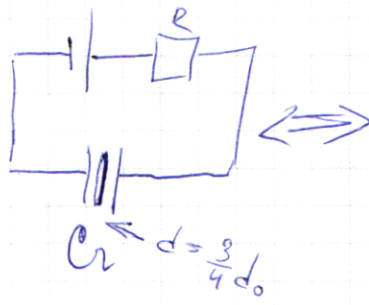
$$d = \frac{d_0}{2}$$

C₂ - ?

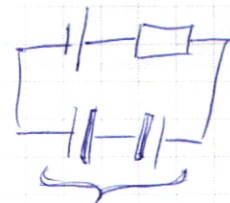
q₂ - ?



$$C_0 = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d_0}$$



$$C_1 \leftarrow d = \frac{3}{4} d_0$$



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{2}{C_1}$$

$$C_2 = \frac{C_1}{2} = \frac{1}{3} C_0$$

$$C_1 = C_2 = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{\frac{3}{4} d_0} = \frac{4}{3} C_0$$

5.

$$r = R$$

$$R_1 = 3R$$

C, E, R

I₀ - ?

U - ?

Q - ?

$$q = \frac{K \Delta \Phi}{B} = \frac{K \Delta \Phi \cdot C}{K \Delta \Phi \cdot \Delta \Phi} = \frac{C}{\Delta \Phi}$$

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

$$C_0 = \frac{q_0}{U_0}$$

$$C_2 = \frac{Q}{U_2}$$

$$I_1 = \frac{C}{R+r} = I_2$$

$$U_0 = \frac{q_0}{C_0}; \quad U_2 = \frac{Q}{C_2}$$

$$U_0 = I_0 R + I_0 r = I_0 (R+r) = \frac{C}{R+r} (R+r)$$

$$E = I_0 R + I_0 r = \frac{C}{R+r} (R+r)$$

$$q = CU$$



$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$$

$$W = \frac{q^2}{2C}$$

$$U = IR$$

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

$$U_0 = 4U_1 + U_2$$

$$U_0 = 4U_1 + U_2$$

$$\frac{m U_0^2}{2} = 4$$

$$\frac{qEt}{R+r} = \frac{q^2}{2C}$$

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

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



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-007

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)