

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

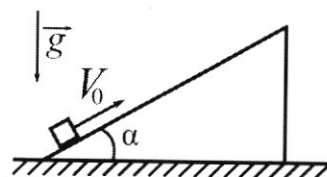
(заполняется секретарём)

1. Фейерверк массой  $m = 1 \text{ кг}$  стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через  $T = 3 \text{ с}$  разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва  $K = 1800 \text{ Дж}$ . На землю осколки падают в течение  $\tau = 10 \text{ с}$ .

1) На какой высоте  $H$  взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени  $\tau$  осколки будут падать на землю? *через какое время первый осколок упадет на землю*  
Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. *на земле*

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол  $\alpha$  такой, что  $\cos \alpha = 0,6$ . Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость  $V_0$  (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2 \text{ м}$ . Масса клина в два раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  шайбы.

2) Найдите скорость  $V$  клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

3. По внутренней поверхности проволоочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите ускорение  $a$  модели.

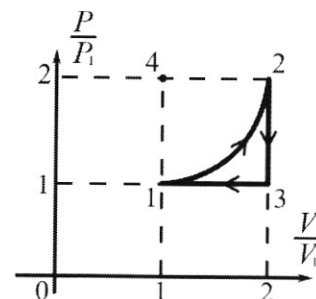
2) Вычислите минимальную допустимую скорость  $V_{\text{MIN}}$  равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы  $\mu = 0,8$ , радиус сферы  $R = 1 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление  $P_1$  и объём  $V_1$ .

1) Какое количество  $Q$  теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу  $A$  газа за цикл.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.



5. Заряд  $Q > 0$  однородно распределен по сфере радиуса  $R$ . В первом опыте на расстоянии  $3R$  от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом  $q > 0$ .

1) Найдите силу  $F_1$ , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд  $q$  однородно распределяют по стержню длины  $R$ , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии  $3R$  от центра.

2) Найдите силу  $F_2$ , с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

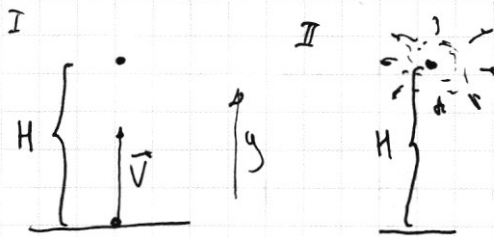
Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Явлениями поляризации пренебрегите.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:  $m = 1 \text{ кг}$      $T = 3 \text{ с}$      $K = 1800 \text{ Дж}$      $\tau = 10 \text{ с}$

Найти:  $H$  - ?     $\tau_1$  - ?



① введем ось  $y$

по оси  $y$ :  $y = vt - \frac{gt^2}{2}$     где  $v$  начальная скорость  
а  $t$  время полета

при  $t = T$      $y = H_{\text{max}}$

$$0_y: \quad 0 = v - gT \quad v = gT$$

$$H = vT - \frac{gT^2}{2} = gT^2 - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \cdot 3 \cdot 3}{2} = 9 \cdot 5 = 45 \text{ м}$$

②  $K = N \cdot \left( \frac{m_0 v_0^2}{2} \right)$     где  $N$  кол осколков, а  $m_0$  массы  
и  $v_0$  - скорость одного из них  
каждого

$K = \frac{N m_0 v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2}$     т.к. скорости у всех одинаковые  
можно заменить все  
осколки на одну большую  
массой  $m$

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}} = 60 \text{ м/с}$$

первый осколок упадет это тем  $y$  которого скорость  
направлена вертикально вниз



$$0 = H - v_0 T - \frac{gT^2}{2}$$

$$0 = 45 - 60 \cdot T - 5T^2 \quad | :5$$

$$T^2 + 12T - 9 = 0$$

$$D = 144 + 36 = 180 = 5 \cdot 36$$

$$T = \frac{-12 + 6\sqrt{5}}{2} = 3\sqrt{5} - 6$$

№1 (продолжение)

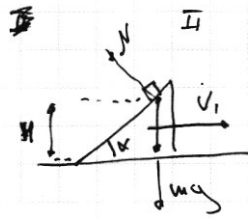
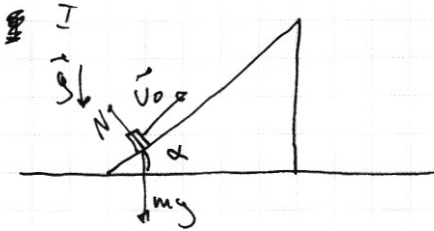
$$T = 3\sqrt{s} - 6 = 6.6 - 6 = 0.6 \text{ c}$$

$$\sqrt{s} \approx 2.2$$

Ответ:  $H = 45 \text{ м}$  ;  $T = 0.6 \text{ c}$

$$\begin{array}{r} \times 2.2 \\ 2.2 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 484 \end{array}$$

№2.



Дано:  $\cos \alpha = 0.6$

$$H = 0.2 \text{ м}$$

I  $m_{\text{ш}} = \frac{M_{\text{к}}}{2}$   $v_0 = ?$

II  $m_{\text{ш}} = M_{\text{к}}$   $v = ?$

нужна масса шайбы  $m_{\text{ш}}$   
и масса шипа  $M_{\text{к}}$

~~$E_{\text{к}} = \frac{m_{\text{ш}} v_0^2}{2}$   $E_{\text{к}} = m_{\text{ш}} g H + \frac{(m_{\text{ш}} + M_{\text{к}}) v_1^2}{2}$  где  $v_1$  скорость шипа~~

~~Т.к. на шайбу действует сила реакции опоры  $N$  по пути перемещения шайбы она совершит работу~~

~~$\Rightarrow$  перейдем в систему отсчета связанную с шипом~~

~~В начале  $\leftarrow$  от шипа  $\rightarrow$  в конце  $\leftarrow$  шипа  $\rightarrow$~~

~~$\vec{v}_{\text{ш}} - \vec{v}_0 + \vec{0} = \vec{v}_0$   $\vec{v}_{\text{ш}} = \vec{v}$~~

~~$v_{\text{ш}} = v_0$~~

~~в начале  $v_{0\text{ш}} = v_{0\text{тн}} + v_{\text{пер}}$  в конце  $v_{0\text{тн}} = v_{\text{пер}} - v_{0\text{ш}}$~~

~~$v_{0\text{тн}} = v_{\text{пер}} - v_{0\text{ш}}$   $v_{\text{ш}} = v_1 - v_1 = 0$~~

~~$v_{\text{ш}} = v_0 - 0 = v_0$  шайба относительно шипа не подвигается~~

~~$\Rightarrow$  ЗСЭ  $\Delta E_{\text{мех}} = A : A_{\text{ш}} \neq 0$~~

~~$E_{\text{к}} = \frac{m v_0^2}{2}$   $E_{\text{к}} = m g H$~~

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)

ЗСЭ для системы тел (шайба + клин)

$$E_H = \frac{m V_0^2}{2} \quad E_K = m g H + \frac{(m+M) V_k^2}{2} \quad V_k - \text{скорость клина в конце}$$

ЗСИ  $P_H = P_K$  на ~~объект~~ горизонтальной ось

$$P_H = m V_0 \cos \alpha \quad P_K = (m+M) V_k$$

$$m V_0 \cos \alpha = (m+M) V_k$$

$$V_k = \frac{m V_0 \cos \alpha}{m+M}$$

$$E_H = E_K$$

$$\frac{m V_0^2}{2} = m g H + \frac{(m+M) m^2 V_0^2 \cos^2 \alpha}{2(m+M)^2}$$

$$\frac{V_0^2}{2} \left( m - \frac{m^2 \cos^2 \alpha}{m+M} \right) = m g H \quad M = 2m$$

$$\frac{V_0^2}{2} \left( \frac{m^2 + m \cdot 2m - m^2 \cos^2 \alpha}{m+2m} \right) = m g H$$

~~$$\frac{V_0^2}{2} \frac{2m^2}{3m} = m g H$$

$$V_0 = \sqrt{3 g H}$$~~

$$V_0^2 \cdot \frac{3m^2 + m^2 \cos^2 \alpha}{3m} = 2m g H$$

$$V_0^2 = \frac{6 g H}{3 - \cos^2 \alpha} = \frac{6 \cdot 10 \cdot 0.2}{3 - 0.6^2} =$$

$$\frac{50 \cdot 11}{44 \cdot 4,5} = \frac{12}{3 - 0.36} = \frac{12}{2.64} = \frac{1200}{264}$$

~~$$\frac{1200}{264}$$~~

$$V_0 = \sqrt{\frac{6 g H}{3 - \cos^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{1200}{264}} = \sqrt{\frac{600}{132}} = \sqrt{\frac{300}{66}} = \sqrt{\frac{150}{33}} = \sqrt{11} =$$

~~$$V_0 = 2.1 \text{ м/с}$$~~

√2 (продолжение)

② Заменим  $m$  на  $2m$  и в первом уравнении

ЗСЭ

$$E_k = \frac{m V_0^2}{2} \quad E_k = m g H + \frac{(m+m) V_2^2}{2}$$

ЗСН

$$m V_0 \cos \alpha = 2m \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{V_0 \cdot \cos \alpha}{2}$$

~~$m \frac{V_0^2}{2} = m g H + m V_2^2$~~

$$V_0^2 = 2gH + \frac{2V_0^2 \cos^2 \alpha}{4}$$

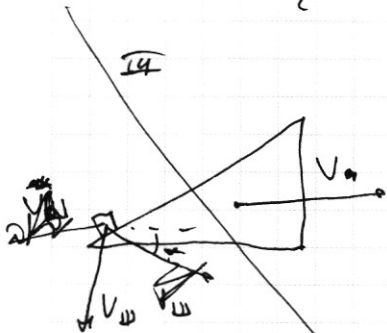
$$V_0^2 \left(1 - \frac{\cos^2 \alpha}{2}\right) = 2gH$$

$$V_0^2 = \frac{4gH}{2 - \cos^2 \alpha}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 0.8}{2 - 0.36}} = \sqrt{\frac{8}{1.64}}$$

$$= \sqrt{\frac{200}{41}} \approx \sqrt{5} = 2.2 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{V_0}{2} = 1.1 \text{ м/с}$$



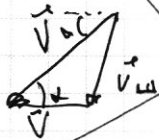
~~ЗСЭ~~

~~$$E_k = \frac{2m V_2^2}{2} + m g H \quad E_k = \frac{m V_{\text{ш}}^2}{2} + \frac{m V_0^2}{2}$$~~

~~ЗСН~~

~~В системе отсчета связанной с лифтом скорость лифта по отношению к горизонту  $\alpha$~~

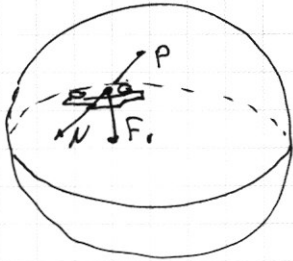
$\Rightarrow$



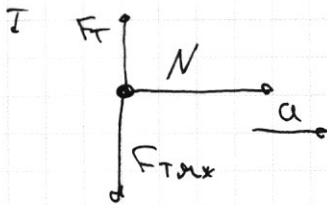
$\Rightarrow V$

Продолжение на листе №8

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



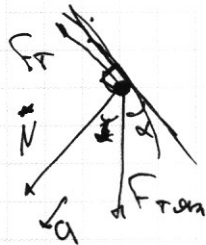
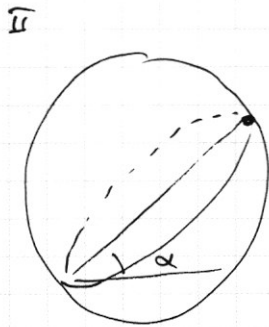
дано:  $\mu = 0.8$   $R = 1 \text{ м}$   
 $\alpha = 45^\circ$   
 $a = ?$   $V_{\text{min}} = ?$



$$N = P = 2F_{\text{tax}}$$

$$ma = N = 2F_{\text{tax}} = 2mg$$

$$a = 2g = 20 \text{ м/с}^2$$



здесь  $V = V_{\text{min}}$  ~~минимальная скорость~~

~~в верхней точке центростремительная сила обеспечивается~~  
~~наверху сила трения направлена в противоположную~~  
~~направление силы тяжести.~~

$$a = \frac{V_{\text{min}}^2}{R}$$

$$F_{\text{tax}} \cdot \sin \alpha + N = ma$$

$$\mu N = F_{\text{tax}} \cdot \cos \alpha = mg \cos \alpha$$

~~$$N = \frac{mg \cos \alpha}{\mu}$$~~

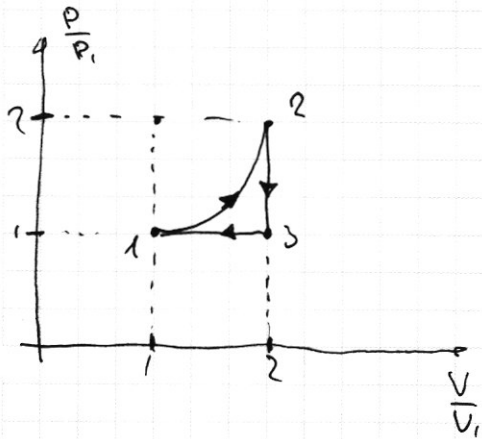
$$\mu g \sin \alpha + \mu g \frac{\cos \alpha}{\mu} = ka = \frac{V_{\text{min}}^2}{R} \mu$$

$$g \left( \sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\mu} \right) = \frac{V_{\text{min}}^2}{R}$$

$$V = \sqrt{gR \left( \sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\mu} \right)} = \sqrt{10 \cdot 1 \cdot \left( \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{1.6} \right)} = \sqrt{\frac{10 \cdot 3.6 \sqrt{2}}{3.2}} = 6 \sqrt{\frac{1.4}{3.2}}$$

$$= \sqrt{5 \sqrt{2} \cdot \frac{1.8}{8}} \approx 3 \sqrt{2} = 4.2 \text{ м/с} \quad \text{Ответ: } a = 20 \text{ м/с}^2; V_{\text{min}} = 4.2 \text{ м/с}$$

№4



Дано:  $V_1, P_1$   $Q_{12} = ?$   $A_{12} = ?$   $\eta = ?$

Пусть в т.1  $V = V_0$  и  $P = P_0$

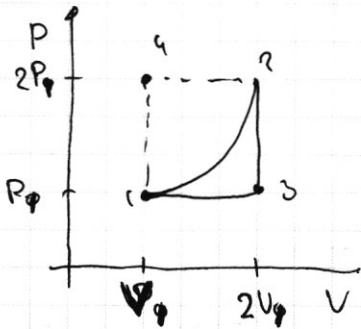
тогда  $\frac{V_0}{V_1} = 1 \Rightarrow V_1 = V_0$   $\frac{P_0}{P_1} = 1 \Rightarrow P_0 = P_1$

тогда  $V_2$  и  $P_2$  - объем и давление в т.2

$V_2 = 2V_1$   $P_2 = 2P_1$

$Q_{12} = ?$   $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$

перепишем уравнение  $\Rightarrow$  по графику следует это



$A_{12}$  - площадь под графиком

$A_{12} = 2P_1 \cdot (2V_1 - V_1) - S_{124}$

$S_{124} = \frac{\pi R^2}{4} \Rightarrow \frac{\pi}{4} P_1 V_1$   $S_{124} = \frac{\pi}{4} P_1 V_1$

$A_{12} = 2P_1 V_1 - \frac{\pi}{4} P_1 V_1 = P_1 V_1 \left( 2 - \frac{\pi}{4} \right)$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$

$P_1 V_1 = \nu R T_1$

$2P_1 V_1 = \nu R T_2$

$$\begin{array}{r} 3.1414 \\ 28 \overline{) 10785} \\ \underline{34} \phantom{0} \\ 32 \phantom{0} \\ \underline{20} \phantom{0} \end{array}$$

$\nu R (T_2 - T_1) = 3P_1 V_1 \Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2} P_1 V_1 \Rightarrow$

$Q = P_1 V_1 \left( \frac{13}{2} - \frac{\pi}{4} \right) = \left( \frac{13}{2} - \frac{\pi}{4} \right) P_1 V_1$

$\frac{\pi}{4} \approx 0.8 = \frac{8}{10} = \frac{1}{5}$

$= \left( \frac{65}{10} - 8 \right) P_1 V_1 = 5.7 P_1 V_1$

$A_{12}$  равно площади фигуры равно  $A_{12} - S_{13}$

$A = A_{12} - P_1 V_1 = P_1 V_1 \left( 1 - \frac{\pi}{4} \right) = 0.2 P_1 V_1$

$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{0.2}{5.7} = \frac{2}{57} = \frac{1}{28.5} \approx 3.8\%$

Ответ:  $5.7 P_1 V_1$ ;  $0.2 P_1 V_1$ ;  $3.8\%$

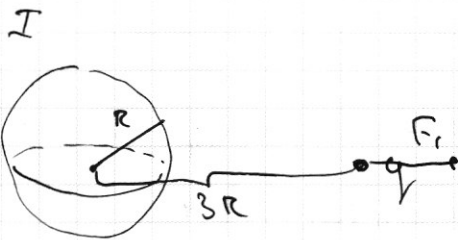
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5

Дано:  $Q > 0$  ;  $q > 0$  ;  $R$  ;  $\epsilon_0$  ;  $L = 3R$

$F_1 = ?$

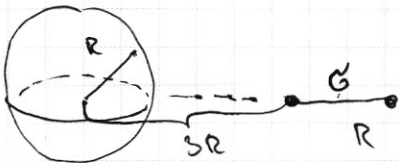
$F_2 = ?$



$$F_1 = \frac{kqQ}{(3R)^2} = \frac{kqQ}{9R^2}$$

II

$$G = \frac{q}{R}$$



Разобьем сферу на  $N$  маленьких элементов каждой площадью  $\Delta q$  и длиной  $\Delta x$

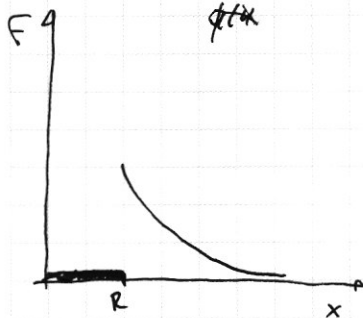
лучи  $F_{10}$  сила взаимодействия -  
силы между элементом сферы  
и сферы

$$F_2 = \sum_N F_{10}$$

~~$$F_{10} = \frac{k\Delta q Q}{r^2}$$~~

$$F_N(x) = \frac{k\Delta q Q}{(3R + nx)^2}$$

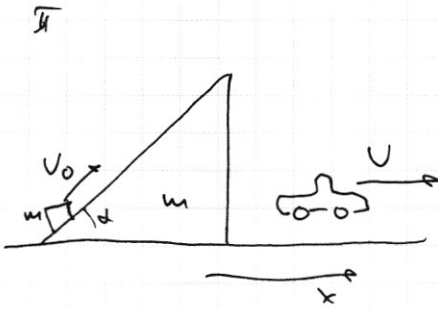
$\Delta x$  и положение элемента от первого.





№ 2 (продолжение)

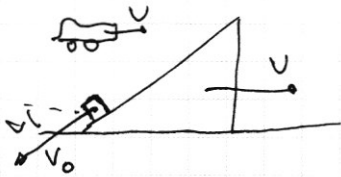
$$V_0 = \sqrt{\frac{4gH}{2-\cos^2\alpha}} = 2.2$$



Введем систему координат вариантную систему ось  $x$  которая движется со скоростью  $V$  вправо

Тогда в начале на оси  $V_{0x} = V_0 \cos \alpha - V$

в конце тогда  $V_{0x} = V_0 \cos \alpha$



ЗСН на ось  $X$

$$m(V_0 \cos \alpha - V) = -mV_0 \cos \alpha$$

$$V = 2V_0 \cos \alpha = 1.2 \cdot 2.2 = 2.64 \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} 1.2 \\ 2.2 \\ \hline 2.4 \\ 2.4 \\ \hline 2.64 \end{array}$$

Ответ: ~~2.1 м/с~~ 2.1 м/с , 2.64 м/с

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on a grid background. At the top, there are mathematical formulas:

$$\Phi = E \cdot S = \frac{q}{S \epsilon_0} \cdot S = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{S \epsilon_0}$$

Below the formulas are several diagrams and sketches:

- A circle with a vertical line through its center.
- A diagram showing a rectangular area with a vector  $E$  and a surface  $S$ .
- A diagram of a triangle with a vector  $E$  and a surface  $S$ .
- A diagram showing a point charge  $q$  and a distance  $R$ .
- A graph with a vertical axis  $P$  and a horizontal axis  $V$ , showing a curve that starts high and decays towards the horizontal axis.
- Two squares, one with diagonal hatching and one with vertical hatching, labeled  $S_1$  and  $S_2$ .
- A calculation:  $\frac{S_1}{S_2} = \frac{\frac{q}{1}}{1} = \frac{\pi}{4}$
- A series of nested squares.
- A diagram of a square with a smaller square inside it, and another square rotated 45 degrees.
- A circular diagram with a crosshair and dots.

In the middle, there is a handwritten message:

сегодня ты решаешь за Россию на площадке в ИФС,  
а завтра мы решаем за каждый университет  
на площадке в ИФС

At the bottom, there are several more diagrams and sketches:

- Three small rectangles with different hatching patterns.
- A cluster of dots.
- A square with a smaller square inside it.
- A diagram of two overlapping circles.
- A diagram of three overlapping circles.



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)