

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

119295

Шифр

(заполняется ответственным  
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика  
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Минаева Мария Владимировна

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Сергиев Посад

МБОУ «Физико-математический лицей»

Регистрационный номер ШМ 0221

Вариант задания 4

Дата проведения « 19 » марта 20 17 г.

Подпись участника





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$
8	0	3	10	8	10	3	3	12	—	57

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

55

① Дано:

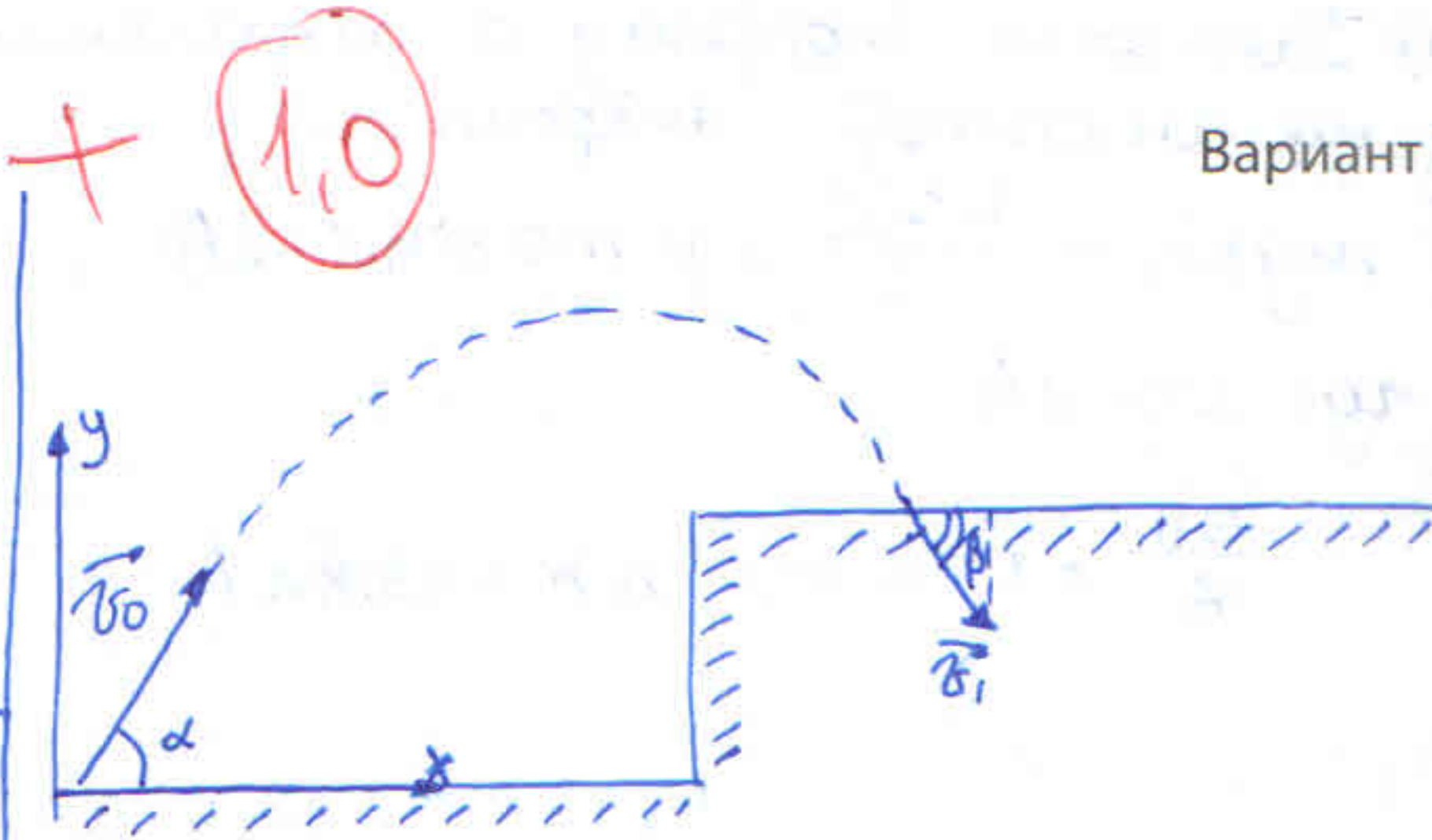
$\alpha = 45^\circ$

$v_0 = 20 \text{ м/с}$

$h = 8 \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$\beta = ?$



Вариант № 4

Решение:

1) Запишем уравнение для координаты по оси Oy:

$$h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

Найдём момент времени, в который тело упадёт на поверхность

$$\frac{gt^2}{2} - v_0 \sin \alpha t + h = 0$$

$$D = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}{2}$$

$$t_1 = \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh} + v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_1 \approx 2,046 \text{ с}$$

3)  $\tan \beta = \frac{v_{1y}}{v_{1x}}$

 $v_{1x} = v_0 \cos \alpha$ , т.к. тело движется без ускорения по оси Ox

$$v_{1y} = v_0 \sin \alpha - gt$$

Итого:

$$\tan \beta = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{v_0 \cos \alpha} \approx -24,1^\circ$$

Отвечая:  $\beta = -\arctg(24,1^\circ)$

② Дано:

$m_1 = 1 \text{ кг}$

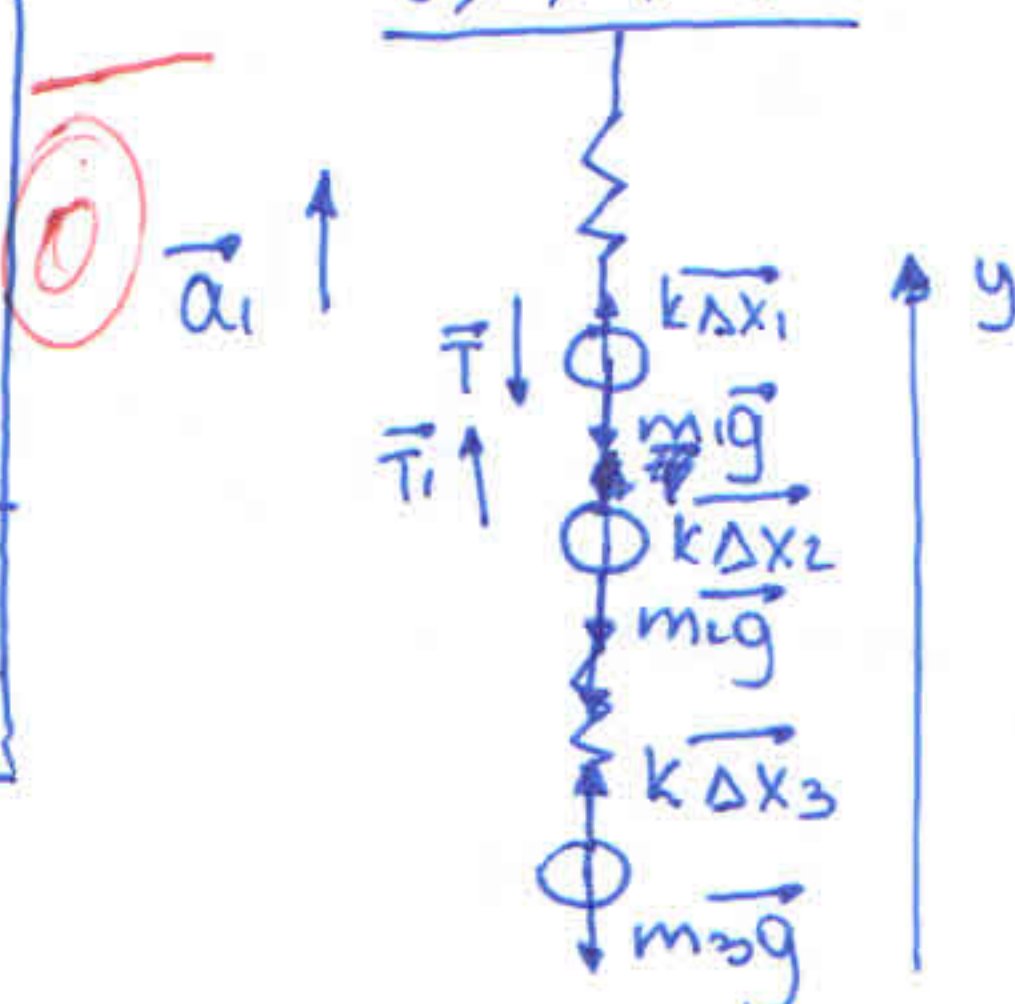
$m_2 = 4 \text{ кг}$

$m_3 = 3 \text{ кг}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$T = ?$

$a_1 = ?$



Решение:

1) Запишем 2-ой закон Ньютона для 3-х покоящихся шариков

$$\vec{a}_1 m = m_1 \vec{g} + k \Delta x_1 + \vec{T}$$

$$\vec{a}_2 m = m_2 \vec{g} + k \Delta x_2 + \vec{T}_1$$

$$\vec{a}_3 m = m_3 \vec{g} + k \Delta x_3$$

2) Спроецируем силы на ось Oy:

$$0 = -m_1 g + k \Delta x_1 - T$$

$$0 = T + k \Delta x_2 - m_2 g$$

$$0 = k \Delta x_3 - m_3 g$$

$$T = -T_1$$

$$k \Delta x_3 = k \Delta x_2$$

3-ий закон Ньютона

Итого:

$$-T = m_3 g - m_2 g$$

$$T = m_2 g - m_3 g = 10 \text{ Н}$$

$$k \Delta x_1 = m_1 g + m_2 g - m_3 g$$



3) ~~#~~ <sup>осле</sup> ~~пре~~ перехитании нити запишем 2-ой закон Ньютона для 1-го тела:

$$\vec{a}m_1 = m_1\vec{g} + k\vec{\Delta x}_1$$

$$Oy: a m_1 = -m_1 g + k \Delta x_1$$

$$a m_1 = -m_1 g + m_1 g + m_2 g - m_3 g$$

$$a = \frac{(m_2 - m_3)g}{m_1}$$

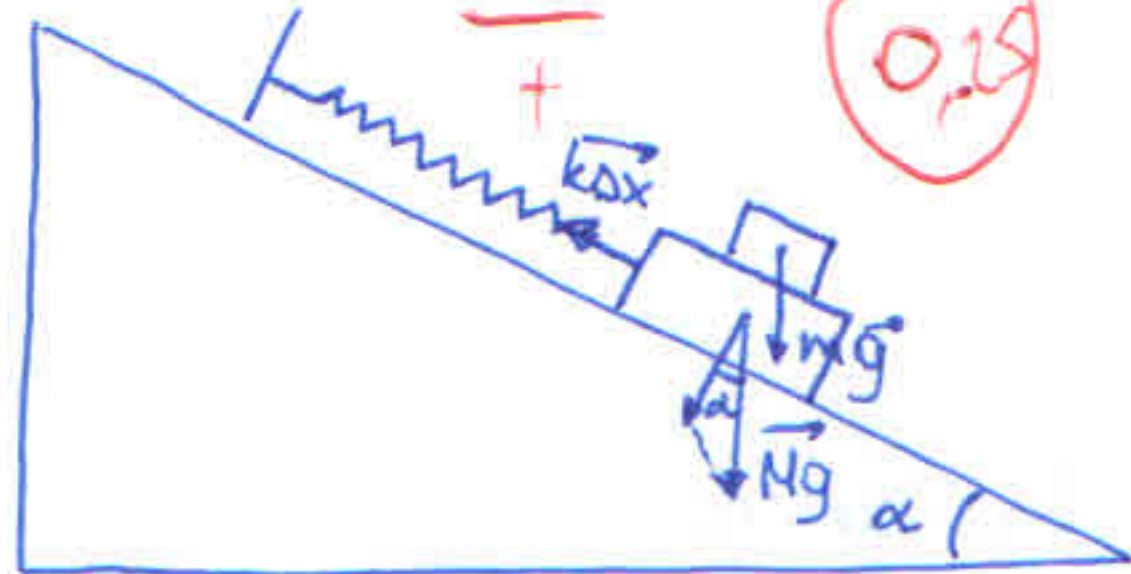
$$a = 10 \text{ м/с}^2$$

Ответ:  $10 \text{ м/с}^2$ ; направлено вверх.

③ Дано:

$\alpha$   
 $4 \text{ м}$   
 $m$   
 $k$

$\mu = ?$



Решение:

1) Запишем теорему о сохранении механической энергии:

$$mg \Delta h - \frac{k \Delta x^2}{2} = \mu mg \sin \alpha \cdot 2A$$

$$\text{где } \Delta x = 2A$$

$$\frac{\Delta h}{2A} = \sin \alpha \Rightarrow \Delta h = 2 \sin \alpha A$$

Итого:

$$5mg \sin \alpha - \frac{4kA^2}{2} = 2\mu mg A \sin \alpha$$

$$5mg \sin \alpha - kA = \mu mg \sin \alpha$$

$$\mu = 4 - \frac{kA}{mg \sin \alpha}$$

$$\text{Ответ: } 5 - \frac{kA}{mg \sin \alpha}$$

④ Дано:

$$m = 3 \text{ кг}$$

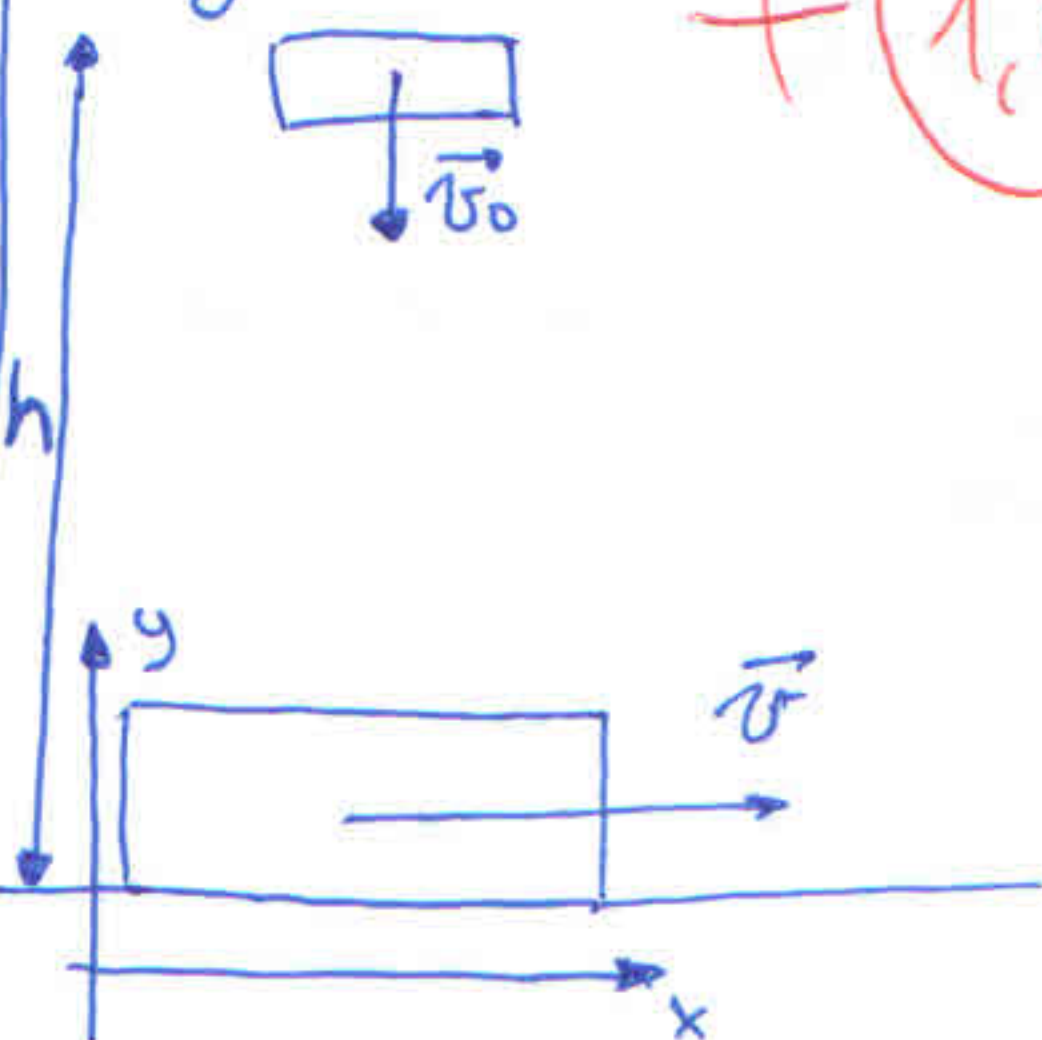
$$v_0 = 0$$

$$h = 10 \text{ м}$$

$$M = 9 \text{ кг}$$

$$v = 4 \text{ м/с}$$

$$\Delta U = ?$$



Решение:

1) Запишем закон сохранения энергии для системы тел:

$$mgh + \frac{Mv^2}{2} = \Delta U + \frac{(m+M)v_1^2}{2}, \text{ где } v_1 - \text{ скорость после падения шариков.}$$

2) Запишем закон сохранения импульса в проекции на ось  $Ox$ :

$$Mv = (m+M)v_1$$

Отсюда

$$v_1 = \frac{Mv}{m+M} = 3 \text{ м/с}$$

3) Итого

$$\Delta U = mgh + \frac{Mv^2}{2} - \frac{(m+M)v_1^2}{2}$$

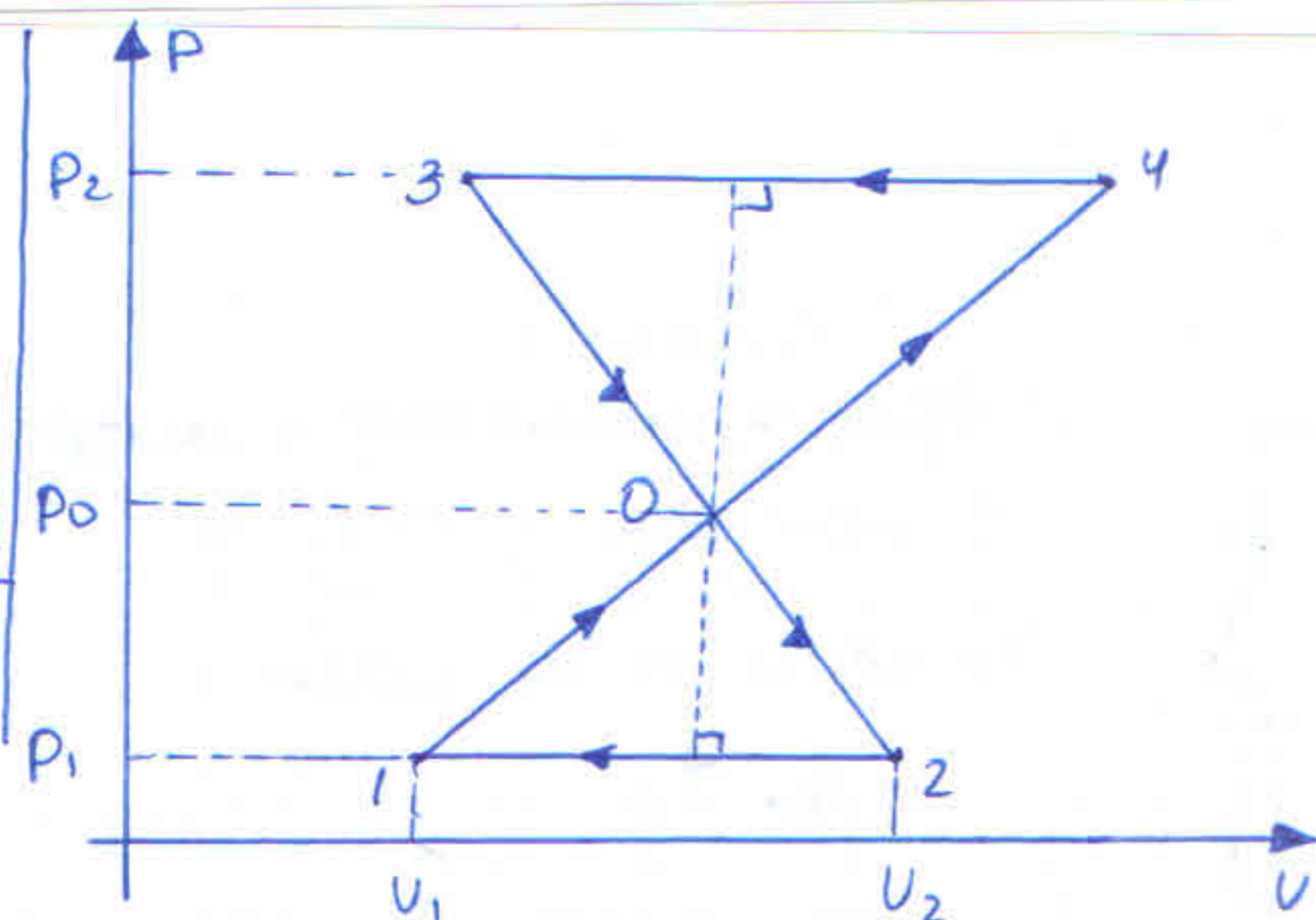
$$\Delta U = 318 \text{ Дж}$$

Ответ:  $318 \text{ Дж}$ .



⑤ Дано:  
 $p_1 = 10^5 \text{ Па}$   
 $p_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$   
 $p_2 = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$   
 $V_2 - V_1 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$A_0 = ?$



$\pm 0,75$

Решение:

1) Работа газа равна площади под графиком в координатах  $PV$   
 Тогда найдем работу  $A_1$ , как площадь  $\Delta 102$

$$A_1 = \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (p_0 - p_1) = 6 \cdot 10^2 \text{ Дж}$$

2) Так как по условию  $3-4 \parallel 1-2$ , то  $\Delta 102 \sim \Delta 304$ , а коэффициент подобия равен  $\frac{p_2 - p_0}{p_0 - p_1} = \frac{3}{2}$

3) Значит  $\frac{V_4 - V_3}{V_2 - V_1} = \frac{3}{2} \Rightarrow V_4 - V_3 = 9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

4) Тогда  $A_2 = \frac{1}{2} (V_4 - V_3) \cdot (p_2 - p_0) = 1350 \text{ Дж}$

5)  $A_0 = A_1 + A_2 = 1950 \text{ Дж}$

Ответ:  $1950 \text{ Дж}$ .

⑥ Дано:

$\gamma = 1,5$   
 $\eta_0$   
 $A$

$T_x$

Решение:

1) И.к. при адиабатическом процессе  $Q = 0$ , то

$$\Delta U = A$$

$$\frac{3}{2} \gamma R (T_H - T_x) = A$$

$$T_H = T_x + \frac{2}{3} \frac{A}{\gamma R}$$

2) Для тепловой машины Карно

$$\eta_0 = \frac{T_H - T_x}{T_H}$$

Тогда:

$$\eta_0 \left( T_x + \frac{2}{3} \frac{A}{\gamma R} \right) = \left( T_x + \frac{2}{3} \frac{A}{\gamma R} \right) - T_x$$

$$T_x = \frac{\frac{2}{3} \frac{A}{\gamma R}}{\eta_0} - \frac{2}{3} \frac{A}{\gamma R}$$

$$T_x = \left( \frac{1}{\eta_0} - 1 \right) \cdot \frac{2}{3} \frac{A}{\gamma R}$$

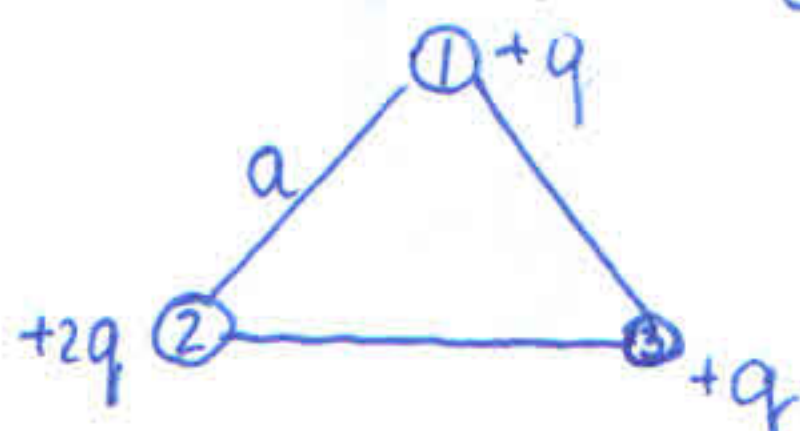
$$\text{Ответ: } \frac{2}{3} \frac{A}{\gamma R} \left( \frac{1}{\eta_0} - 1 \right)$$

⑦ Дано:

$a$   
 $4q$

$\varphi_0 = ?$

После перераспределения зарядов:



Решение:

$$\varphi_1 = \frac{kq}{a} + \frac{2kq}{a} = \frac{3kq}{a}$$

$$\varphi_2 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} = \frac{2kq}{a}$$

$$\varphi_3 = \frac{kq}{a} + \frac{2kq}{a} = \frac{3kq}{a}$$

$0,25$

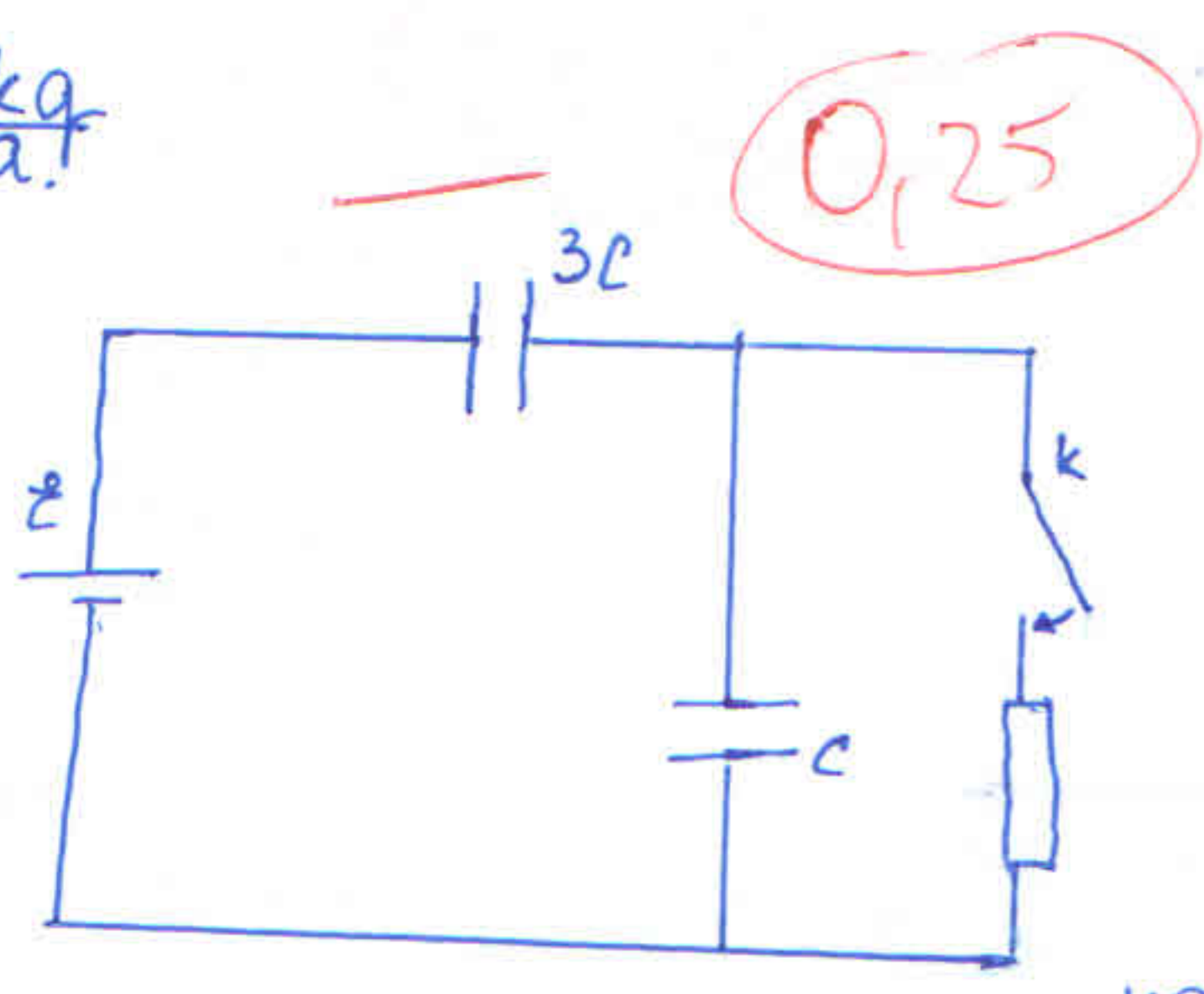
По принципу суперпозиции

$$\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3$$



$\varphi_0 = \frac{8kq}{a}$   
 Ответ:  $\frac{8kq}{a}$

В) Дано:  
 $3C$   
 $C$   
 $\mathcal{E}$   
 $Q = ?$



- Решение:
- 1) При замыкании ключа через источник  $\mathcal{E}$  пройдёт заряд  $q$
  - 2) А источника равна:  
 $A = \mathcal{E}q$
  - 3) Эта энергия идет на зарядку конденсаторов и на  $Q$

С  
 €  
 Когда:

$q = 2C_0\mathcal{E}$ , где  $C_0 = \frac{3}{4}C$   
 Значит  
 $q = \frac{3}{2}C\mathcal{E}$   
 $Q = q\mathcal{E} = \frac{3}{2}C\mathcal{E}^2$

10: Ответ:  $\frac{3}{2}C\mathcal{E}^2$

В) А)  $C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$   
 $L = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$   
 $q_m = 10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$   
 $q = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$   


---

 $I = ?$

Решение:

- 1) Запишем закон сохранения энергии:  
 $\frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$   
 $\frac{LI^2}{2} = \frac{q_m^2 - q^2}{2C}$   
 $I = \sqrt{\frac{(q_m - q)(q_m + q)}{CL}} \approx 2,67 \cdot 10^{-5} \text{ А}$

4) m  
 80: Ответ:  $2,67 \cdot 10^{-5} \text{ А}$   
 h

M  
 v=  
 Δh

3) H  
 Δ  
 Δ  
 On