



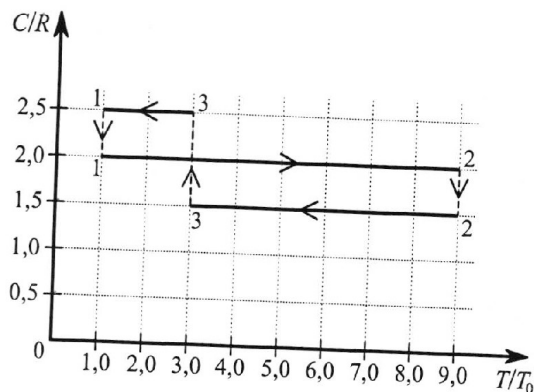
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

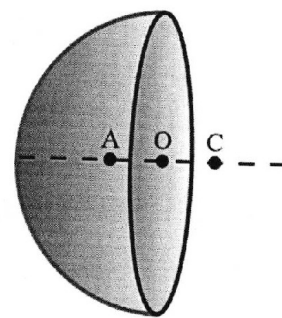


4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 5$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300 \text{ K}$.



1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.
2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?
3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400 \text{ кг}$ за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . Частица движется по прямой АС и на большем по сравнению с R расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна K .



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
2. Найдите скорость V_C частицы в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



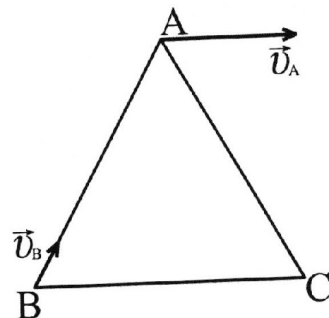
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA и по величине равна $v_B = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_A скорости вершины A.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит один оборот?

Пчела массой $m = 120$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

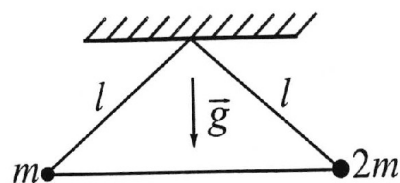
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 14,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 6$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На мак симальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние $L_{\max}$ между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 90$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплены с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



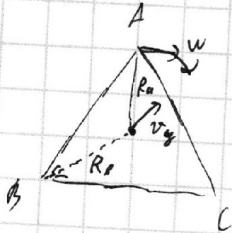
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

в результате толчка центр масс треугольника ~~двиг~~ с v_y
Треугольник вращается вокруг центра с ω

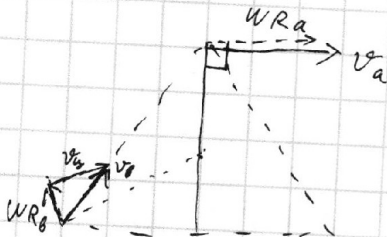


$$\vec{v}_B = \vec{v}_y + \vec{\omega} \times \vec{R}_B$$

$$\vec{v}_A = \vec{v}_y + \vec{\omega} \times \vec{R}_A$$

$$|R_A| = |R_B| = |R_C| =$$

$$a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$



~~$\vec{v}_A$ совпадает с $\vec{\omega} \times \vec{R}_A \rightarrow$ совпадает с $\vec{v}_y$~~
~~совпадает с $\vec{v}_y$~~

$\vec{v}_A \parallel \vec{\omega} \times \vec{R}_A \rightarrow \vec{v}_A \parallel \vec{v}_y$ иначе
дуга в составлении
не $\parallel BC$ и $\vec{v}_A$ дуга $\parallel BC$

$$\left. \begin{array}{l} \angle R_B, \omega R_B = 90^\circ \\ \angle \omega R_B, v_B = 60^\circ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \angle R_B BC = 30^\circ \\ \angle v_B v_B = v_B, BC = 60^\circ \end{array}$$

$\omega R_B, v_C, v_B$ — равносторонний треугольник $\rightarrow |\omega R_B| = |v_C| = |v_B|$

$$\vec{v}_A = \vec{v}_y + \vec{\omega} \times \vec{R}_A = \vec{v}_y + \vec{\omega} \times \vec{R}_B = 2\vec{v}_B = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ м/с}$$

$$|\omega R_B| = 0,4 \text{ м/с} = |v_B|$$

$$\omega = \frac{v_B}{R_B} = \frac{0,4}{\frac{a \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{3}} = \frac{3}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \text{ с}^{-1}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

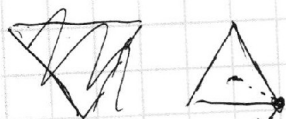
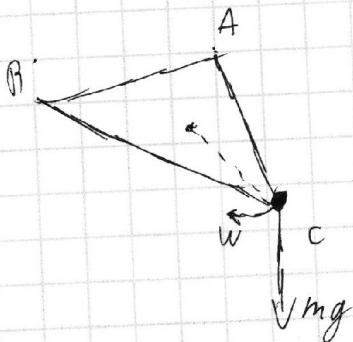


СТРАНИЦА

2 из 2

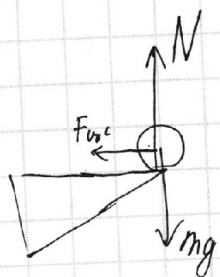
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

CO центра масс



$$a_{цс} = \omega^2 R_c = \frac{\omega^2}{\sqrt{3}} = \frac{v_c^2}{R_c}$$

$F_{цс}$ определяет нчла тем, что держит треугольник



нчла не падает через треугольник $\rightarrow N = mg$

$$R = \left(\frac{v_c^2}{R_c} \right) + mg - mg = \frac{mv_c^2}{R_c} = \frac{0,4^2}{\left(\frac{0,4}{\sqrt{3}} \right)} \cdot 120 \cdot 10^{-6}$$

$$= \frac{0,4^2}{\left(\frac{0,4}{\sqrt{3}} \right)} \cdot 120 \cdot 10^{-6} = 0,4\sqrt{3} \cdot 120 \cdot 10^{-6} = 48\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

потенци энерг на высоте 0 P_0

на h ~~$P_0 + mgh$~~ $P_0 + mgh$

кинет энерг $\frac{V^2 m}{2}$

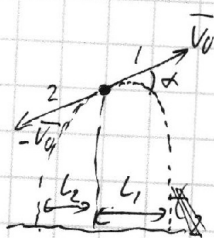
на H т.к. выс максимальна $K_H = 0$; $P = P_0 + mgh$

$$\text{из ЗСЭ } P_0 + mgh + \frac{V^2 m}{2} = P_0 + mgh$$

$$\text{откуда } H = h + \frac{V^2}{2g} = 14,2 + \frac{36}{2 \cdot 10} = 14,2 + 1,8 = 16 \text{ м}$$

из ЗСЭ второй осколок полетит со скоростью $-V_0$

пусть 1-й осколок летит под α с горизонт



$$t_1 V_0 \sin \alpha - \frac{t_1^2 g}{2} = -H$$

$$L_1 = V_0 \cos \alpha t_1$$

$$t_1 = \frac{-V_0 \sin \alpha \pm \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 4 \frac{g}{2} H}}{-2 \frac{g}{2}}$$

$$t_1 = \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

тут же момент
после взрыва $\rightarrow t$

$$L_1 = \frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} + V_0 \cos \alpha \sqrt{\frac{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}{g^2}}$$

$$\text{аналогично } L_2 = -\frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} + V_0 \cos \alpha \sqrt{\frac{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}{g^2}}$$

$$\text{расст } L \text{ после падения} = L_1 + L_2 = 2 V_0 \cos \alpha \sqrt{\frac{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}{g^2}}$$

$$L^2 = \frac{4}{g^2} (V_0^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 2gH V_0^2 \cos^2 \alpha)$$

$$\frac{L^4}{m^2} = \frac{4g^4}{c^2}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$L_{\max} \text{ при } (L^2)_{\max} \rightarrow (V_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha \rightarrow \max)$$

$$V_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha \rightarrow \max$$

$$\cos^2 \alpha = 2gH \cos^2 \alpha - V_0^2 \cos^2 \alpha \rightarrow \max$$

$$-\frac{1}{2}(\cos^2 \alpha)^2 + \cos^2 \alpha (V_0^2 + 2gH) \rightarrow \max \text{ в вершине}$$

$$\Rightarrow (\cos^2 \alpha)_{\text{верш}} = -\frac{V_0^2 + 2gH}{-2V_0^2} = \frac{V_0^2}{2} + gH = \frac{1}{2} + \frac{gH}{V_0^2} \quad \text{ок } \frac{1}{2} + \frac{10 \cdot 16}{400} < 1$$

$$\frac{V_0^2}{g^2} L_{\max}^2 = -\left(\frac{V_0^2}{2} + gH\right)^2 + \left(\frac{V_0^2}{2} + gH\right)(V_0^2 + 2gH) = \left(\frac{V_0^2}{2} + gH\right)^2 \cdot (-1+2)$$

$$L_{\max} = \frac{V_0^2}{2} + gH$$

$$\frac{V_0^2}{g^2} = -\frac{V_0^2}{2} + gH$$

$$\frac{g^2}{4V_0^2} L_{\max}^2 = -V_0^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{gH}{V_0^2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} + \frac{gH}{V_0^2}\right)(V_0^2 + 2gH)$$

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

$$L_{\max} = \frac{\left(\frac{1}{2} + \frac{gH}{V_0^2}\right) V_0}{\frac{g}{2V_0}} = \frac{2\left(\frac{1}{2} + \frac{gH}{V_0^2}\right) V_0^2}{g} = \frac{V_0^2 + 2gH}{g} = \frac{V_0^2}{g} + 2H$$

$$L_{\max} = \frac{20^2}{10} + 2 \cdot 16 = \frac{400}{10} + 32 = 40 + 32 = 72 \text{ м}$$

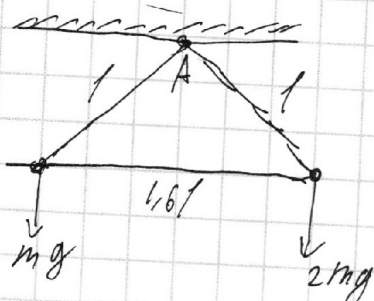


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

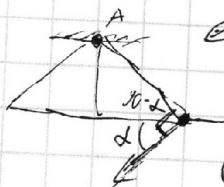


нет сил ~~в~~ стержневых кнута

система кнута-сержнев-грузы
мостик

ось вращения в т.к. крепления А

$$M(A) = -0,8l \cdot mg + 0,8l \cdot 2mg = 0,8lmg$$



$$\cos(90^\circ - \alpha) = \frac{0,8l}{l} = 0,8$$

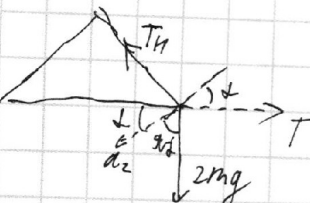
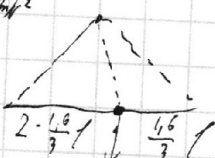
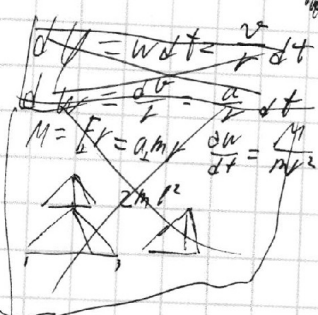
$$\sin \alpha = 0,8 \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$$

умножим на $\frac{1}{l}$

$$\text{умножим } \frac{d\omega}{dt} = \frac{0,8lmg}{3mg l^2} = \frac{0,8g}{3l}$$

$$a_2 = \frac{d\omega}{dt} \cdot l = \frac{0,8g}{3} = \frac{4}{15}g = \frac{4}{15} \cdot \frac{2}{3}$$

$$\frac{4}{15} \frac{m}{c^2}$$



разберем II закон Ньютона ось a_2

$$2m a_2 = 2mg \cos(90^\circ - \alpha) - T \cos \alpha$$

$$2m a_2 = 2mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$T = \frac{2mg \sin \alpha - 2m a_2}{\cos \alpha} = \frac{2 \cdot 0,09 \cdot 10 \cdot 0,8 - 2 \cdot \frac{4}{15} \cdot 0,09}{0,6}$$

$$\frac{2 \cdot 0,09}{0,6} (10 \cdot 0,8 - \frac{8}{3}) = 0,3 \cdot 8 \cdot \frac{2}{3} = 1,6 \text{ Н}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M}{I} = \frac{\sum Fd}{\sum mr^2}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

$$U = Q - A = \nu C_V T$$

$$C_V = \frac{3}{2} R \text{ тк атомов одноатомн}$$

$$PV = \nu RT$$

$$Q = U + A$$

$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{PdV}{dT} = C_V + \frac{P}{\nu} \frac{dV}{dT}$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{4}{3} = 3$$

в предель тевозм $P=0$

процесс 2-3 изохорный

$$3-1: \frac{5}{2} R = \frac{3}{2} R + \frac{P}{\nu} \frac{dV}{dT}$$

$$R \nu dT = PdV \xrightarrow{PV = \nu RT} \frac{PdV}{\nu RT} = \frac{dV}{V} \rightarrow P = \text{конст}$$

процесс 3-1 изобарный

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} = \frac{3}{1} = 3$$

1-2

$$2R = \frac{3}{2} R + \frac{P}{\nu} \frac{dV}{dT}$$

$$PdV = \frac{1}{2} \nu R dT = \frac{1}{2} (PdV + dPV)$$

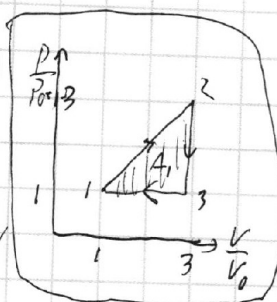
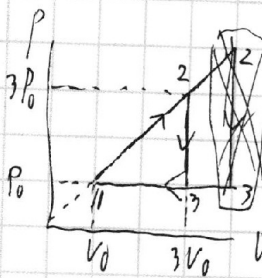
$$PdV = VdP$$

$$\frac{dV}{V} = \frac{dP}{P} \quad \frac{dP}{dV} = \frac{P}{V}$$

$$\frac{P}{V} = \frac{P+dP}{V+dV}$$

также производная равна тангенсу графика

уравнение вида $P = kV$



$$A_1 = \frac{2P_0 \cdot 2V_0}{2} = 2P_0 V_0 = 2\nu RT_0$$

$$A_1 = 2 \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 300 = 24930 \text{ Дж}$$

4,3
3
2,4

за N циклов воз совершит работу $A_1 N$

полезной работы $\frac{A_1 N}{2}$

, отсюда на подъем груза

$$MgH = \frac{A_1 N}{2}$$

$$H = \frac{A_1 N}{2Mg} = \frac{24930 \cdot 20}{2 \cdot 400 \cdot 10}$$

$$\frac{24930}{4} = 6232,5 \text{ м } 62 \frac{13}{40} \text{ м}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

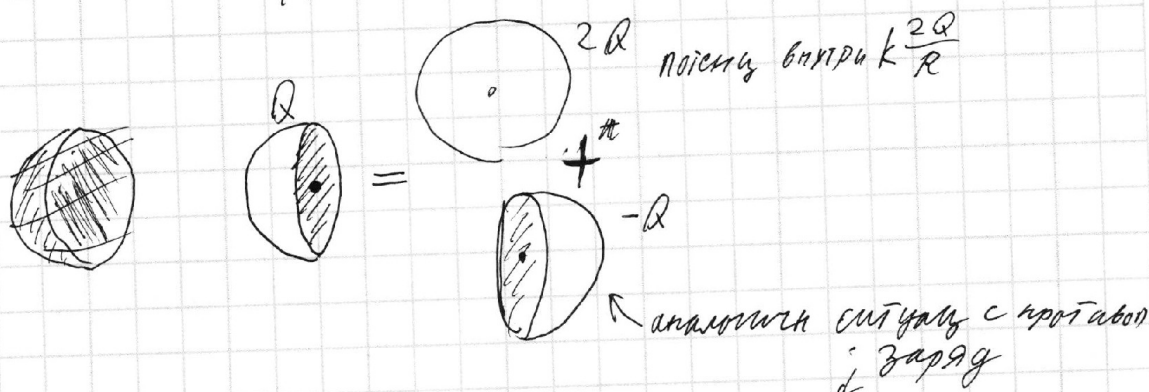
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Потенциал т.к. A равен $\frac{Kq}{r}$, ~~или зарядом~~

в ∞ потенциал 0, или K $\rightarrow$ потенциал A + 0 = K + 0
 $\varphi_A = \frac{K}{r}$

потенциал в O φ_0



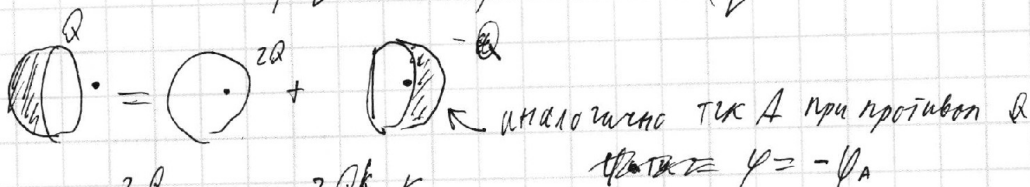
$$\varphi_0 = k \frac{2Q}{R} - \varphi_0$$

$$\varphi_0 = k \frac{Q}{R}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + q \varphi_0 = q \varphi_A$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2}{m} q (\varphi_A - \varphi_0)} = \sqrt{\frac{2q}{m} \left(\frac{K}{q} - \frac{kQq}{R} \right)} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(K - \frac{kQq}{R} \right)}$$



$$\varphi_c = \frac{2Q}{R} k - \varphi_A = \frac{2Qk}{R} - \frac{K}{q}$$

$$V_c = \sqrt{\frac{2}{m} \left(K - \left(\frac{2kQq}{R} - \frac{K}{q} \right) \right)} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{2K}{q} - \frac{2kQq}{R} \right)}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

☐☐☐☐☒☐☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

аналогично V_0

$$V_c = \sqrt{\frac{2q}{m} \left(\frac{K}{q} - \left(\frac{2kQ}{R} - \frac{K}{q} \right) \right)} = \sqrt{\frac{2q}{m} \left(\frac{2K}{q} - \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} \right)}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{2q}{m} \left(\frac{K}{q} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \right)}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

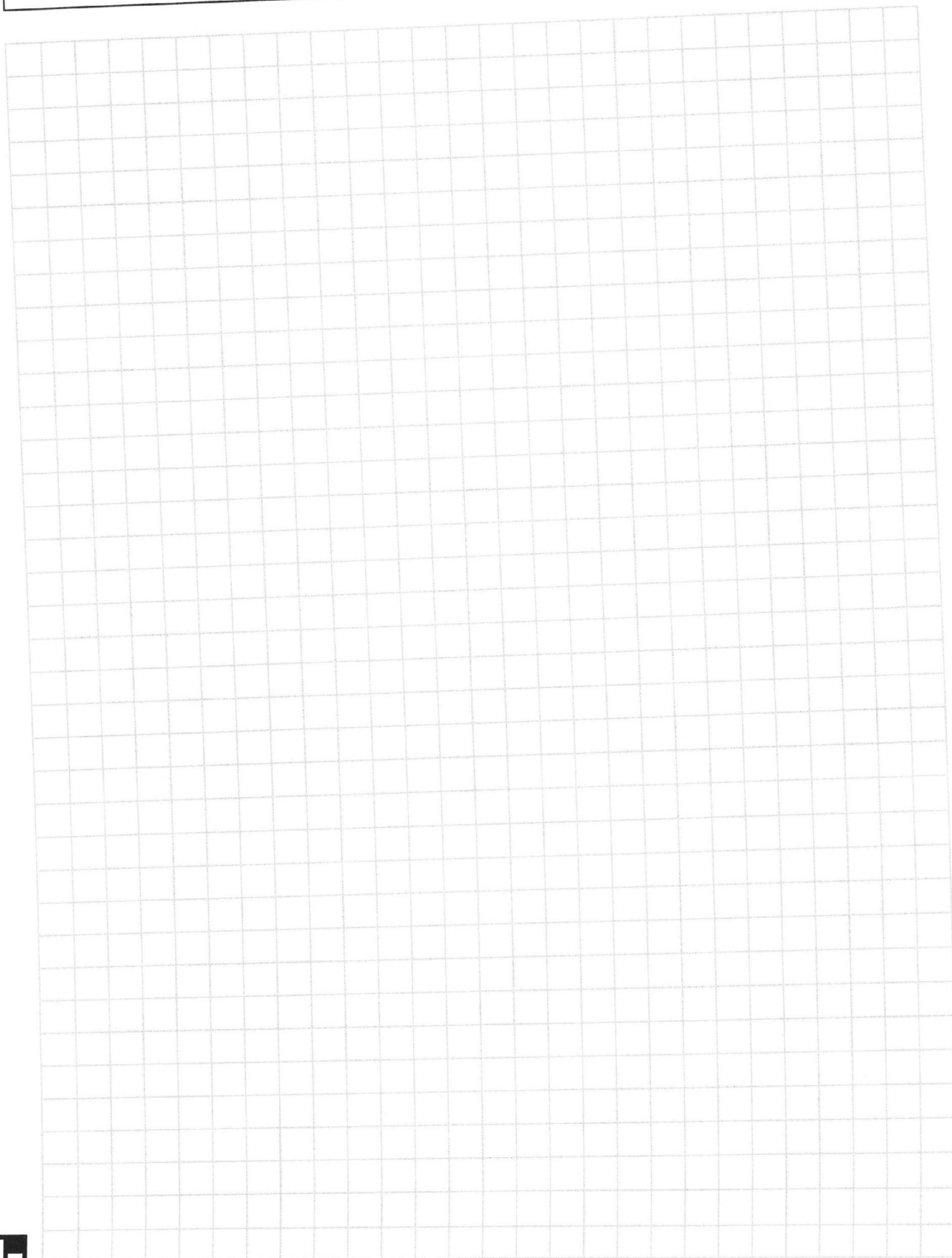
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

