



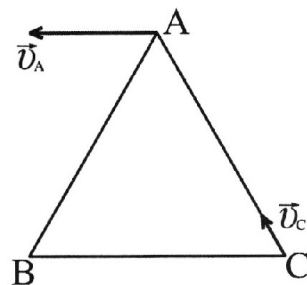
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01

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 $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны CA. Длины сторон треугольника $a = 0,2$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит три оборота?

Пчела массой $m = 100$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

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

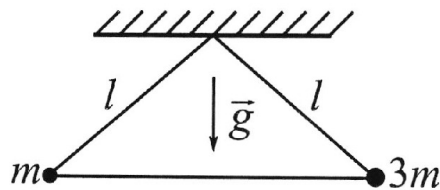
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте 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 $m = 0,1$ кг и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m 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.



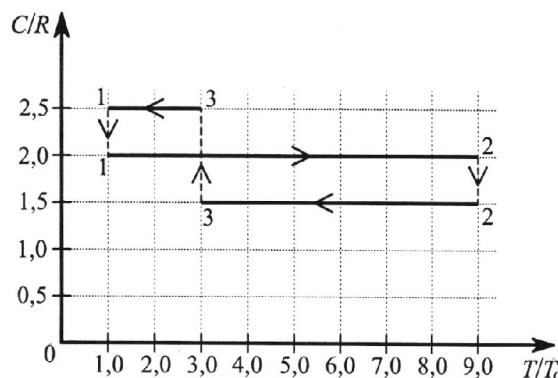
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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



1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

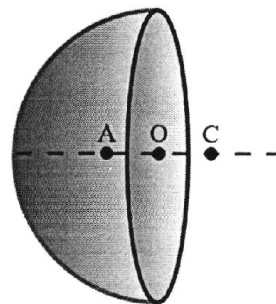
2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 150$ кг за $N = 10$ циклов тепловой машины?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная

$R = 8,31$ Дж/(моль·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 . В точке О частица движется со скоростью V_0 .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C , с которой частица движется 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.



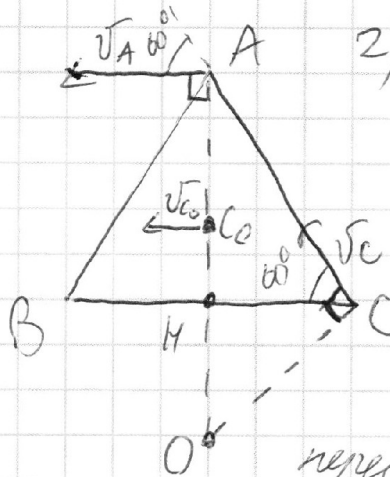
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
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!

№1
1) Т.к. расстояние между точками A и C - const
 $\Rightarrow v_A \cdot \cos 60^\circ = v_C = 0,2 \text{ м/с}$



2) Найдем O - мгновенный центр вращения треугольника к v_A и v_{C0} .

$$OA = \frac{AC}{\cos 30^\circ} = 0,2 \text{ м} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$AO \perp BC$ (AO - высота). $C0$ - центр масс $AC0 = \frac{2}{3} AO$ т.к. $C0$ - точка пересечения медиан.

$$AO = AC \cdot \cos 30^\circ = 0,2 \text{ м} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$OC0 = AO - \frac{2}{3} AO = \frac{0,4}{\sqrt{3}} \text{ м} - \frac{0,2}{\sqrt{3}} \text{ м} = \frac{0,2}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

$$\frac{v_C}{v_A} = \frac{OA}{OC0} = 2 \Rightarrow v_{C0} = \frac{v_A}{2}$$

$$v_{C0} = 0,2 \text{ м/с}. \text{ Перейдем в C.O. центра масс.}$$

$$\text{В данной системе } v_A' = v_A - v_{C0} = 0,2 \text{ м/с}$$

Т.к. движение $\triangle ABC$ можно разложить на поступательное движение центра масс и вращение вокруг него

$$\Rightarrow \tau = \frac{6\pi}{v_A'} \cdot AC0 = \frac{6\pi}{0,2 \text{ м/с}} \cdot \frac{0,2}{\sqrt{3}} \text{ м} = 2\sqrt{3}\pi \text{ с}$$

3)

На тело действует 2-х телая реакция опоры, формула складывается из $N = mg$ (норм. реакция опоры) и $F_{тр.} = m \frac{v_B^2}{R_{C0}} = m \cdot \frac{v_A^2}{AC0}$ (или трения) т.к. приск.

чем $F_{тр} \ll N$



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!

$$R = \sqrt{N^2 + K_{TP}^2} \stackrel{\sim 1(\text{проб.})}{=} m \sqrt{g^2 + \left(\frac{v_A' \cdot 2R}{AC_d} \right)^2}$$

$$R = 0,12 \cdot \sqrt{100 \frac{m^2}{c^4} + \left(\frac{0,04 \frac{m^2}{c^2} \cdot \sqrt{3}}{0,2 m} \right)^2}$$

$$R = 1 \cdot 10^{-4} m \cdot \sqrt{100 \frac{m^2}{c^4} + \left(0,2 \cdot \sqrt{3} \frac{m}{c^2} \right)^2}$$

$$R = 1 \cdot 10^{-4} m \cdot \sqrt{100 \frac{m^2}{c^4} + 0,12 \frac{m^2}{c^4}}$$

$$R = \sqrt{100,12} \cdot 10^{-4} m$$

$$\text{Ответ: } v_0 = 0,2 m/c \quad \tau = 2\sqrt{3} \mu s \quad R = \sqrt{100,12} \cdot 10^{-4} m$$



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
1 из 3

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!

1. $h = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$, где v_0 - начальная ск. вверх

$H = v_0 T - \frac{g T^2}{2}$, где T - время от начала полета до достижения макс. высоты

$v_0 = g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{g}$

$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$

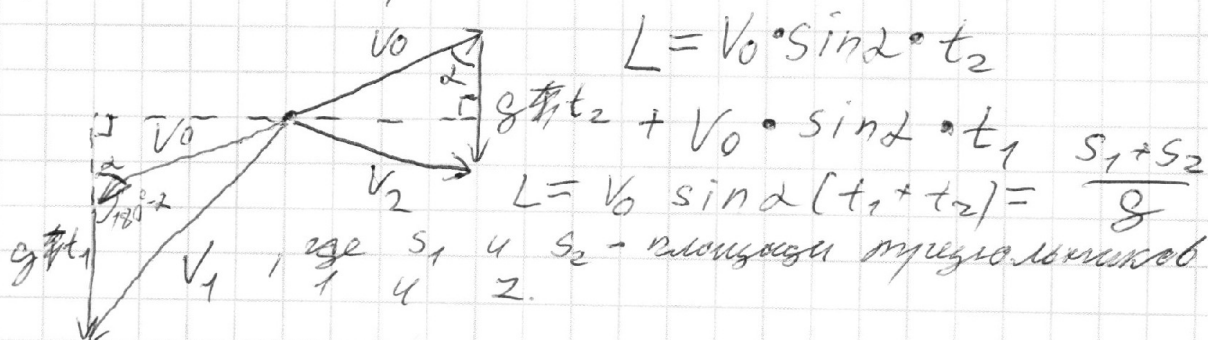
$v_0 = h + \frac{g t^2}{2} \Rightarrow H = \frac{(h + \frac{g t^2}{2})^2}{2g t^2}$

~~v_0~~ $H = \frac{(8 \text{ м} + \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,8 \text{ с})^2}{2})^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,8 \text{ с})^2} = \frac{(8 \text{ м} + 3,2 \text{ м})^2}{20 \cdot 0,64 \text{ с}}$

$H = \frac{(8 \text{ м} + 3,2 \text{ м})^2}{12,8 \text{ с}} = 11,2 \text{ м} \cdot \frac{112}{128} = 11,2 \text{ м} \cdot \frac{7}{8}$

$H = 1,4 \text{ м} \cdot 7 = 9,8 \text{ м}$

2. Нарисуем П.К. у одного скачка ск. v_0 , то у второго она будет тоже v_0 , но направлена в противоположную сторону по (ЗСН). Нарисуем Δ скоростей для 2 скачков.





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!

$$H = V_0 \cos \alpha t_1 + \frac{g t_1^2}{2} \quad \text{из (проект.)}$$

$$H = -V_0 \cos \alpha t_2 + \frac{g t_2^2}{2}$$

$$0 = V_0 \cos \alpha (t_1 + t_2) + \frac{g}{2} (t_1^2 - t_2^2)$$

$$0 = V_0 \cos \alpha + \frac{g}{2} (t_1 - t_2)$$

$$t_2 - t_1 = \frac{2 V_0 \cos \alpha}{g} \quad H = \frac{g(t_2 - t_1)t_1}{2} + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$H = \frac{g t_1 t_2}{2} \quad t_2 = \frac{2H}{g t_1}$$

$$V_0 \cos \alpha = \frac{H}{t_1} - \frac{g t_1}{2} \quad V_0 \cos \alpha = \frac{H}{t_1} - \frac{g t_1}{2}$$

$$V_0^2 (1 - \sin^2 \alpha) = \frac{H^2}{t_1^2} + \frac{g^2 t_1^2}{4} - gH$$

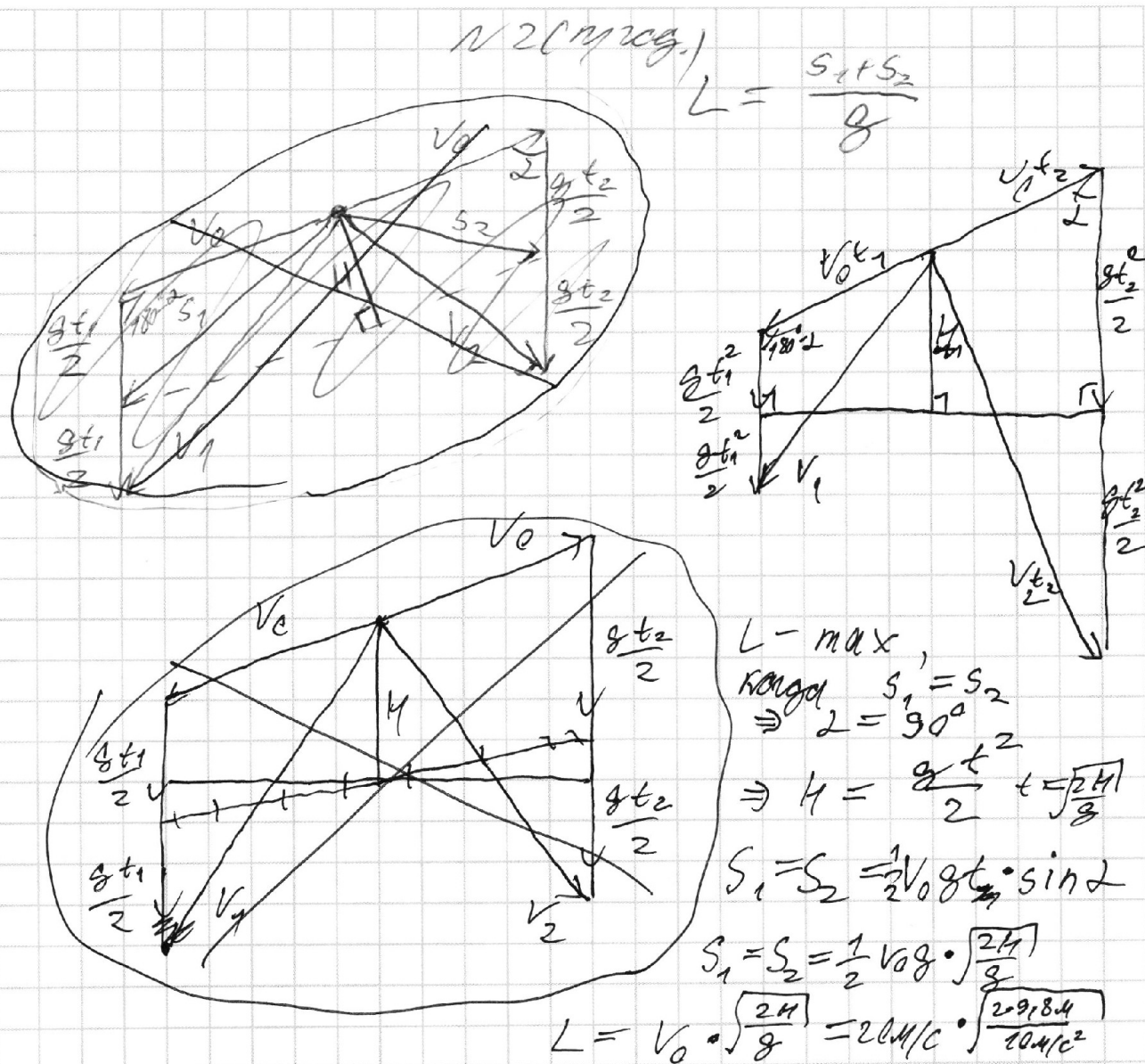


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 3

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!



$$L = 20 \cdot \sqrt{1,96} \text{ м} = 20 \cdot 1,4 \text{ м} = 28 \text{ м}$$

Ответ: $H = 9,8 \text{ м}$ $L = 20 \cdot \sqrt{1,96} \text{ м}$

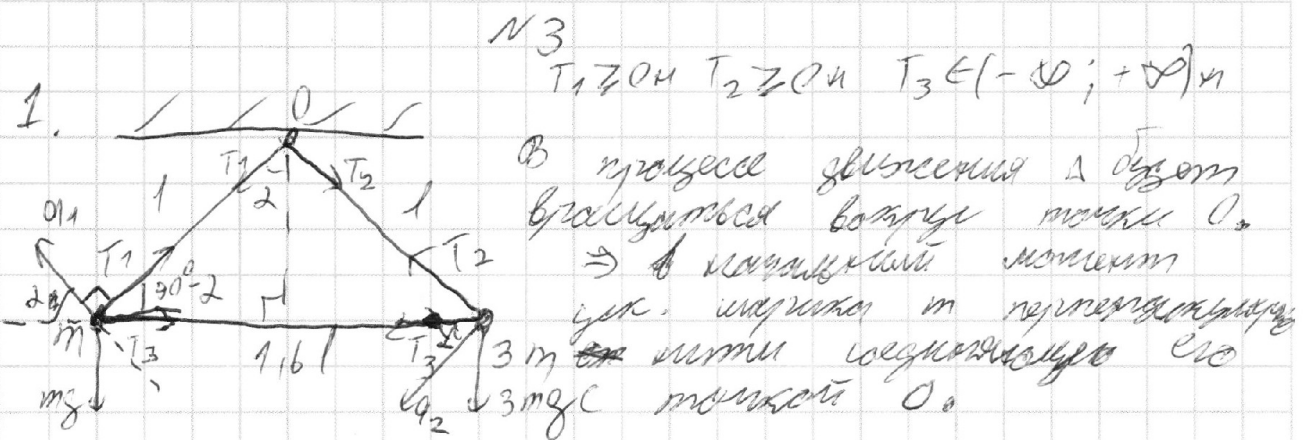


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$\sin \alpha = \frac{0,8}{1} = 0,8 \quad \cos \alpha = 0,6$$

$$2. a_1 \cos \alpha = a_2 \cos \alpha \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$\begin{cases} T_3 \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma_1 - ma_1 \\ T_3 \cos \alpha + 3mg \sin \alpha = 3ma_1 \end{cases}$$

$$2mg \sin \alpha = 4ma_1 \quad a_1 = \frac{1}{2}g \sin \alpha = 0,4g = 4,4 \text{ м/с}^2$$

$$T_3 \cos \alpha = 1,2mg - 3mg \cdot 0,8 = -1,2mg$$

$$T_3 = -\frac{1,2}{0,6}mg = -2mg$$

$$T = |T_3| = 2mg = 2 \text{ Н}$$

~~Ответ: $\sin \alpha = 0,8$ $a_1 = 4,4 \text{ м/с}^2$; $T = 2 \text{ Н}$~~

Проверка. Если T_1 или $T_2 < 0 \Rightarrow$ наша модель неверна.

$$T_1 + T_3 \sin \alpha = mg \cos \alpha \quad T_1 = 0,6mg + 1,6mg = 2,2mg \Rightarrow T_1 > 0$$

$$T_2 + T_3 \sin \alpha = 3mg \cos \alpha \quad T_2 = 0,6mg + 1,6mg = 2,2mg \Rightarrow T_2 > 0$$

$\Rightarrow$ модель верна.

Ответ: $\sin \alpha = 0,8$ $a_1 = 4,4 \text{ м/с}^2$ $T = 2 \text{ Н}$.



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 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!

N 4

$$C = \frac{i \int R dT + P dV}{\int dT} = \frac{i}{2} R + \frac{P dV}{\int dT}$$

$$C = \frac{i}{2} R + \frac{R}{\frac{V}{P} \cdot \left(\frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} \right)} = \frac{i}{2} R + \frac{R}{1 + \frac{V}{P} \cdot \frac{dP}{dV}}$$

- график для молярной теплоемкости в общем виде. В нашем случае

$$C = \frac{3}{2} R + \frac{1}{1 + \frac{V}{P} \cdot \frac{dP}{dV}} \cdot R \quad \frac{C}{R} = \frac{3}{2} + \frac{1}{1 + \frac{V}{P} \cdot \frac{dP}{dV}}$$

при $\frac{C}{R} = 2,5$ $1 + \frac{V}{P} \cdot \frac{dP}{dV} = 1 \Rightarrow dP = 0$

$\Rightarrow P = \text{const}$

при $\frac{C}{R} = 2$

$$2 = 1 + \frac{V}{P} \cdot \frac{dP}{dV} \quad \frac{V}{P} = \frac{dV}{dP}$$

$\Rightarrow P = KV$

при $\frac{C}{R} = 1,5$ $\frac{1}{1 + \frac{V}{P} \cdot \frac{dP}{dV}} = 0 \Rightarrow dV = 0 \quad V = \text{const}$

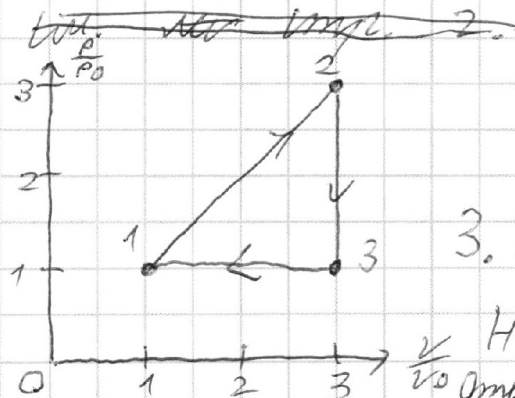
Зн. всег. уг. газа для точек 1; 2; 3; 4

1: $P_0 V_0 = \nu R T_0$

2: $9 \nu R T_0 = K P_2 V_2$

3: $3 \nu R T_0 = V_2 \cdot P_0 \Rightarrow V_2 = 3 V_0$

$\Rightarrow P_2 = 3 P_0$ ~~Естественный процесс~~ $\left(\frac{P}{P_0}, \frac{V}{V_0} \right)$



2. $Q_1 = 2 R \cdot \ln 8 T_0 = 16 \nu R T_0$

$Q_1 = 32 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ Дж} = 79446 \text{ Дж}$

3. $M_0 H \approx N \cdot 4 \nu R T_0$

$H = \frac{40 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300}{150 \cdot 10} = 16 \cdot 8,31 \text{ Дж} = 132,96 \text{ Дж}$

Омдем: $Q_1 = 79446 \text{ Дж}$; $H = 132,96 \text{ Дж}$



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
18 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!

используем

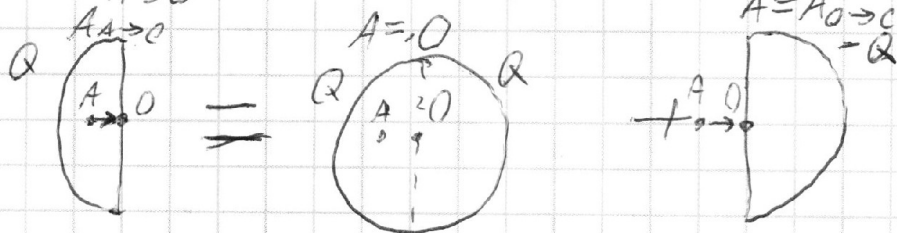
1. ЗСЭ: когда точки Q и B находятся на поверхности

$$\frac{mV_0^2}{2} + \frac{kQq}{R} = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{V_0^2 + \frac{2kQq}{mR}}$$

2. ~~Рассмотрим~~
~~точка Q находится на поверхности~~
~~точка B находится на поверхности~~
 ~~$\vec{r}_1 = \vec{R} + \vec{d}$ $dE_A = \frac{kqQq}{R+d}$ $dE_B = \frac{kqQq}{R+d}$~~
 ~~$\vec{r}_2 = \vec{R} - \vec{d}$ $dE_A - dE_B = \frac{kqQq}{R^2-d^2} \cdot (-2\vec{d})$~~
 ~~$dE_A \Rightarrow E_A - E_B = \frac{kQq \cdot 2d}{R^2-d^2}$~~

Вспользуемся принципом суперпозиции и симметрию системы. В этой ситуации $\vec{v}_A = \vec{v}_B = 0$

$$\Rightarrow A_{A \rightarrow B} = E_{A \rightarrow C}$$



$$\Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = mV^2 \Rightarrow V = \sqrt{2}V_0$$

$$\text{Ответ: } V = \sqrt{V_0^2 + \frac{2kQq}{mR}}; V_0 = \sqrt{2}V_0$$



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
☐

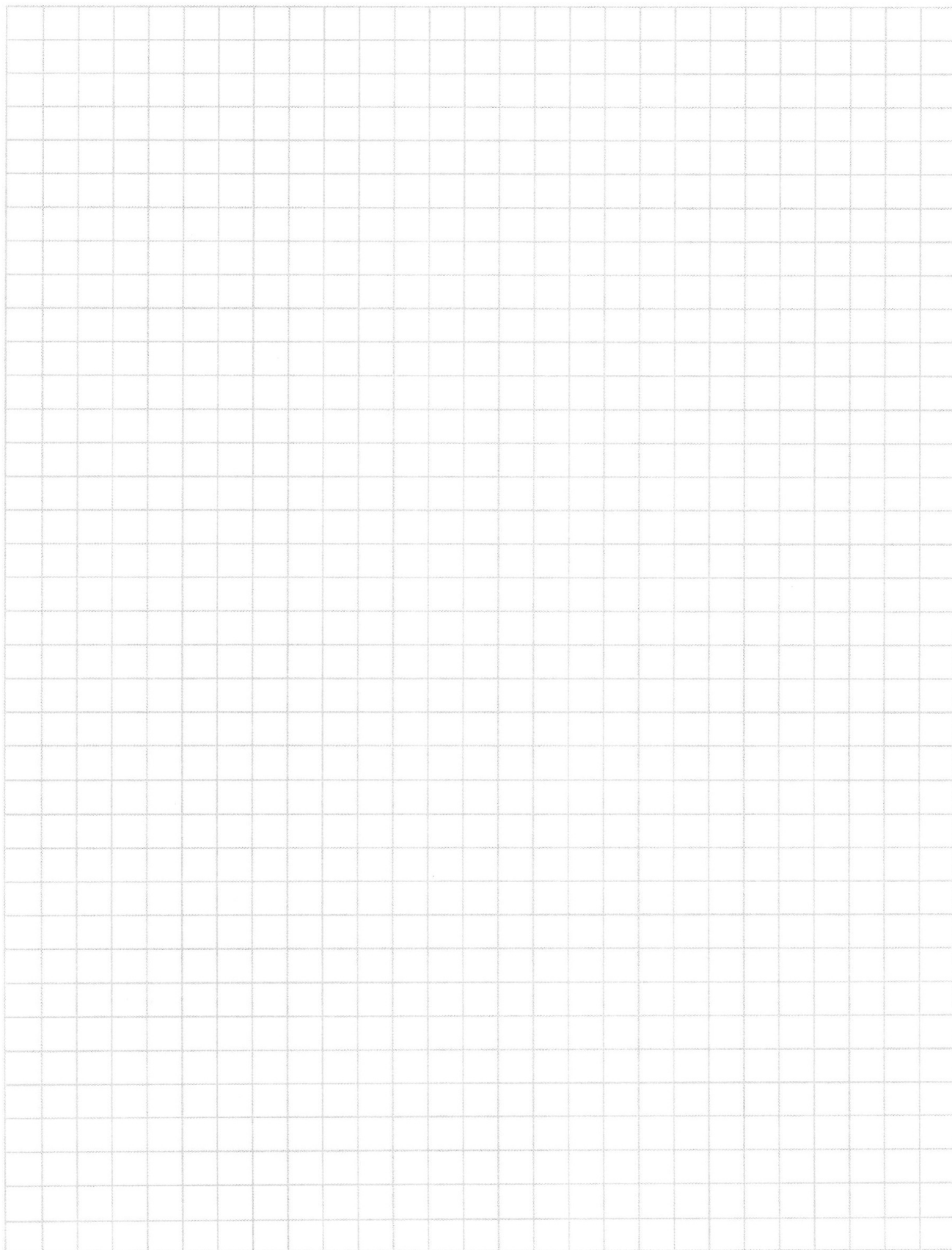
5
☐

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!

