



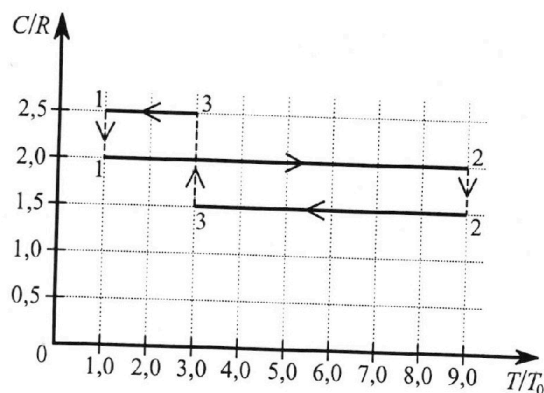
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 300$ К.

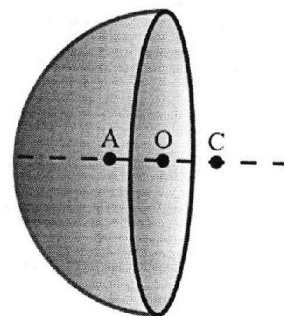


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 — давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400$ кг за $N = 20$ 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 . Частица движется по прямой АС и на большом 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.



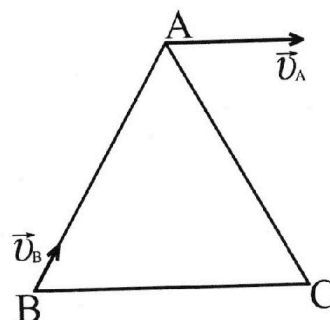
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

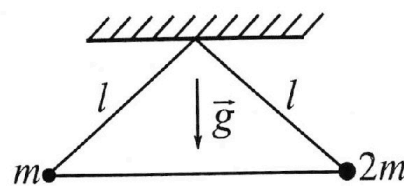
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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 максимальной 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 массы m скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик массы $2m$ находится 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

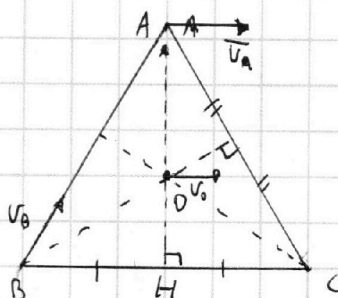
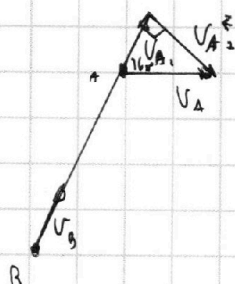
1 ИЗ 2

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!

1) O -центр $\triangle ABC \Rightarrow O$ -центр масс $\triangle ABC$

~~3~~ $\vec{AO} \perp \vec{BC}$

$\vec{v}_A$



$v_A = v_B$ по закону сохранения импульса

$$v_{Ax} = \cos 60^\circ \cdot v_A = \frac{1}{2} v_A = v_B$$

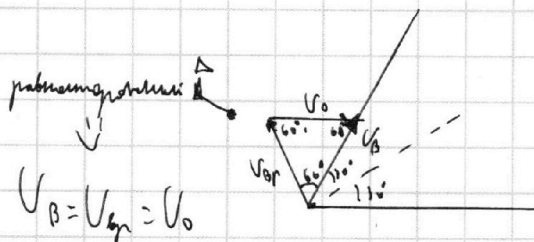
$$v_A = 2 v_B = 0,8 \text{ м/с}$$

Ответ: $0,8 \text{ м/с}$

2) $AO \perp \vec{v}_A \Rightarrow v_A = v_{\text{вр}} + v_O$

v_O - скорость центра масс

$v_{\text{вр}}$ - скорость вращения вокруг A при $v_O = 0$



$$v_B = v_{\text{вр}} = v_O$$

$$v_{\text{вр}} = 0,4 \text{ м/с}$$

$$r = AO = \frac{2}{3} AH = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3} a}{3} = \frac{0,4 \sqrt{3}}{3}$$

$$\tau = \frac{2\pi r}{v_{\text{вр}}} = \frac{2\pi \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4}{0,4} = \frac{2\sqrt{3} \pi}{3} \text{ с}$$

Ответ 2: $\frac{2\sqrt{3} \pi}{3} \text{ с}$



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.

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!

3) u - нормальное ускорение вращения в точке C (u_A, u_B)

$$u = \frac{v_{or}^2}{R} = \frac{0,4^2}{\frac{0,4 \cdot \pi}{3}} \tilde{z} = 0,4\sqrt{3} \tilde{z} \quad \left(\begin{array}{l} \text{лучше в левом} \\ \text{дополнительное ускорение не учитывается} \end{array} \right)$$

$$R = m u = 0,122 \cdot 0,4\sqrt{3} \tilde{z} = 0,048\sqrt{3} \text{ мН}$$

Ответ: $0,048\sqrt{3} \text{ мН}$

~~$H = h + v \cdot t + 0,5 g t^2$~~
 ~~$t = \frac{v}{g}$~~

~~$H = h + \frac{v^2}{2g} = h + \frac{v^2}{2g} = h + \frac{3 \cdot 36}{2 \cdot 10} = 11,2 \text{ м} + 6,4 \text{ м} = 17,6 \text{ м}$~~

~~Ответ: $17,6 \text{ м}$~~

1



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!

№2

$$1) H = h + Vt + 0,5gt^2$$

t - время полета камня $V = 6 \text{ м/с}$

$$t = \frac{v}{g}$$

$$H = h + \frac{v^2}{2g} = 14,2 \text{ м} + \frac{36}{20} \text{ м} = 14,2 \text{ м} + 1,8 \text{ м} = 16 \text{ м}$$

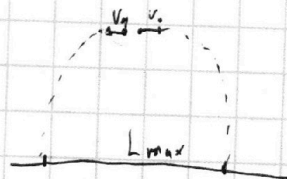
Ответ: 16 м

2) L - ~~максимальное~~ ~~или~~ ~~наибольшее~~ ~~горизонтальное~~ ~~расстояние~~ ~~от~~ ~~начала~~ ~~движения~~ ~~до~~ ~~земли~~

$$m\vec{v}_0 + m\vec{v}_1 = 0$$

$$\vec{v}_0 = -\vec{v}_1$$

$$v_0 = v_1$$



t_n - время полета камня (суммарное время движения)

$$H = 0,5gt_n^2$$

$$t_n = \sqrt{2 \frac{H}{g}} = \sqrt{2 \frac{16}{10}} \text{ с} = \sqrt{3,2} \text{ с} = 1,78885 \text{ с} \approx 1,8 \text{ с}$$

$$L_{\max} = 2 \cdot v_0 \cdot t_n = 2 \cdot 20 \text{ м/с} \cdot 0,8 \sqrt{5} \text{ с} = 32\sqrt{5} \text{ м}$$

Ответ: $32\sqrt{5} \text{ м}$



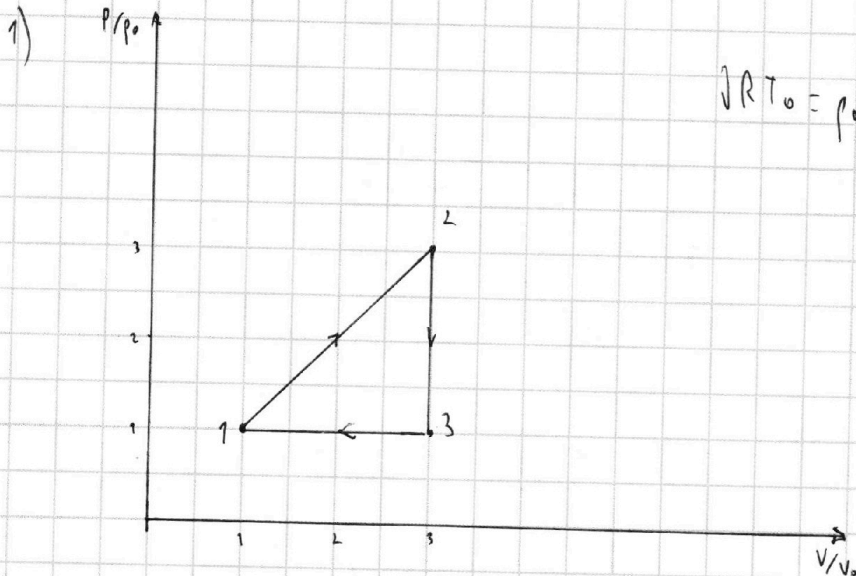
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

24



$$pRT_0 = p_0 V_0$$

$$A_1 = p_2 V_2 - p_1 V_1 = \text{Area under the curve}$$

$$2) \quad A_1 = p_0 \cdot (3V_0 - V_0) + \frac{1}{2} \cdot (3p_0 - p_0) \cdot (3V_0 - V_0) = 2 \cdot p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0 V_0 =$$

$$= 4 pRT_0 = 4 \cdot 5 \text{ мм} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = 6008,31 \text{ Дж} =$$

$$= 6 \cdot 831 = 4986 \text{ Дж}$$

$$\text{Ответ 2: } 4986 \text{ Дж}$$

$$3) \quad \text{КПД} = \eta = 0,5 \quad N = 20$$

$$MgH = \eta \cdot A_1 \cdot N$$

$$H = \frac{\eta A_1 N}{mg} = \frac{10 \cdot 4986 \text{ Дж}}{4000 \text{ Н}} = \frac{49860}{4000} = \frac{49,86}{4} = \frac{24,93}{2} = 12,465 \text{ м}$$

$$\text{Ответ 3: } 12,465 \text{ м}$$



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!

1) $k = q_0 \cdot q + \frac{mV_0^2}{2}$ $\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$; $mV_0^2 = 2k - \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R}$

$$V_0 = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 R k - qQ}{2\pi\epsilon_0 R m}} = \sqrt{\frac{2k}{m} - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R m}}$$

Ответ 1: $\sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 R k - qQ}{2\pi\epsilon_0 R m}}$

2) $\varphi_A - \varphi_0 = \varphi_0 - \varphi_c$

$q \cdot \varphi_A = k$ $\varphi_c = 2\varphi_0 - k/q$

~~$\varphi_c = k/q$~~ $q \cdot \varphi_c = 2\varphi_0 \cdot q - k$

$$\frac{mV_c^2}{2} = \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R} - k$$

$$mV_c^2 = Qq/\pi\epsilon_0 R - 2k$$

$$V_c = \sqrt{\frac{Qq - 2\pi\epsilon_0 R k}{\pi\epsilon_0 R m}}$$

$$V_c = \sqrt{\frac{Qq - 2\pi\epsilon_0 R k}{\pi\epsilon_0 R m}}$$

Ответ 2: $V_c = \sqrt{\frac{Qq - 2\pi\epsilon_0 R k}{\pi\epsilon_0 R m}}$

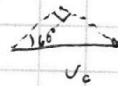
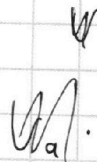
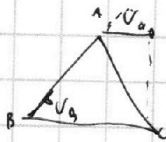


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

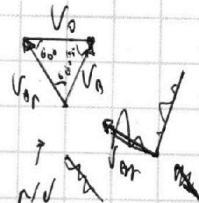
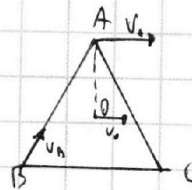


$$v_C \cdot (0.60) = v_B$$

$$1) v_A = 2v_B$$

$$v_A = 2v_B$$

2)



$$v_A = v_C + v_{Bx}$$

$$v_A^2 = v_C^2 + v_{Bx}^2$$

$$v_{Bx} = 0.4 \text{ m/s}$$

$$v_B = v_C = v_{Bx}$$

$$v_A = 2v_B = 2v_{Bx} = 2v_C$$

$$R = 40 = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$\tau = \frac{2\pi R}{v_{Bx}} = \frac{0.4 \cdot \sqrt{3}}{0.4} = \frac{\sqrt{3} \pi}{1}$$



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**.

[illegible]

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!

71

(10) $\gamma = 0,8$

$$\sin \phi = 0,6$$

$$\sin 2 = (0) \quad \gamma = 0,8$$

$$2) \quad a_2 = \frac{2mg \cdot (0.1) \gamma - mg \cdot 0.1 \gamma}{3m} = \frac{1}{3} g (0.1) \gamma = \frac{2}{30} g \cdot 10 \gamma = \frac{2}{3} \frac{m}{s^2}$$

$$R_1 \sin \theta = m_1 g + R_2 = m_2 g + m_2 a_2 +$$

$$\begin{cases} 2m_1 g \cos \gamma - T \cdot \sin \gamma = 2ma_2 \\ -m_1 g \cos \gamma + T \cdot \sin \gamma = ma_2 \end{cases}$$

$$3mg \cos \theta - 2T \sin \theta = ma_2$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$\Delta T = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{R}$$

$$C = \mathbb{R}$$

$$pV^n = \text{const}$$

$$p = \frac{1}{V^n} \cdot \text{const}$$



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!

$$C = \frac{3}{2} R$$

$$C = \frac{\frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + (V_1^{1-\gamma} - V_2^{1-\gamma})}{(T_2 - T_1)}$$

$$V_1^{1-\gamma} \cdot \kappa = \gamma R T$$

$$\frac{\gamma R T}{V_1^{1-\gamma}} = \frac{\gamma R T}{\kappa}$$

$$\frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_1) + \kappa (V_2 - V_1)$$

$$C =$$

25

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

$$\frac{m v_0^2}{2} = \kappa - \frac{q Q}{R} \cdot \frac{1}{4 \pi \epsilon_0}$$

$$m v_0^2 = 2 \kappa - \frac{q Q}{2 \pi \epsilon_0 R}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{4 \pi \kappa \epsilon_0 R - q Q}{2 \pi \epsilon_0 R m}}$$

$$m v_0^2$$

$$\varphi_{1\text{из}} - \varphi_0 = \varphi_0 - \varphi_c$$



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!

