



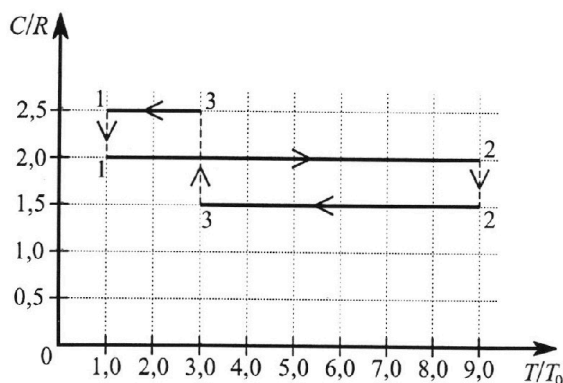
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200$ К.

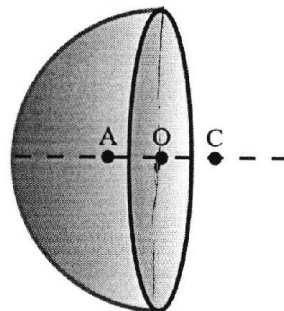


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 $M = 415$ кг за $N = 25$ 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 кинетическая энергия частицы равна K .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Электрическая постоянная ϵ_0 . 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.



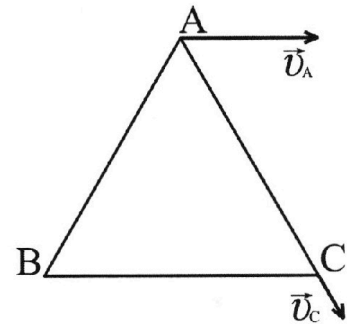
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03

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 $v_A = 0,6$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a = 0,3$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?

Пчела массой $m = 60$ 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.

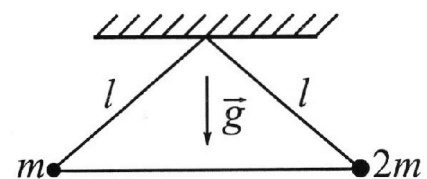
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

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 $V_0 = 30$ 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 $m = 200$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарiki скреплены с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарiki находятся 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.



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.

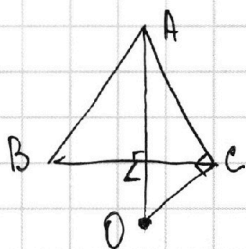
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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) Найдём мгновенный центр вращения (точку O)

O - пересечение перпендикуляров к $\vec{v}_A$ и $\vec{v}_C$, восстановленных в точках A и C соответственно. $(\vec{v}_A \parallel BC \Rightarrow AO \perp BC)$



(L - середина BC)

$$OL = \frac{CL}{\cos(30^\circ)} = \frac{CL}{\cos(30^\circ)} = \frac{a/2}{\sqrt{3}/2} = \frac{a\sqrt{3}}{3}$$

$$AC = a \quad AO = \sqrt{AC^2 + OC^2} = a \sqrt{1 + \frac{1}{3}} = 2a \frac{\sqrt{3}}{3}$$

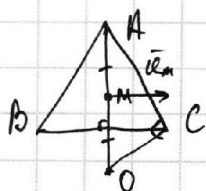
ω_0 - угловая скорость мгновенно центра вращения.

$$\left. \begin{aligned} v_A &= \omega_0 \cdot OA \\ v_C &= \omega_0 \cdot OC \end{aligned} \right\} \Rightarrow v_C = v_A \cdot \frac{OC}{OA} = v_A \cdot \frac{a\sqrt{3}/3}{2a\sqrt{3}/3} = \frac{1}{2} v_A = 0,3 \text{ м/с}$$

2) M - центр масс пластины

(M - середина AO, т.к. OABC - вписанный четырехугольник, с описанной на диаметре AO $\Rightarrow$ описанная окружность $\triangle ABC$ - имеет на AO как на диаметре

$\Rightarrow$ M - как центр описанной - середина AO)



$\vec{v}_M$ - скорость точки M $\vec{v}_M \parallel \vec{v}_A$

$$v_M = \omega_0 \cdot OM = \omega_0 \cdot \frac{1}{2} OA = \frac{1}{2} v_A$$



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!

Перейдем в систему отсчета точки М.

Тогда относительная скорость точки А - (v_{am})

$$\bar{v}_{am} = \bar{v}_a - \bar{v}_m = \bar{v}_a - \frac{1}{2}\bar{v}_a = \frac{1}{2}\bar{v}_a$$

относительная угловая скорость а - (ω_{am})

$$\omega_{am} = \frac{v_{am}}{MA} = \frac{\frac{1}{2}v_a}{\frac{1}{2}OA} = \frac{v_a}{OA} = \frac{v_a}{2a(\sqrt{3}/3)} = \frac{3 \cdot 0,6 \text{ м/с}}{2 \cdot 0,3 \text{ м} \cdot \sqrt{3}} = \sqrt{3} \text{ с}^{-1}$$

$$\tau = \frac{16\pi}{\omega_{am}} = \frac{16\pi}{v_a} \cdot \frac{2a\sqrt{3}}{3} = \frac{32a\pi\sqrt{3}}{3v_a} = \frac{32 \cdot 0,3 \text{ м} \cdot \pi \sqrt{3}}{3 \cdot 0,6 \text{ м/с}} = \underline{\underline{16 \cdot \frac{\pi\sqrt{3}}{3} \text{ с}}}$$

3.) $\bar{v}_{bm}$ - скорость точки В относительно М

$$v_{bm} = \cancel{v_{bm}} \cdot MB \cdot \omega_m = MA \cdot \omega_m = v_{am}$$

$$\Rightarrow \text{В-ускорение точки} \quad a = \frac{v_{bm}^2}{MB} = \frac{v_{am}^2}{AO/2} = \frac{(\frac{1}{2}v_a)^2}{(AO/2)} = \underline{\underline{\frac{v_a^2 \sqrt{3}}{4a}}}$$

по закону Ньютона (F - сила гравитационная) $R = m a \Rightarrow$

$$R = m \frac{v_a^2 \sqrt{3}}{4a} = 60 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \frac{(0,6 \text{ м/с})^2 \cdot \sqrt{3}}{4 \cdot 0,3 \text{ м}} = \underline{\underline{18 \sqrt{3} \cdot 10^6 \text{ Н}}}$$

Ответ: 1) $0,3 \text{ м/с}$; 2) $16 \frac{\pi\sqrt{3}}{3} \text{ с}$; 3) $18 \sqrt{3} \cdot 10^6 \text{ Н}$.



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!

1) $\bar{u}$ - начальная скорость ^{свободно} падающего тела

$$u\tau - \frac{g\tau^2}{2} = h \Rightarrow u = \frac{2h + g\tau^2}{2\tau}$$

$$\Rightarrow H = \frac{u^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{2h + g\tau^2}{2\tau} \right)^2 = \frac{(2 \cdot 15 \text{ м} + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ с}^2)^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 20 \text{ м.}$$

2) Пусть $\bar{v}_0$ - направление под углом α к горизонту.

В точке M скорость свободного (до распада) равна 0 $\Rightarrow$

минимум в этот момент ($\bar{p}_1$ - равен 0), тогда $\bar{p}_2$ после распада равен 0)

$\bar{p}_1 = \bar{p}_2 = 0$ (M - масса фрейбурга, $\bar{u}_1$ - скорость этого куска)

$$\bar{p}_2 = (M/2)\bar{u}_1 + (M/2)\bar{v}_0 \Rightarrow \bar{u}_1 = -\bar{v}_0$$

$L(\alpha)$ - расстояние между осколками после падения

$$L(\alpha) = M|v_0 \cos \alpha| \left(h + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} t_1 + t_2 \right) \quad (t_1, t_2 - \text{время падения 1 и 2 куска})$$

$$t_1 = v_0 \sin \alpha t_1 + \frac{g t_1^2}{2} = H$$

$$t_1 = \frac{-2v_0 \sin \alpha + \sqrt{4v_0^2 \sin^2 \alpha + 4H^2/g}}{2} \quad (*)$$

$$t_2 = t_1 + \frac{v_0 \sin \alpha \cdot 2 t_1 - H}{\frac{g}{2}} = 0$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} + H^2/g} - \frac{v_0^2 \sin \alpha}{g}}{g}$$

$$t_2 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} + t_1 =$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} + H^2/g}}{g} + \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow L(\alpha) = 2v_0 \cos \alpha \left(\sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} + H^2/g} + \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \right)$$



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
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!

$$L_{\max} \text{ достигается при } L'(d) = 0 \Rightarrow$$
$$L'(d) = -2v_0 \sin d \left(\frac{v_0^2 \cos^2 d}{g^2} \right) \left(\sqrt{\frac{v_0^2 - v_0^2 \sin^2 d}{g^2}}^{-1/2} \cdot \frac{1}{2} \right) = 0$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 d}{g^2}} > 0 \Rightarrow \begin{cases} -2v_0 \sin d = 0 \\ \frac{v_0^2}{g^2} \cos^2 d = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sin d = 0 \\ \cos d = 0 \end{cases}$$

При $\sin d = 0$ или $\cos d = 0$ $L(d) = 0 \Rightarrow$ это значение не

максимум $\Rightarrow L(d)$ - максимум при $\sin d = 0 \Rightarrow \underline{d=0}$. $|\cos d| = 1$

$$\Rightarrow L_{\max} = \sqrt{2v_0 \sqrt{\frac{v_0^2}{g}}} = 2 \cdot 30 \text{ м/с} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2}} = \underline{120 \text{ м}}.$$

Ответ: 1) 20 м; 2) 120 м.

на T_{n1} , на $\text{св } T_{n1}^0$ и промывки ит, действующие
на T_{n2}^0 , на T_{n2}^0 равна 0. $\Rightarrow$



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 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!

$$\Rightarrow T_1 - T \cos \varphi - mg \sin \varphi = 0$$

Перейдем в н.в.о. Tn_1 .

$$T_2 - T \cos \varphi - 2mg \sin \varphi = 0$$

в ней Tn_2 будет двигаться ^{по прямой} с ускорением $\vec{a}_2 - \vec{a}_1$,

примем что по касательной скорости будет равна 0 $\Rightarrow (\vec{a}_2 - \vec{a}_1) \perp Tn_1, Tn_2$

т.к. шариком пренебрегаем

$$\Rightarrow \cancel{a_1 \cos \varphi} |a_2| \cos \varphi - |\vec{a}_1| \cos \varphi = 0 \Rightarrow |a_1| = |a_2| \Rightarrow$$

(выйдем из н.в.о в соотношении $\cos \varphi$)

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

$$F \Rightarrow \frac{F_{1x}}{m} = \frac{F_{2x}}{2m}$$

(F_{1x}, F_{2x} - результирующие силы действующие на Tn_1 и Tn_2 соответственно (по F_{1x} . Итого $F = ma$)
они направлены перпендикулярно Tn_1 и Tn_2)

$$\Rightarrow 2F_{1x} = F_{2x}$$

$$2(T_1 \cos \varphi - T) = T - T_2 \cos \varphi \Rightarrow$$

$$\begin{cases} T_1 - T \cos \varphi - mg \sin \varphi = 0 \\ T_2 - T \cos \varphi - 2mg \sin \varphi = 0 \end{cases} \Rightarrow T_2 = T_1 + mg \sin \varphi$$

$$2(T_1 \cos \varphi - T) = T - T_2 \cos \varphi \Rightarrow (T_1 + T_2) \cos \varphi = 3T$$

$$\Rightarrow (3T_1 + mg \sin \varphi) \cos \varphi = 3T \Rightarrow T_1 = \frac{T}{\cos \varphi} - \frac{mg \sin \varphi}{3} = T \cos \varphi + mg \sin \varphi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T(1 - \cos^2 \varphi) = mg \cos \varphi \sin \varphi \cdot \frac{4}{3}$$

$$T = mg \frac{\cos \varphi}{\sin \varphi} \cdot \frac{4}{3} = 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{0,6}{10,64} = 2 \text{ Н.}$$



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
3 ИЗ 3

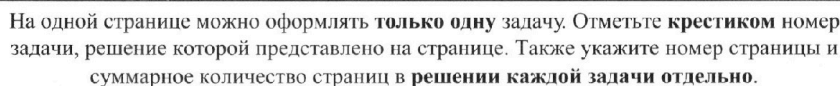
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$2) \Rightarrow a_{\text{д}} = T_1 \cos \varphi - T \cos \varphi + mg \sin \varphi$$

$$a_1 = \frac{|mg \cos \varphi - T \sin \varphi|}{m} = \frac{24 \cdot |0,6 - 0,8|}{0,2 \text{ кг}} = \underline{2 \text{ м/с}^2}$$

(по II зм. Ньютона)

Ответ: 1) $\frac{\pi}{2} - \arccos(0,6)$; 2) 2 м/с^2 ; 3) 2 Н .



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!

$$\begin{pmatrix} Q_{1-2} & Q_{2-3} & Q_{3-1} \\ C_{1-2} & C_{2-3} & C_{3-1} \\ u_{1-2} & u_{2-3} & u_{3-1} \end{pmatrix} = C \begin{pmatrix} \text{координаты} \\ \text{проекции} \end{pmatrix} \text{ проекции}$$

$$T_1 = T_0 \quad T_2 = 9T_0$$

$$C_{1-2} = \frac{\cancel{P_{1-2}} (T_2 - T_1)}{Q_{1-2}/\cancel{D}} = \frac{T_2 - T_1}{U_{1-2} + A_{1-2}/\cancel{D}} \quad (\text{no } I u, Fu)$$

$$\Rightarrow = 2R \Rightarrow 2R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + A_{1-2} \Rightarrow A_{1-2} = \frac{1}{2}R(T_2 - T_1) =$$

$$(dp_{12}; dT_{12}; dV_{12}) \text{ из } \text{молек. уравн. для смеси} = \frac{1}{2} \underline{4RT_0 V}$$

$$\Rightarrow (P_1 + P_2) \cdot C_{1-2} \text{ бо } \text{время} \text{ не меняется} \Rightarrow dH_{12} = \frac{1}{2} R (dT_m) V$$

$$dA = dPV = \frac{1}{2} R (P + P + dP) (V + dV) - PV \quad dA = \frac{1}{2} R (dP) V$$

$$dP_{\text{in}} V \quad dA = P dV = \frac{1}{2} (P + dP)(V + dV) - PV$$

$$P dV = \frac{1}{2} (P dV) (V dP) \Rightarrow P dV = V dP$$

$$\cancel{P_1} P_1 / P_0 = 1 = u_1 / u_0 \quad \Big| \Rightarrow \frac{P/P_0}{u/u_0} = 1.$$

⇒ Угелок 1-2 на графике $P(\theta)$. P/P_0 (У/о) - угловая

ног. улам $45^\circ \Rightarrow p_2 \cancel{= p_1} \quad p_2 v_2 = p_1 v_1 \quad T_2 = 9 T_1 \Rightarrow p_2 v_2 = 9 p_1 v_1$

$$\Rightarrow P_2 = 3P_1; V_2 = 3V_1.$$

Теперь рассмотрим участок 2-3.

$$C_{2-3} = \frac{(Q_{2-3})}{1/(T_3 - T_2)} = \frac{u_{2-3} + A_{2-3}}{1/(T_3 - T_2)} = \frac{\frac{3}{2}R(T_3 - T_2) + A_{2-3}}{1/(T_3 - T_2)} = 1,5R \Rightarrow$$



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 3

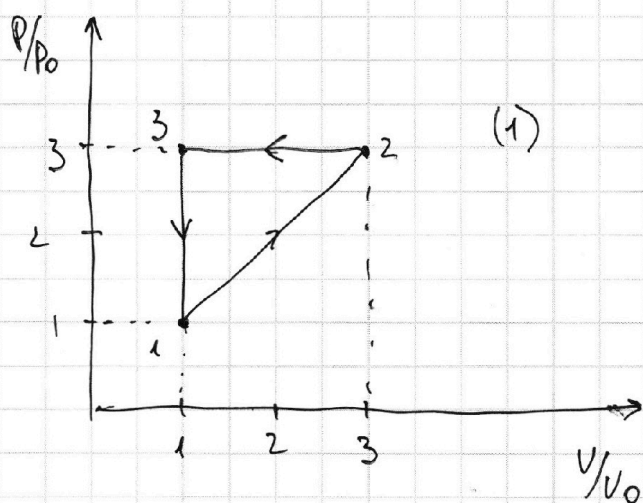
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$A_{2-3}/V = 0 \Rightarrow \text{процесс 2-3 изотермичен}$$

$$P_3 V_3 = V_3 = V_2 = 3V_1 = 3V_0$$

$$P_3 V_3 = T_3 = 3T_1 \Rightarrow P_3 V_3 = 3P_0 V_0 \Rightarrow \underline{P_3 = P_1 = P_0}.$$

(процесс 3-1 изобаричен)



2) $Q = Q_1 + Q_2$ (где Q - тепло за цикл, Q_2 - тепло, отданное объекту ($Q_2 \neq 0$))
 A - все работа за цикл

$$\Delta U = 0 = Q - A$$

ΔU - изменение в. энергии

$$\Rightarrow A = Q$$

$$A = \frac{2P_0 \cdot 2V_0}{2} = 2P_0 V_0 = 2 \frac{T_0}{\dots} \cdot 0R$$

тепло подводилось только в процессе 1-2 $\Rightarrow$

$$Q_1 = Q_{12} = (T_2 - T_1) \cdot C_{1-2} = 2R \cdot 8T_0 = 16R T_0$$

$$Q_1 = 16 \cdot 8R T_0 = 16 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 200 \text{ К} = \underline{26,292 \text{ Дж}}$$



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
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!

3) η - КПД механизма

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{2T_0DR}{16TDR} = 0,125.$$

$A = 2T_0DR \Rightarrow A'$ - работа идущая на нагрев груза

$$A' = \frac{1}{2}A = T_0DR$$

$$NA' = Mgh \Rightarrow h = \frac{NA'}{Mg} = \frac{NT_0DR}{Mg} = \frac{25 \cdot 200 \text{ К} \cdot 1 \text{ м} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}}{415 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}} \approx 11,3 \text{ м}$$

Ответ: 1) (1); 2) 26,292 кАм 3) 11,3 м.

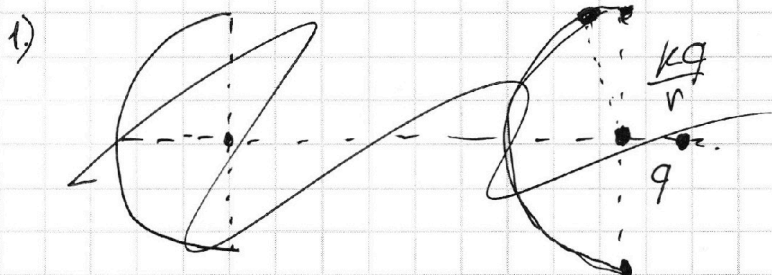


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



из 3.с.7. K_1 - кинетическая энергия в точке дотаккой с c
 φ_0 - потенциал в точке O и 1

$$K_1 + \varphi_1^q = K + \varphi_0^q$$

$K_1 - K = (\varphi_0 - \varphi_1)q$ (при расстоянии l до O от центра $l \gg R$,

$\varphi_1 \ll \varphi_0$; $\varphi_1 \ll K$; $\varphi_1 \leq K \Rightarrow \varphi_1 \approx 0$)

$$K_1 - K = \varphi_0 q \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{\varphi_0 q + K}{m}}$$

Найдем φ_0 :

из п.с.п. складываем по координате x от O .

$$\varphi_0 = \frac{\int_{x=0}^{x=R} k \cdot Q \cdot dx \sqrt{R^2 - x^2} \cdot \frac{x}{R}}{\frac{\pi R^2 / 2}{R}} =$$

$$= \frac{2kQ}{\pi R^4} \int_{x=0}^{x=R} dx \cdot x \sqrt{R^2 - x^2} = \frac{2kQ}{\pi R^4} \frac{R^3}{3} = \frac{2}{3\pi} \frac{kQ}{R}.$$

2) K_c - кин. э.к. в точке c $q \cdot \varphi_a = K + q \cdot \varphi_0 = K_c + q \varphi_c$

φ_c - пот. в точке c

φ_a - пот. в точке a

$$v_c = \sqrt{\frac{K + q\varphi_0 - q\varphi_c}{m}}$$



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
☐

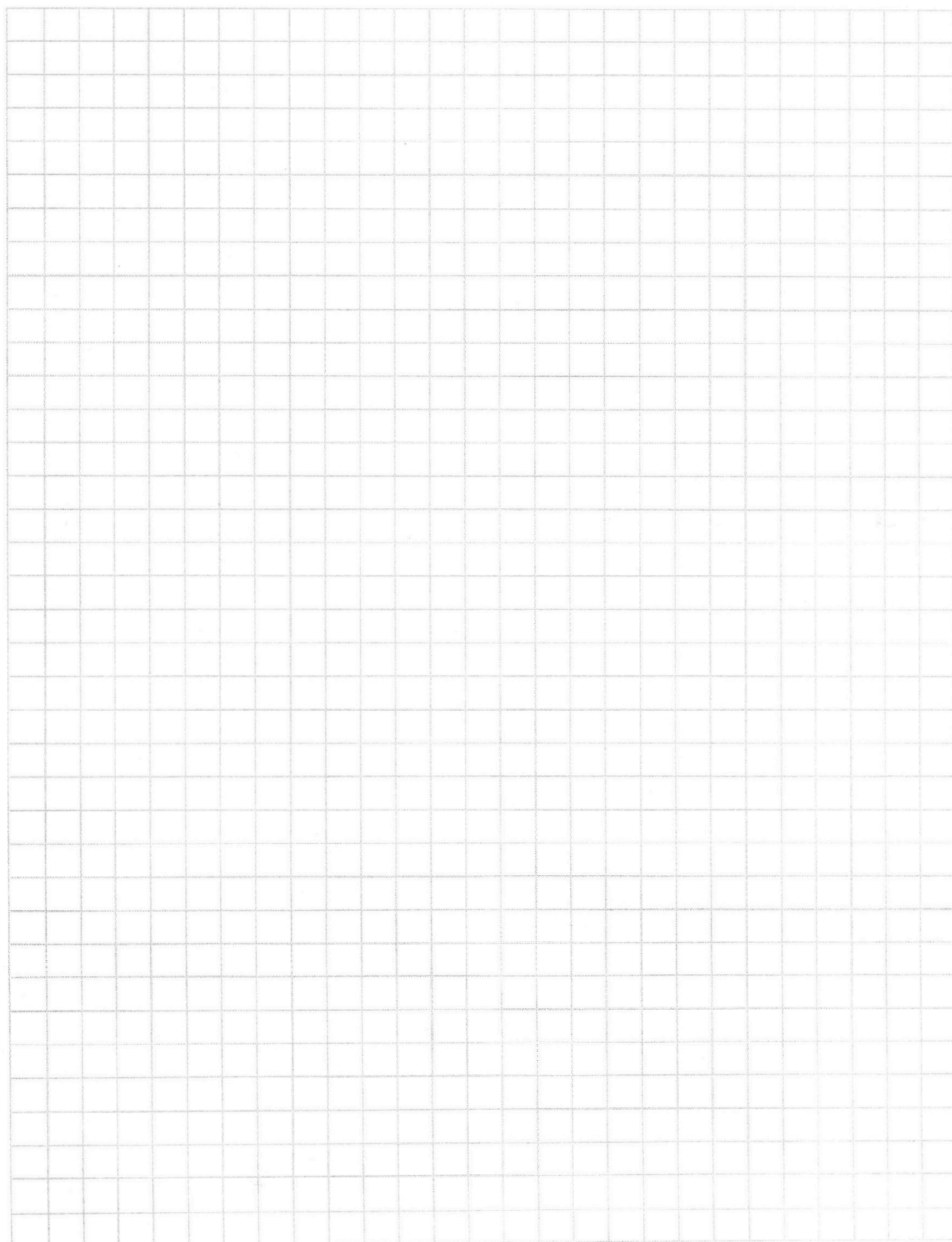
5
☐

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!





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!

Handwritten solution on grid paper for a physics problem involving a particle on a curved surface.

Initial conditions and geometry:

- Height $h = 15 \text{ m}$
- Radius $R = 10 \text{ m}$
- Angle $\alpha = 10^\circ$
- Initial velocity $v_0 = 0$

Energy conservation:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + mR\omega^2$$
$$v = R\omega$$
$$mgh = \frac{1}{2}mR^2\omega^2 + mR\omega^2$$
$$gh = \frac{1}{2}R\omega^2 + R\omega^2$$
$$gh = \frac{3}{2}R\omega^2$$
$$\omega = \sqrt{\frac{2gh}{3R}}$$
$$v = R\omega = \sqrt{\frac{2ghR}{3}}$$

Force analysis:

At the bottom of the curve, the forces are:

- Normal force N
- Weight mg

$$N - mg = \frac{mv^2}{R}$$
$$N = mg + \frac{mv^2}{R}$$
$$N = mg + \frac{m}{R} \cdot \frac{2ghR}{3} = mg + \frac{2}{3}mg = \frac{5}{3}mg$$

Final velocity:

$$v = \sqrt{\frac{2ghR}{3}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.8 \cdot 15 \cdot 10}{3}} = \sqrt{980} \approx 31.3 \text{ m/s}$$

Additional calculations:

For the second part, the particle is launched from a height h with an initial velocity v_0 at an angle α .

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

The horizontal distance x is given by:

$$x = v_0 \cos \alpha \cdot t$$
$$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

The vertical displacement y is given by:

$$y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$
$$y = \frac{x \tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{2}g \left(\frac{x}{v_0 \cos \alpha} \right)^2$$
$$y = \frac{x \tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{2}g \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$
$$y = \frac{x \tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{2}g \frac{x^2}{\frac{2gh}{\sin^2 \alpha} \cos^2 \alpha}$$
$$y = \frac{x \tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{2}g \frac{x^2 \sin^2 \alpha}{2gh \cos^2 \alpha}$$
$$y = \frac{x \tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{4} \frac{x^2 \sin^2 \alpha}{h \cos^2 \alpha}$$
$$y = \frac{x \tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{4} \frac{x^2 \tan^2 \alpha}{h}$$
$$y = \frac{x \tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{4} \frac{x^2 \tan^2 \alpha}{h}$$
$$y = \frac{x \tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{4} \frac{x^2 \tan^2 \alpha}{h}$$

The maximum height y_{max} is found by setting $\frac{dy}{dx} = 0$.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{2} \frac{x \tan^2 \alpha}{h} = 0$$
$$\frac{\tan \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1}{2} \frac{x \tan^2 \alpha}{h}$$
$$x = \frac{2h}{\tan \alpha}$$
$$x = \frac{2 \cdot 15}{\tan 10^\circ} = \frac{30}{0.1736} \approx 172.8 \text{ m}$$

The maximum height y_{max} is:

$$y_{\text{max}} = \frac{x \tan \alpha}{\cos \alpha} - \frac{1}{4} \frac{x^2 \tan^2 \alpha}{h}$$
$$y_{\text{max}} = \frac{172.8 \cdot 0.1736}{0.9848} - \frac{1}{4} \frac{172.8^2 \cdot 0.03}{15}$$
$$y_{\text{max}} = 30 - 15 = 15 \text{ m}$$