



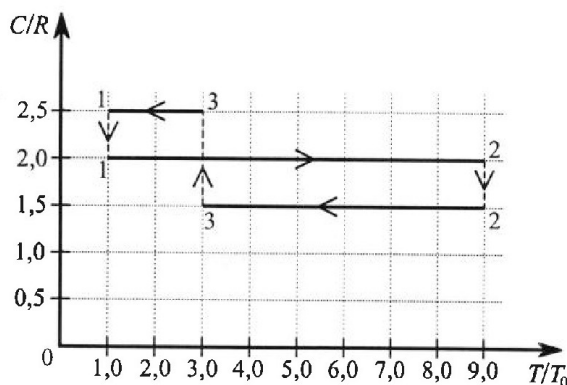
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 200 \text{ K}$.

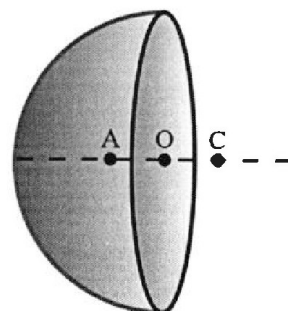


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 415 \text{ кг}$ за $N = 25$ 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 . 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.



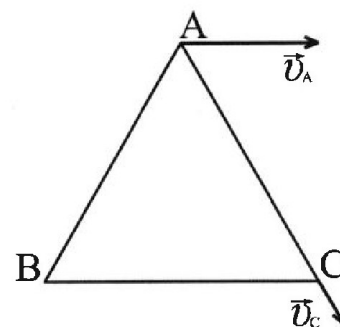
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

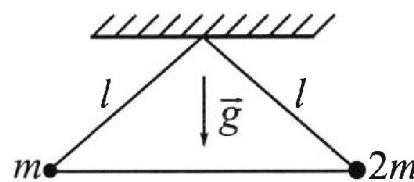
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

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. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. 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.



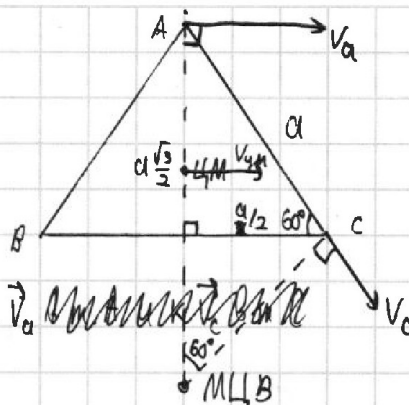
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 начальный момент пластина вращается вокруг мгновенного центра вращения (МЦВ), радиус-вектор от которого к каждой т. пластины перпендикулярен её вектору скорости.



Пл. к. $\vec{V}_A \parallel BC$, $\vec{V}_C \uparrow AC$, МЦВ наход. на пересеч. перп. к $\vec{V}_A$ в т. А и к $\vec{V}_C$ в т. С

Угловые скорости всех точек отн. МЦВ равны ω :

$$\omega = \frac{V_A}{\frac{a\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2\sin 60^\circ}} = \frac{V_A}{a} \cdot \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{V_A}{a} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}, \text{ или находим из геометрии}$$

$$\omega = \frac{V_C}{\frac{a}{2\sin 60^\circ}} = \frac{V_C}{a} \cdot \sqrt{3} \Rightarrow V_C \sqrt{3} = V_A \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow V_C = \frac{V_A}{2} \Rightarrow V_C = 0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ЦМ пластины расн. на пересечении перпен. От точки вращ. отн. МЦВ с ω и его скорость $V_{\text{цм}}$:

$$V_{\text{цм}} = \omega \left(\frac{a}{2\sin 60^\circ} + \frac{a\sqrt{3}}{2 \cdot 3} \right) = \omega a \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = V_A \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{V_A}{2}$$

Перейдем в СО ЦМ, там все т. вращ. вокруг него с угл. скор. $\omega_{\text{цм}}$:

$$\omega_{\text{цм}} = \frac{V_A - V_{\text{цм}}}{\frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2}} = \frac{V_A}{2a} \cdot \sqrt{3}$$

За 8 оборотов пластина повернется на 16π за время T :

$$T = \frac{16\pi}{\omega_{\text{цм}}} = \frac{16\pi \cdot 2a}{V_A \sqrt{3}}$$

$$T = \frac{16 \cdot 3,14 \cdot 0,6}{0,6 \cdot 1,73} \text{ с} = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$$



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!

Из II-го закона Ньютона:

$R = ma_n$, m - масса пластины, a_n - ее ускорение

III. к. на пластину силой не действуют

никакие силы, не перп. пл-ти пластины,
все т. этой системы движ. сг. танг. ускорения,
т.е. a_n - норм. уск. пл-ти в ЛСО.

$$a_n = \omega^2 \frac{a}{2 \sin 60^\circ} = \frac{V_a^2}{a} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}$$

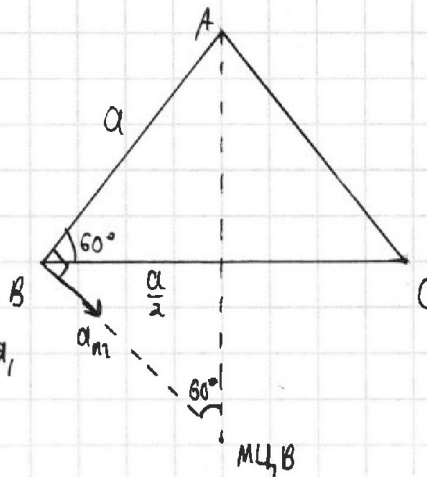
$$a_n = \frac{V_a^2}{a} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$R = ma_n = m \frac{V_a^2}{a} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$R = 6 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,36 \cdot 1,73}{0,3 \cdot 4} \text{ Н} = 6 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,36 \cdot 1,73}{1,2} \text{ МН} = 10^{-5} \cdot \frac{0,36 \cdot 1,73}{0,2} \text{ МН} = 10^{-5} \cdot \frac{3,6 \cdot 1,73}{2} \text{ МН} = 10^{-5} \cdot 1,8 \cdot 1,73 \text{ МН} =$$

$$= 18 \cdot 1,73 \text{ мкН} = 31,14 \text{ мкН}$$

Отметим: $V_c = 0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $T = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$; $R = 31,14 \text{ мкН}$





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!

Пусть нач. скор. траектории V . Тогда

$$h = vt - \frac{gt^2}{2}$$

$$v = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2}$$

В верней т. скорость нулевая $\Rightarrow$ время полета до нее $t = \frac{V}{g}$

$$H = vt - \frac{gt^2}{2} = \frac{V^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{h}{t} + \frac{gt}{2} \right)^2$$

$$H = \frac{1}{20} \cdot (15+5)^2 \cdot m = 20 \text{ м}$$

В верней т. скорость нулевая, и из ЗСИ

оскали будут двигаться с V_0 в противоположные стороны. время падения t_1, t_2 .

Пусть угол между V_0 и гор. α .

Тогда:

$$H = V_0 t_1 \sin \alpha + \frac{gt_1^2}{2}$$

$$H = \frac{gt_2^2}{2} - V_0 t_2 \sin \alpha$$

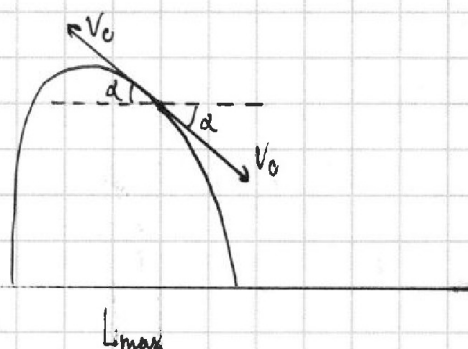
$L = V_0 \cos \alpha (t_1 + t_2)$, L - расстояние между скалами.

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

$$t_2 = \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}, \text{ т.к. } t_2 > 0, V_0 \sin \alpha < \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$$

$$L = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{1}{g} (2\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}) \rightarrow \max$$

$$\cos \alpha \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2gH}{V_0^2}} \rightarrow \max$$





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!

Знач. выражения $\rightarrow \max = 1$ при нулевой:

$$-\sin \alpha \cdot d \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2gH}{V_0^2}} + \cos \alpha \cdot \frac{1}{2\sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2gH}{V_0^2}}} \cdot 2\sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot d \cdot d = 0$$

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

$$2\cos^2 \alpha = 1 + \frac{2gH}{V_0^2}$$

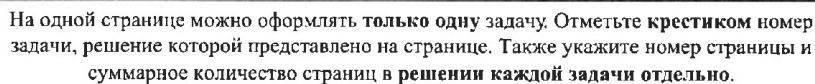
$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{gH}{V_0^2}} = \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{2}{9}} = \frac{\sqrt{13}}{3\sqrt{2}}$$

Можно

$$L_{\max} = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{1}{g} \cdot 2\sqrt{V_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) + 2gH}$$

$$L_{\max} = 3 \cdot \frac{\sqrt{13}}{3\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{900 \cdot \frac{5}{18} + 100} \text{ м} = \sqrt{13} \cdot 2\sqrt{650} = \sqrt{13 \cdot 2 \cdot 13 \cdot 5 \cdot 10} = 130 \text{ м}$$

Ответ: $H = 20 \text{ м}$; $L_{\max} = 130 \text{ м}$.



1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

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!

Судит только мамину.

Оси шарика служат вращательной осью, вокруг точки крепления к потолку.

Поскольку $\alpha \perp l \Rightarrow \vec{\alpha}$, имеем при $\alpha \perp \text{гор-му}$, где

$$\sin \alpha = \frac{L}{2l} = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8; \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$$

Искусств. П. к. оси шарика дв. по окр. и они скреплены, их ускорения равны,

Уск. 2м максимум нел д к 20р.

Пусть через ст шарики нормально соударялись, но ускорения не изм.

Морган из ЗСЭ:

$$0 = \frac{m \Delta v^2}{2} + \frac{2m \Delta v^2}{2} + m g d h - 2m g d h, \Delta v - \text{скор. изгибов}, dh - \text{изм. высоты}$$

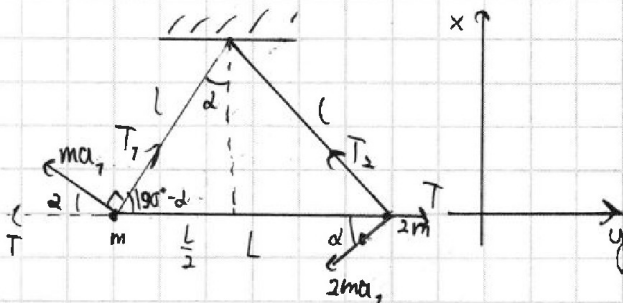
$$dh = \frac{a_1 dt^2}{2} \sin \alpha \quad ; \quad dv = a_1 dt$$

$$mga_1 \sin \alpha \cdot \frac{dt^2}{2} = \frac{3}{2} ma_1^2 dt^2$$

$$mg \sin \alpha = 30,$$

$$a_1 = \frac{g \sin \alpha}{3} = 0,2g$$

$$a_1 = \frac{10}{3} \cdot \frac{6}{10} \text{ m/c}^2 = 2 \frac{\text{m}}{\text{c}^2}$$





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!

Рассм. силы, г. на шарик по осям x и y :

$$ma, \sin \alpha = T_1 \cos \alpha - mg$$

$$2ma, \sin \alpha = 2mg - T_2 \cos \alpha \quad (T_1, T_2 - \text{силы нити, нити})$$

$$ma, \cos \alpha = T - T_1 \sin \alpha$$

$$2ma, \cos \alpha = T_2 \sin \alpha - T$$

Далее суммируем:

$$-(T_1 + T_2) \cos \alpha = ma, \sin \alpha - 3mg$$

$$(T_1 + T_2) \sin \alpha = ma, \cos \alpha - 2T$$

$$- \tan \alpha (ma, \sin \alpha - 3mg) = ma, \cos \alpha - 2T$$

$$T = \frac{ma, \cos \alpha}{2} + \frac{ma, \sin \alpha}{2} \tan \alpha - \frac{3}{2} mg \tan \alpha$$

$$T = \frac{ma, \sin \alpha \tan \alpha}{2} + \frac{3}{2} mg \tan \alpha = ma, \frac{\cos \alpha}{2}$$

$$T = \frac{ma, \cos \alpha}{2} + \frac{ma, \sin \alpha \tan \alpha}{2} - \frac{3}{2} mg \tan \alpha$$

$$T = 0,1 \cdot 2 \cdot 0,8 + 0,2 \cdot 0,6 \cdot \frac{3}{4} - 0,3 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} = 0,16 \text{ Н} + 0,09 \text{ Н} - \frac{9}{4} \text{ Н} = \frac{1}{4} \text{ Н} - \frac{9}{4} \text{ Н} = -2 \text{ Н}$$

$\Rightarrow T = 2 \text{ Н}$ и напр. внутрь шарика

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = 0,6; \alpha_1 = 2 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}; T = 2 \text{ Н}$$



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 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!

Ил. к. газ одноатомный, число степеней свободы $i=3$

В процессе 1-2 $C=2R = \frac{i+1}{2}R = \text{const} \Rightarrow pV^{n_{12}} = \text{const}$, p -давление газа, V -объем

$$n_{12} = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = -1 \Rightarrow p \sim V \text{ на ут. 1-2}$$

В процессе 2-3 $C=1,5R = \frac{i}{2}R \Rightarrow V = \text{const}$ - ут. 2-3-изохорический.

В процессе 3-1 $C=2,5R = \frac{i+2}{2}R \Rightarrow p = \text{const}$ - ут. 3-1-изобарический.

Из ут.-ния Менделеева-Клапейрона из графика:

$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$p_2 V_2 = \nu R \cdot 9T_0, p_2, V_2 - \text{давл. и объем в сечт. 2}$$

$$\cancel{p_2 V_2} p_2 = n p_0 \Rightarrow V_2 = n V_0 \Rightarrow n^2 = 9 \Rightarrow n = 3 \Rightarrow p_2 = 3 p_0; V_2 = 3 V_0$$

Ил. к. 2-3 изохора, 3-1 изобара, в сечт. 3 $p_3 = p_0; V_3 = 3 V_0$.

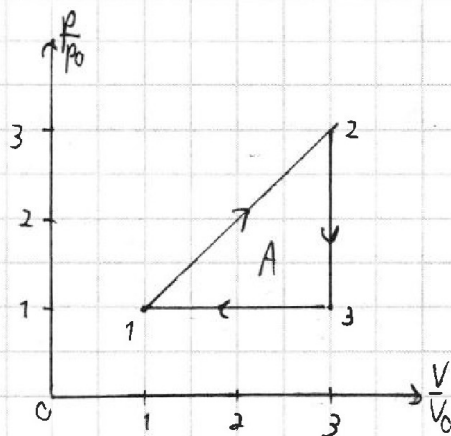
Построим график $\frac{p}{p_0}(\frac{V}{V_0})$

$$3 p_0 V_0 = 3 \nu R T_0$$

Из графика видно, что тепло подводится только на ут. 1-2. Из Ил. определим

$$Q_1 = \frac{5}{2} \nu R (9-1) T_0 + (2 p_0 V_0 + \frac{1}{2} 2 p_0 \cdot 2 V_0) = 4 \nu R T_0 + 4 \nu R T_0 = 4 \nu R T_0 (i+1)$$

$$Q_1 = 16 \cdot 1,8 \cdot 31 \cdot 200 \text{ Дж} = 16 \cdot 1662 \text{ Дж} = 26592 \text{ Дж}$$





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.

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!

$$\text{Работа за цикл } A = \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 2V_0 = 2p_0 V_0$$

Из ЗЗ:

$$MgH = \eta NA, \quad \eta - \text{КПД насоса}, \quad \eta = \frac{1}{2}$$

$$H = \frac{\eta NA}{Mg}$$

$$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{25 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200}{4150} \text{ м} = \frac{50 \cdot 200 \cdot 8,31}{8300} \text{ м} = \frac{100 \cdot 8,31}{83} \text{ м} = 10 \cdot \frac{8,31}{83} \text{ м} \approx 10 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } Q_1 = 26592 \text{ Дж}; H = 10 \text{ м}$$



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 ☐

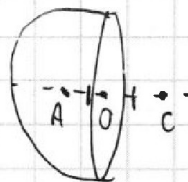
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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!

Если в м.О кин. э. К, пот. э. П, из ЗСЭ:

$$K + P = \frac{mv^2}{2}$$

$P = q\varphi$, φ - потенциал в м.О



на малая площадь dS на сфере создает в м.О потенциал $d\varphi$:

$$d\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \frac{dS}{4\pi R^2 \cdot R}$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R}$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi R \epsilon_0}$$

$$P = \frac{Qq}{4\pi R \epsilon_0}$$

$$V = \sqrt{\frac{2K}{m} + \frac{Qq}{2\pi R \epsilon_0 m}}$$

Виз ЗСЭ при перемещ. из А в С:

$$P_A = \frac{mv_c^2}{2} + P_C, \quad P_A, P_C - \text{пот. э. в А и С}$$

$$\varphi_A q = \frac{mv_c^2}{2} + \varphi_C q$$

м.к. А и С симм. отн. О, $(\varphi_C - \varphi_A)q = 2K$

$$v_c = \sqrt{\frac{4K}{m}} = 2\sqrt{\frac{K}{m}}$$



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
☐

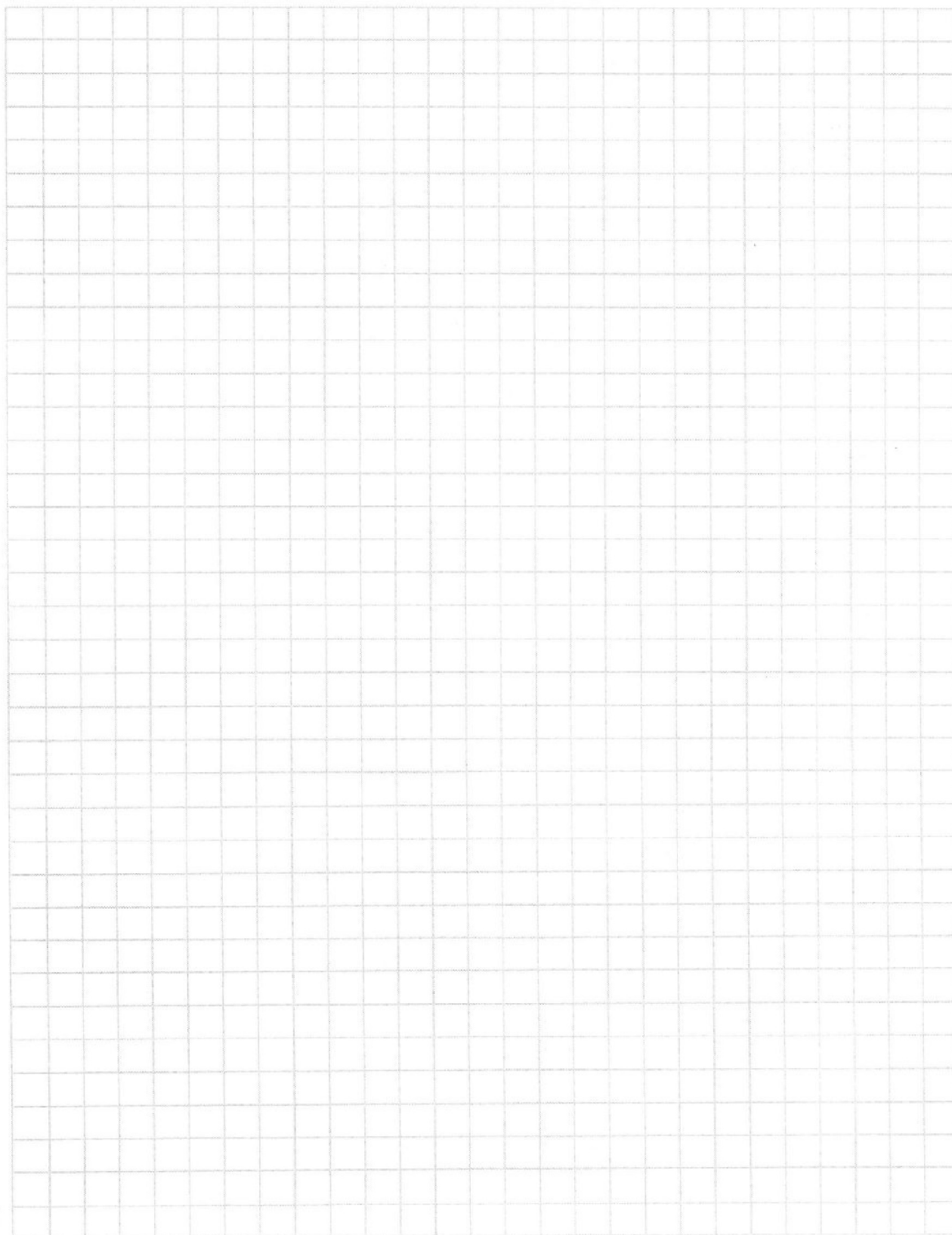
5
☐

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. Поряда QR-кода недопустима!

$$K + \Pi = \frac{mv^2}{2}$$

$$\Pi = q\varphi$$

$$d\varphi = k \frac{dS}{SR}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{R}$$

$$\Pi = \frac{kQq}{R}$$

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

$$V = \sqrt{\frac{2k}{m} + \frac{2kQq}{4\pi R\epsilon_0 m}} = \sqrt{\frac{2k}{m} + \frac{Qq}{2\pi R\epsilon_0 m}}$$

$$K + \Pi = \frac{mv^2}{2}$$

$$\Pi_A = \frac{mv_A^2}{2} + \Pi_C$$

$$\Pi_A = q\varphi_A$$

$$\Pi_C = q\varphi_C$$

$$\varphi_A = \varphi_C + \Delta\varphi$$

$$\varphi_C = \varphi_A + \Delta\varphi$$

$$\varphi_A + \Delta\varphi = \frac{mv^2}{2} + \varphi_C + \Delta\varphi$$

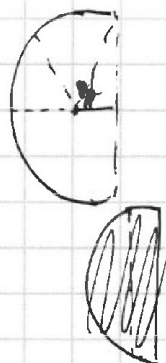
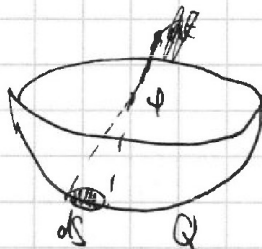
$$2\varphi_A = \frac{mv^2}{2} + \varphi_C$$

$$2\varphi_C = \frac{mv^2}{2} + \varphi_A$$

$$V_C = \sqrt{\frac{kQq}{m}} = \sqrt{\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 m}}$$

$$\varphi_A + \varphi_C = \varphi$$

$$\varphi_{AC} = \varphi - \varphi_A$$



$$\varphi_A = \varphi_C + \Delta\varphi$$

$$\varphi_A' = \varphi - \varphi_C = \varphi_C$$

$$\varphi_A' = \varphi - \varphi_C = \varphi_C$$

$$\varphi_C' = \varphi - \varphi_A = \varphi_A$$

$$2\varphi_A = 2\varphi_C = \varphi$$

$$\varphi_A = \varphi_C = \frac{\varphi}{2}$$

$$\varphi_A' = -\varphi_C$$

$$\varphi_C' = -\varphi_A$$

$$\varphi_A = \varphi_C + \Delta\varphi$$

$$\varphi_C = \varphi_A + \Delta\varphi$$

$$\varphi_C = \varphi_A + \Delta\varphi$$

$$\varphi_C - \varphi_A = \varphi_C - \varphi_A$$

$$\varphi_A = \varphi - \varphi_C$$

$$\varphi_C = \varphi - \varphi_A$$



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
☐

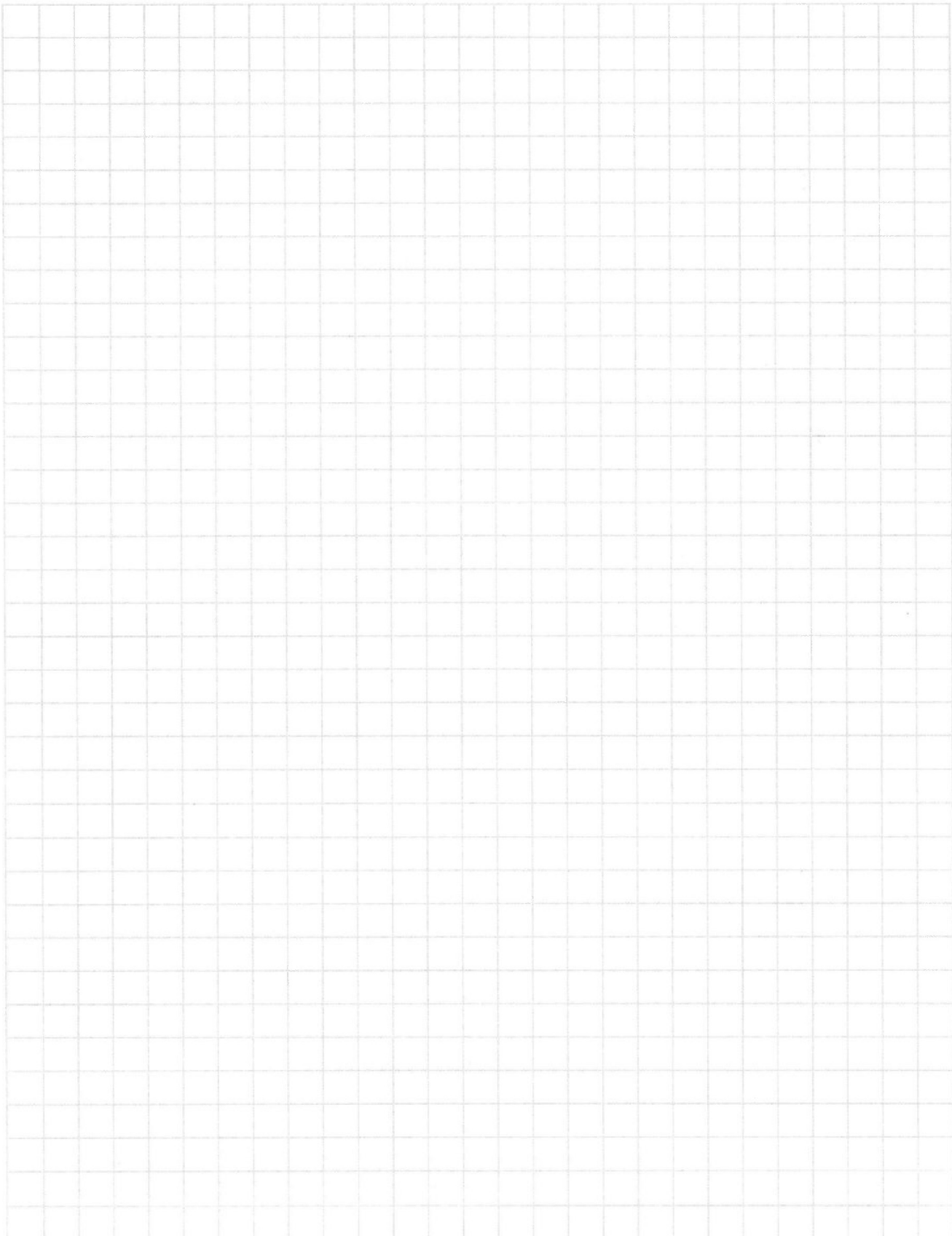
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ 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!

$\gamma = 3$

$$1-2: C = 2R \Rightarrow pV^n = \text{const}$$

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v} = -1 \quad p \sim V$$

$$2-3: C = 1,5R \Rightarrow pV^n = \text{const}$$

$$V = \text{const}$$

$$3-1: C = 2,5R \Rightarrow p = \text{const}$$

$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_0$$

$$n^2 p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$n = 3$$

$$p_2 = 3p_0; V_2 = 3V_0$$

$$p_3 = p_0; V_3 = 3V_0$$

$$Q_1 = \frac{5}{2} \cdot 3 \nu R T_0 + A + 2 p_0 V_0$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot 2 p_0 \cdot 2 V_0 = 2 p_0 V_0$$

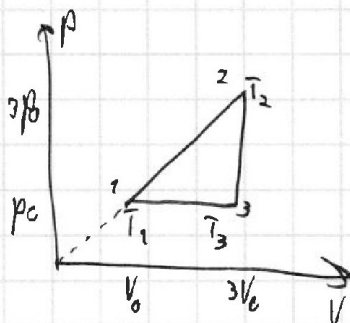
$$Q_1 = 4 \nu R T_0 + 4 p_0 V_0$$

$$Q_1 = 4 \nu R T_0 (1 + 1) = 16 \cdot 8,31 \cdot 200 = 16 \cdot 1662 = 16620 + 6 \cdot 1662 =$$

$$\begin{array}{r} \times 1662 \\ 16 \\ \hline 9972 \\ + 1662 \\ \hline 26592 \end{array}$$

$$MgH = \nu A$$

$$H = \frac{\nu A}{2 Mg} = \frac{50 \nu R T_0}{2 Mg} = \frac{50 \cdot 8,31 \cdot 200}{2 \cdot 4150} = \frac{8,31 \cdot 200}{2 \cdot 83} \approx 10 \text{ м}$$





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
__ 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!

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

$$v_0 = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} = 20 \frac{m}{c}$$

$$H = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \frac{v_0}{g}$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} = 20 \text{ м}$$

$$M = \frac{gt_1^2}{2} - v_0 t_1 \sin \alpha$$

$$M = v_0 t_2 \sin \alpha + \frac{gt_2^2}{2}$$

$$L_{\max} = v_0 t_1 \cos \alpha + v_0 t_2 \cos \alpha = v_0 \cos \alpha (t_1 + t_2)$$

$$t_1^2 \cdot \frac{g}{2} - t_1 \cdot v_0 \sin \alpha - M = 0$$

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gM}}{g}$$

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

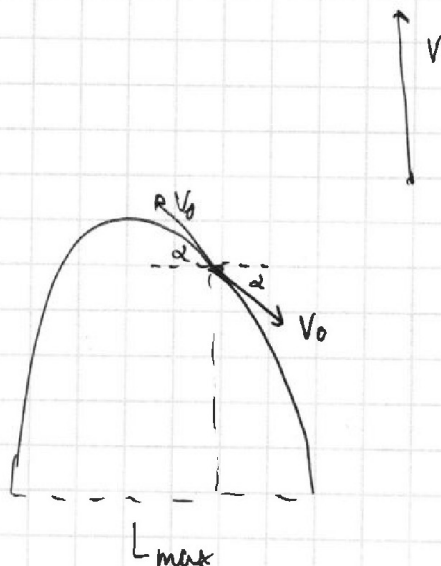
$$t_2 = \frac{-v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gM}}{g}$$

$$L = \frac{v_0 \cos \alpha}{g} \cdot 2 \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gM} \rightarrow \max$$

$$L = \frac{v_0 \cos \alpha}{g} \cdot 2 \sqrt{v_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) + 2gM}$$

$$= \frac{\sqrt{13}}{\sqrt{13}} \cdot 2 \sqrt{900 \left(\frac{1}{2} - \frac{gM}{v_0^2} \right) + 400} = \sqrt{26} \sqrt{300 \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{9} \right) + 400}$$

$$= \sqrt{26} \sqrt{650} = \sqrt{26 \cdot 650} = \sqrt{13 \cdot 2 \cdot 650} = \sqrt{13 \cdot 1300} = 10 \cdot 13 = 130 \text{ м}$$



$$\cos \alpha \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2gM}{v_0^2}} \rightarrow \max$$

$$\frac{1}{2 \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2gM}{v_0^2}}} \cdot 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \sin \alpha \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2gM}{v_0^2}}$$

$$\cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha + \frac{2gM}{v_0^2}$$

$$2 \cos^2 \alpha - 1 = \frac{2gM}{v_0^2}$$

$$\cos 2\alpha = \frac{2gM}{v_0^2} = \frac{2}{9} \Rightarrow 2\alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0$$

$$\cos 2\alpha = \frac{4}{9}$$

$$2 \cos^2 \alpha = 1 + \frac{2gM}{v_0^2}$$

$$\sqrt{2} \cos \alpha = \sqrt{1 + \frac{2gM}{v_0^2}} = \sqrt{1 + \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{13}}{3}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{13}}{3\sqrt{2}}$$

$$\frac{1}{2} - \frac{2}{9} = \frac{4}{18} - \frac{4}{18} = \frac{0}{18}$$



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!

$$\omega_a = \frac{V_a}{\frac{a\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2\sqrt{3}}} = \frac{V_a}{a} \left(\frac{1}{\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2\sqrt{3}}} \right)$$

$$\omega_c = \omega_a = \frac{V_c}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = \frac{V_c \sqrt{3}}{a}$$

$$V_c \sqrt{3} = V_a \left(\frac{1}{\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2\sqrt{3}}} \right) = V_a \cdot \frac{1}{\frac{3+1}{2\sqrt{3}}} = V_a \cdot \frac{2\sqrt{3}}{4} = V_a \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$V_c = \frac{V_a}{2} = 0,3 \text{ М/с}$$

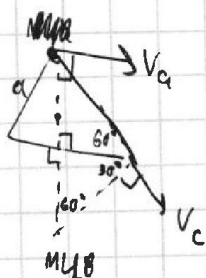
$$V_{ym} = \omega_a \cdot \left(\frac{a}{2\sqrt{3}} + \frac{1}{3} \frac{a\sqrt{3}}{2} \right) = V_a \left(\frac{1}{2\sqrt{3}} + \frac{1}{2\sqrt{3}} \right) = V_a \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{V_a}{\sqrt{3}}$$

$$\omega_{ym} = \frac{V_a - V_{ym}}{\frac{2}{3} a \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{V_a}{a} \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{V_a \sqrt{3} (1 - \frac{1}{\sqrt{3}})}{a} = \frac{V_a}{a} (\sqrt{3} - 1)$$

$$T = \frac{16\pi}{\omega_{ym}} = \frac{16\pi a}{V_a (\sqrt{3} - 1)} = \frac{16 \cdot 3,14 \cdot 0,3}{0,6 \cdot 0,73} = \frac{16 \cdot 3,14}{1,46} \text{ с}$$

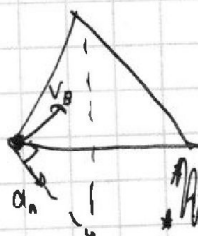
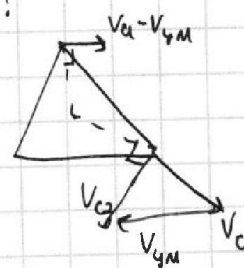
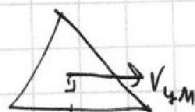
$$a_n = \omega_a^2 \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{V_a^2}{a} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{3}} = \frac{V_a^2}{2a}$$

$$R = m a_n = m \frac{V_a^2}{2a} = 0,0006 \cdot \frac{0,36}{0,6} = 0,0001 \cdot 0,36 = 0,000036 \text{ Н}$$



$$\sin 60 = \frac{a}{2x}$$

$$x = \frac{a}{2 \sin 60}$$



$$\begin{array}{r} \times 1,73 \\ 18 \\ + 17,3 \\ \hline 31,14 \end{array}$$