



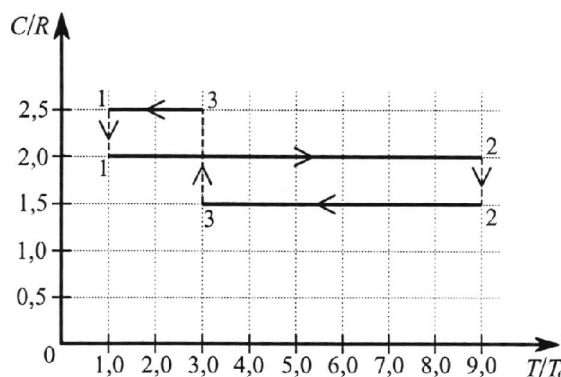
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 3$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 270 \text{ K}$.

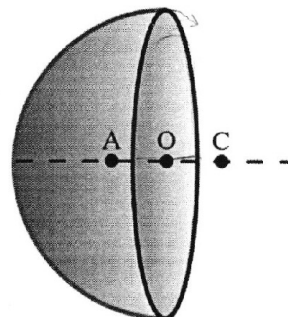


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250 \text{ кг}$ за $N = 15$ 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 большом по сравнению с R расстоянии от точки О скорость частицы равна V . Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С.

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



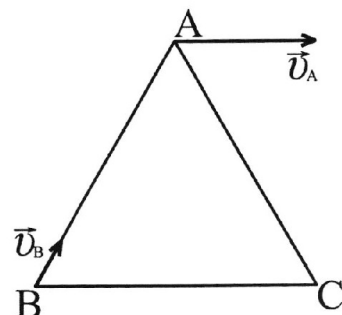
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

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 $v_A = 0,8$ м/с, а скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_B скорости вершины B.
2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

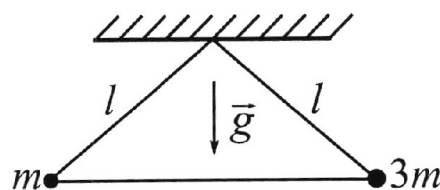
Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

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 $h = 11,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 4$ 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 $V_0 = 16$ 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 $m = 80$ г и $3m$ 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 $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.
2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ 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.

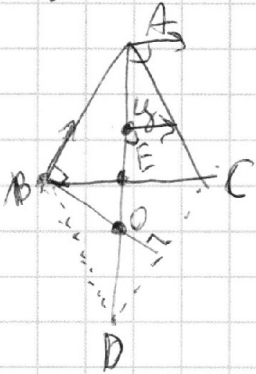
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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

Найти минимальный изгиб скоростен: $AE \perp BC$; $BO \perp CD$



По св-ву медианы в равност. тр.:

$$AE = ED; OE = \frac{1}{3} ED = \frac{1}{3} AE = OG;$$

$$BO = AG = GO = \frac{2}{3} AE$$

⇒

$$\frac{V_A}{AE} = \frac{V_B}{BO} \Rightarrow V_B = \frac{V_A}{2} = 0.4 \text{ м/с}$$

$$2) \frac{V_{Ag}}{GO} = \frac{V_B}{BO}; BO = GO \Rightarrow V_g = 0.4 \text{ м/с}; V_g \perp BC$$

$$BC \perp g \text{ м } V_{Ag} = V_A - V_g = 0.4 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot r}{v} ; v = \frac{V_{Ag}}{Ag} = \frac{0.4 \text{ м/с}}{0.4 \text{ м} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{3} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 4}{\sqrt{3} \cdot \text{с}^{-1}} = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$$

$$3) CO \perp AC \Rightarrow V_C \parallel AC \Rightarrow \frac{V_C}{CO} = \frac{V_B}{BO}; BO = CO$$

$$R = ma = m \frac{V_C^2}{CO} \left(\begin{aligned} & \leftarrow V_C = V_B = 0.4 \text{ м/с} \\ & \leftarrow CO = 60 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot (0.4 \text{ м/с})^2 \\ & \leftarrow 0.4 \text{ м} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \end{aligned} \right)$$

$$= \sqrt{3} \cdot 24 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 24 \cdot \sqrt{3} \text{ мН}$$

$$\text{Ответ: } V_B = 0.4 \text{ м/с}; T = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}; R = 24 \cdot \sqrt{3} \text{ мН}$$



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!

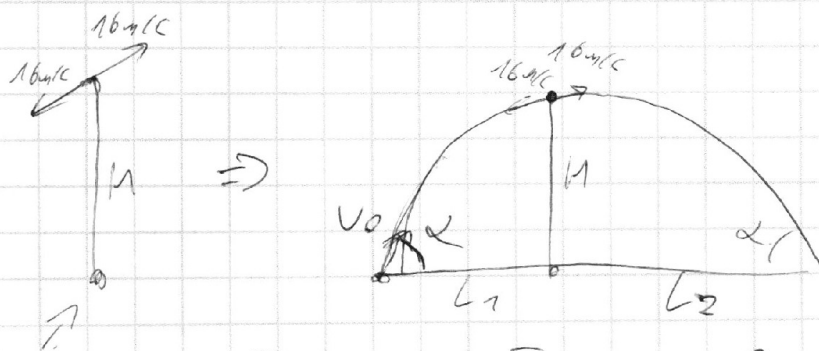
2)

1) ЗСЭ:

$$mgh + \frac{mV^2}{2} = mgH \Rightarrow H = 120 \text{ м}$$

2) ЗЧ:

$$\frac{m}{2} \cdot \vec{V}_1 + \frac{m}{2} \cdot \vec{V}_2 = 0 \Rightarrow \vec{V}_1 = -\vec{V}_2 \text{ в скорости центров параллельны и противоположны:}$$



Траектория будет параболической. Определим высоту H : ЗСЭ:

$$\frac{v_0^2}{2} m = \frac{V_1^2}{2} m + \frac{m}{2} gh$$

$$v_0^2 = (128 + 120) \times 2 = 496 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2$$

$$L_1 + L_2 = L = \frac{\sin(2\alpha) v_0^2}{g}; \quad L \Rightarrow \max \Rightarrow \sin(2\alpha) \Rightarrow \sin(2\alpha) = 1$$

$$L_{\max} = \frac{v_0^2}{g} = 49.6 \text{ м}$$

Ответ: $H = 120 \text{ м}$; $L_{\max} = 49.6 \text{ м}$



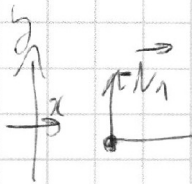
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

3) II з.п. на стержень:

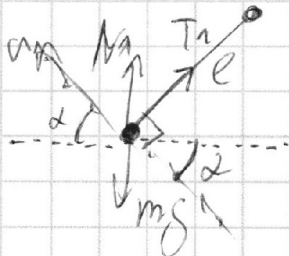


$$\text{ОУ: } \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = 0 \Rightarrow N_1 = N_2$$

N_1, N_2 — силы реакции
 a_1, a_2 — ускорения

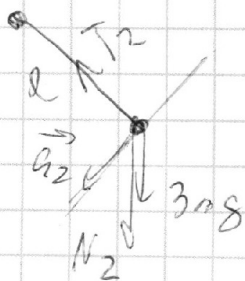
II з.п. на бусинку массы m :

T_1, T_2 — силы натяжения



$$m a_1 = N_1 \sin(\alpha) - m g \sin(\alpha) \in \text{по оси } \perp T_1$$

II з.п. на бусинку массы $3m$:



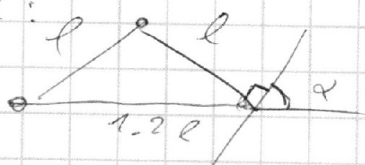
$$3m a_2 = N_1 \sin(\alpha) + 3m g \sin(\alpha) \in \text{по оси } \perp T_2$$

$$\perp T_2 \Rightarrow N_1 = N_2 = 3m g \sin(\alpha)$$

$$\text{стержень } 1.2l = \text{const} \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$2m a = 4m g \sin(\alpha) \Rightarrow a = 2g \sin(\alpha)$$

найти α :



Правила синусов:

$$\frac{l}{\sin(20^\circ - \alpha)} = \frac{1.2l}{\sin(7\alpha)}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{1.2}{2} = 0.6$$

$$l \cos(\alpha) \sin(\alpha) \cdot 2 = 1.2l \cos(\alpha)$$

$$\text{Ответ: } \sin(\alpha) = 0.6; a_2 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; T = N_2 = 144 \text{ мН}$$



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!

4)

$C = 2R \Rightarrow$ идеаль, одно мога $p = \alpha V$:

$p = \alpha V \Rightarrow dp = \alpha dV$; $C_V = \frac{3}{2}R$ ^{много ли есть} ~~всего~~

$$\frac{dQ}{dT} = C_\alpha = C_V + \frac{p dV}{dT}; \quad \frac{dT}{T} = \frac{dV}{V} + \frac{dp}{p} = \frac{dV}{V} + \frac{dV}{V} = \frac{2dV}{V}$$

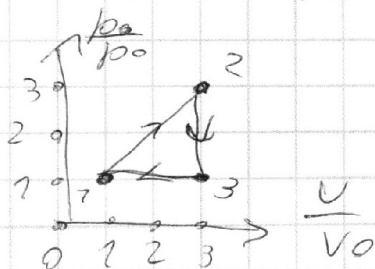
$$pV = \nu RT \Rightarrow \nu dT = dV \cdot (p + \alpha V) = dV \cdot 2p$$

$$C_\alpha = 2R \quad \text{и} \quad dV \cdot p = \frac{1}{2} \nu dT$$

1) Углов $\nu RT_0 = p_0 V_0$:

$$C_p = C_V + R = 2.5R$$

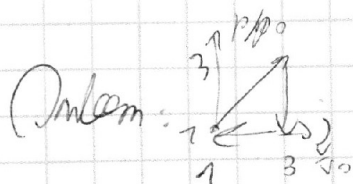
[↑] ~~много ли есть~~ ~~всего~~



$$2) A_1 = \frac{p_0 V_0 \alpha p}{2} = \frac{2p_0 \cdot 2V_0}{2} = \frac{2p_0 V_0}{2} = 2T_0 \nu R = 14.46 \text{ к Дж}$$

3) ЗЦЗ:

$$m g h = \frac{N \cdot A_1}{2} \Rightarrow h = \frac{A_1 N}{2 m g} \approx 44 \text{ мм}$$



$$A_1 = 14.46 \text{ к Дж}; \quad h = 44 \text{ мм}$$



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!

5

ров-свая поверхность заряда:

$$S = \frac{1}{2} S_{\text{среза}} = 2\pi R^2$$

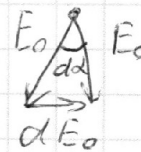
$$\sigma = \frac{Q}{2\pi R^2}$$

Плотность в м. О:



Плотность на срезе мала, но $c = Q$ и плотность на $d\alpha$:

$$dE_0 = E_0 d\alpha$$



Срезом сферы, 2 заряда на срезе:

$$dq = 2d\alpha R^2 \cdot \sigma = dS \cdot \sigma$$

$$dE_0 = \frac{2dqk}{R^2} = \frac{k2d\alpha R^2 \cdot \frac{Q}{2\pi R^2}}{R^2} = E_0 d\alpha$$

$$E_0 = \frac{kQ}{\pi R^2} = \frac{E_0}{q}$$



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
☐

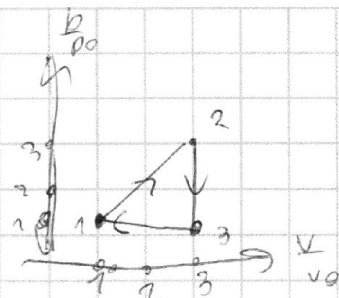
5
☐

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!



$$dp = dU \alpha ; \frac{dT}{T} = \frac{dV}{V} + \frac{dp}{p}$$

$$Q = \int dT + p dV$$

$$2 \times 270 + 3 \times 8.31$$

$$6 \times 270 + 8.31$$

$$\frac{2p_0 \cdot 2v_0}{2} = 2p_0 v_0 = 2 \cdot \frac{3}{2} RT = 3RT = 2RT$$

$$mgh = \frac{N}{2} A$$

$$h = \frac{NA}{2mg}$$

$$\frac{GM}{R}$$



$$F = \frac{GMm}{R^2}$$

$$U = F \cdot S = \frac{GMm}{R^2} \cdot S$$

$$p dV = \frac{3}{2} dT$$

$$\frac{dT}{T} = \frac{dV_p + dpV}{V_p}$$

$$\frac{dT}{T} = dV_p + dV \alpha V$$

$$R dT = dV_p + dV \alpha V$$

$$R dT = dV(p + \alpha V)$$

$$dT = \alpha dV \frac{p}{R}$$

$$G = \frac{H}{m^2} \cdot m^2 = \frac{H}{m}$$

$$U = \frac{mv^2}{2} = m \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$m \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{m^3}{c^2} = \frac{m^3}{c^2 m^2}$$

$$\frac{10.8}{250} \approx \frac{11}{250} \approx \frac{44}{1000} = 0.44$$

$$\frac{10.8 \cdot 45}{10} = \frac{10.845}{250}$$

$$14.46 \times 15$$

$$14.46$$

$$15$$

$$216.90$$

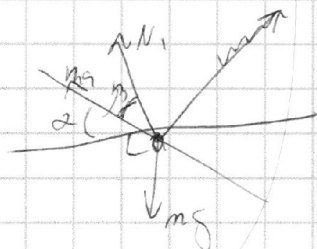


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$mg = N_1 \cos(\beta) + mg \sin(\alpha)$$

$$3mg = N_1 \cos(\beta) + 3mg \sin(\alpha)$$

$$2mg = 4mg \sin(\alpha)$$

$$\alpha = 25.5^\circ$$

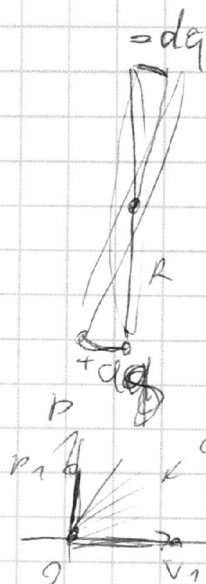
$$2 \times 2 + 4 \times 2 \Rightarrow 17 + 24$$

$$3 \cdot 80 \cdot 0.6 = 10$$

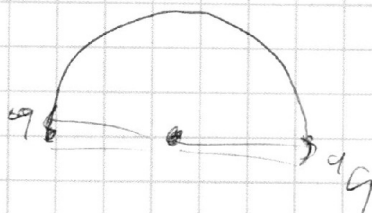
$$3 \cdot 80 \cdot 6$$

$$18 \cdot 80$$

$$\begin{array}{r} +18 \\ 68 \\ \hline 144 \end{array}$$



$$dE = \frac{2d\theta K}{R}$$



$$dE = \frac{2d\theta K}{R} = \frac{2d\alpha R K}{R^2} = \frac{2d\alpha K}{R}$$

$$Q = \Delta U = 0 = dE = 0; \quad Q = 0; \quad A = 0$$

$$R = e \rightarrow E \in \mathbb{R}$$

$$dE = R d\alpha E_0 \Rightarrow$$

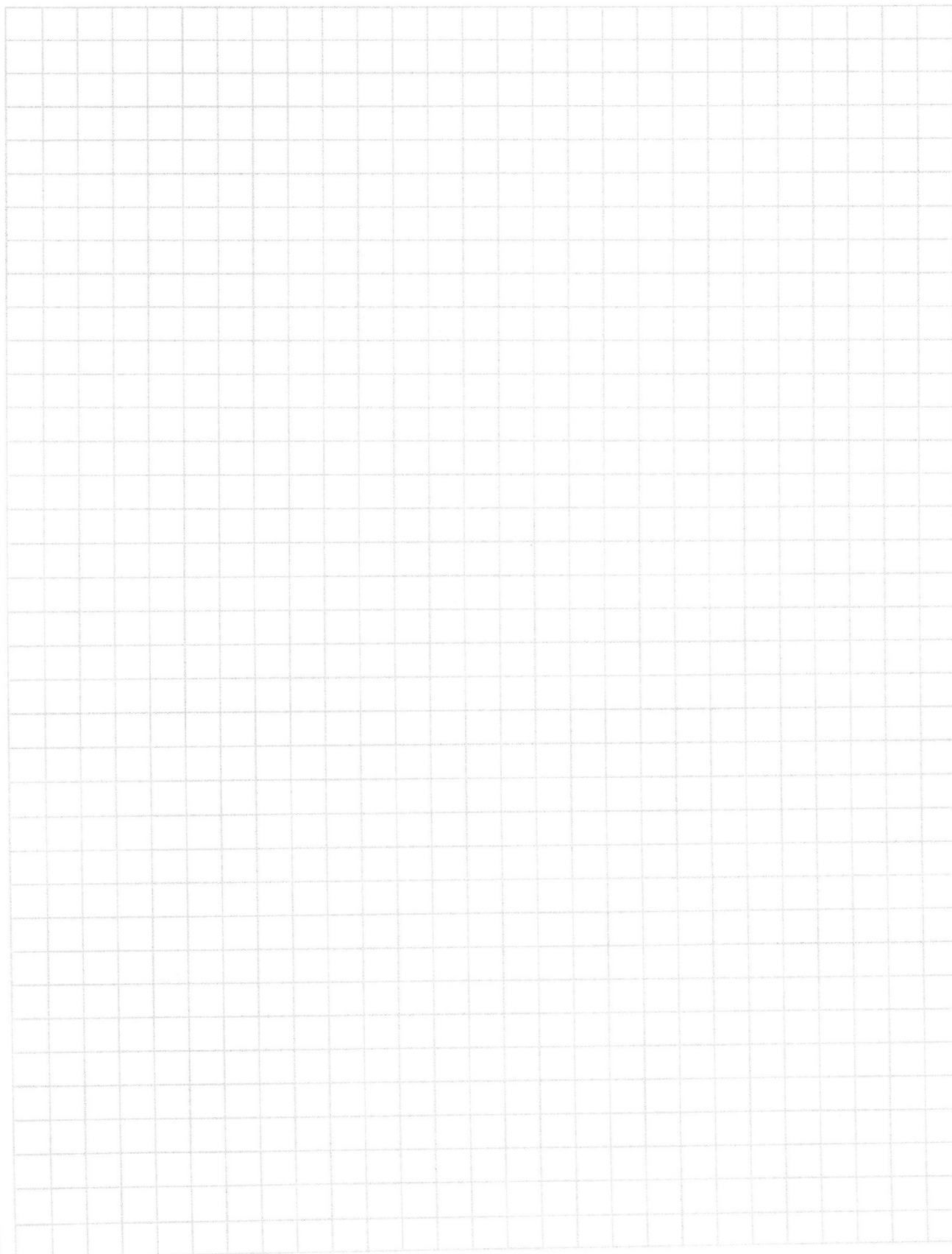


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ 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!



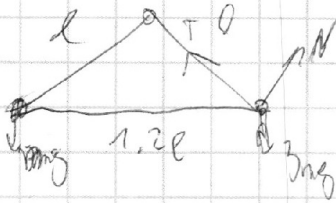


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



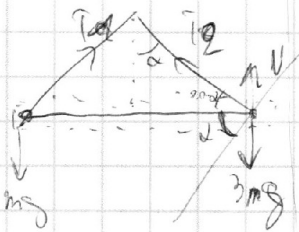
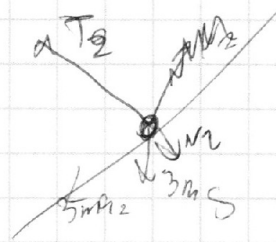
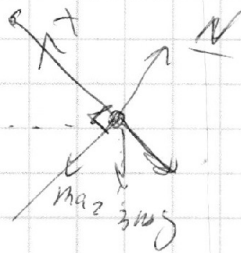
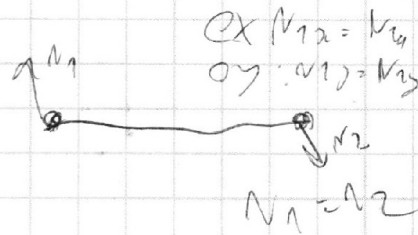
СТРАНИЦА
из

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!



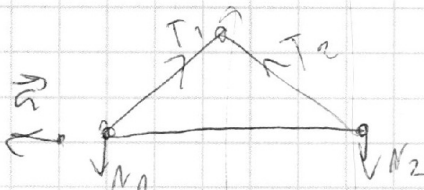
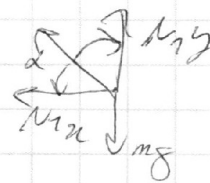
$$N = T$$

$$N = T + 3mg$$



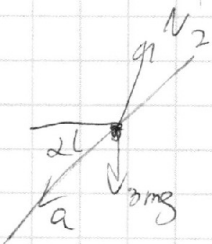
$$2T \cos(\alpha) = 4mg$$

$$T \cos(\alpha) = 2mg$$



$$(T1 + T2) \cos(\alpha) = 4mg$$

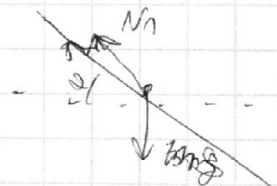
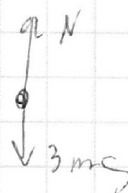
$$N1^2 + N2^2 = 4g^2$$



$$N2 = 3mg$$

$$3m(g + \sin(\alpha)g)$$

$$N2 = 3m \sqrt{(g + \sin(\alpha)g)^2 + (\cos(\alpha)g)^2}$$



$$N1 = m g \sqrt{g^2 \cos^2(\alpha) + (g - \sin(\alpha)g)^2}$$

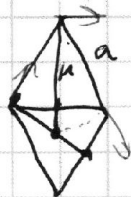
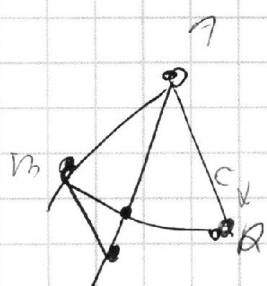


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ 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!



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

$$l_a = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \left(\frac{4}{3}\right) = \frac{2}{\sqrt{3}} a$$

$$l_b = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{\sqrt{3}} a \Rightarrow$$

$$\frac{v_a}{l_a} = \frac{v_b}{l_b}$$

$$v_b = 0.4 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{гн}} = 0.4 \text{ м/с}$$



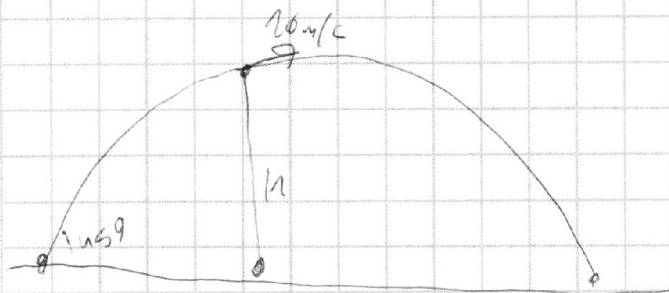
$$w = \frac{v}{R} = \frac{0.4 \text{ м/с}}{\frac{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0.4}{3}} = \frac{0.4 \sqrt{3}}{c}$$

$$R = m \frac{0.4^2}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0.16 \cdot \sqrt{3}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 0.4}{0.4 \sqrt{3}} = \frac{2\pi \cdot 10}{\sqrt{3}} =$$

$$\frac{20\pi}{3}$$

$$16 \cdot 2 \cdot 10 + \frac{4 \cdot 4^2}{2} = 112 \text{ Дж} = 120 \Rightarrow h = 12 \text{ м}$$



$$16^2 = v_2^2 + (y - 56)^2$$

$$148 \times 2 = 296$$

$$296 =$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$$

$$\frac{16^2 - 16^2}{2} + 120 = 120 + 120 = 248 = \frac{v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 296 = 2^3 \cdot 37$$

$$L = \frac{v_0^2}{g} = \frac{16^2}{9.8} = 25.6 \text{ м}$$

$$\frac{16}{9.8} = 1.63$$

$$248 \times 2 = 496$$

$$v = 2\sqrt{37}$$

$$124 : 12 \cdot 12 = 944$$