



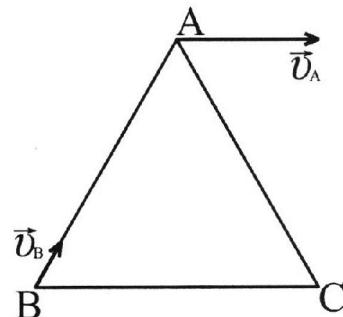
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

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



- Найдите модуль v_B скорости вершины B.
- За какое время τ пластина в системе центра масс совершил четыре оборота?

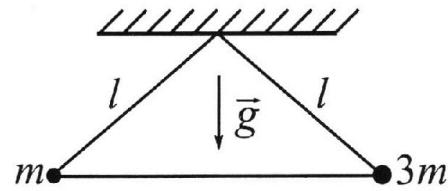
Пчела массой $m = 60 \text{ мг}$ прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

- Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.
- Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

- На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 11,2 \text{ м}$ фейерверк летел со скоростью $V = 4 \text{ м/с}$? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 16 \text{ м/с}$. Направление вектора \vec{V}_0 скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

- Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.
- Два шарика с массами $m = 80 \text{ г}$ и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



- Какой угол α с горизонтом образует вектор \vec{a}_2 ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.
- Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.
- Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 10-02

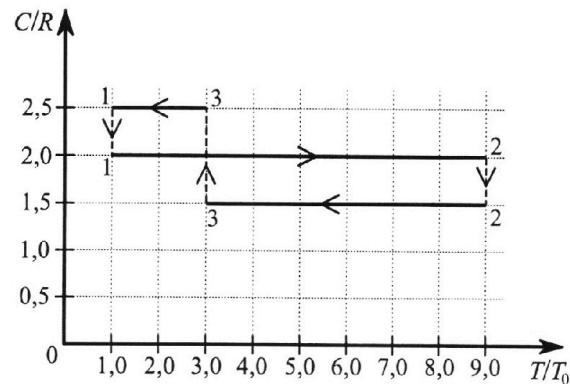
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

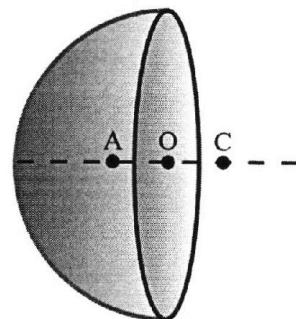
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 $R = 8,31 \text{ Дж/(моль·К)}$. 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.

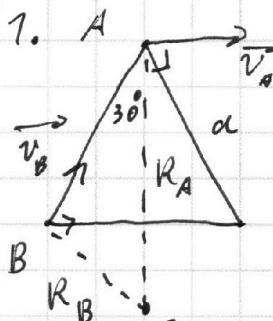
Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.

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**.

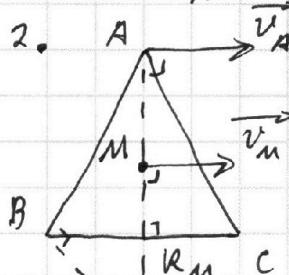
- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!



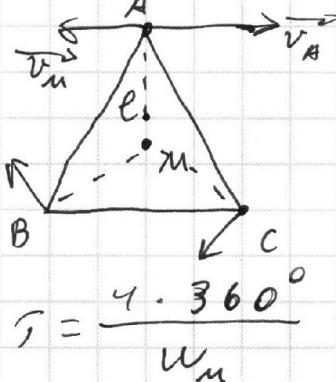
$$w = \frac{v_A}{R_A} = \frac{v_B}{R_B} \Rightarrow v_B = \frac{R_B}{R_A} \cdot v_A = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}}a}{\frac{2}{\sqrt{3}}a} \cdot 0,8 = 0,4 \frac{m}{s}$$



Обозначим центр масс пластины дисковой M . Он будет лежать на расстоянии $\ell = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a = \frac{1}{\sqrt{3}} a$ от точки A , на линии ΔABC .

$$R_M = R_A - \ell = \frac{2}{\sqrt{3}} a - \frac{1}{\sqrt{3}} a = \frac{1}{\sqrt{3}} a$$

$$v_M = R_M \cdot w = \frac{R_M}{R_A} \cdot v_A = 0,4 \frac{m}{s}$$

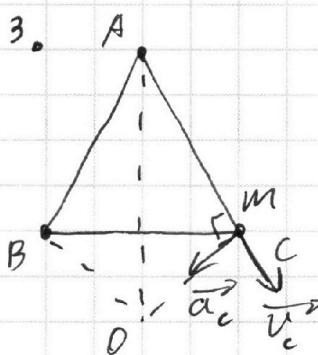


В системе отн.-ко центру масс, точки A, B и C будут вращаться вокруг него с угл.-ей скоростью w_m .

$$w_m = \frac{v_A - v_M}{\ell} = \frac{0,8 - 0,4}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{3} \frac{m}{s}$$

$$\tau = \frac{4 \cdot 360^\circ}{w_m}$$

$$= \frac{7440}{\sqrt{3}} s$$



$$a_c = \frac{v_C^2}{R_C} = \frac{0,4^2}{\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0,4} = 0,4 \sqrt{3} \frac{m}{s^2}$$

$$F_N = R = a_c \cdot m = 0,4 \sqrt{3} \cdot 60 \cdot 10^{-6} = 24 \sqrt{3} \cdot 10^{-6} N$$

На плоскую будем действовать нормальное ускорение a_c , напр.-е к точке O .

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**.



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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. Фрикционное взаимодействие, когда вия есть вин. Энергия передаёт в потенциальную.

$$\frac{m v^2}{2} + m g h = m g H \Rightarrow H = \frac{v^2}{2g} + h$$

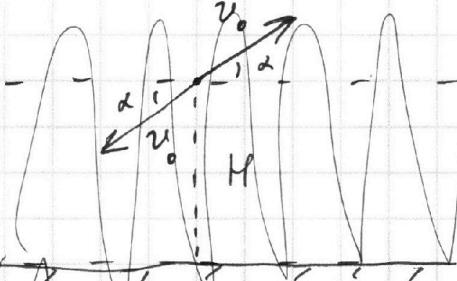
$$H = \frac{v^2}{2 \cdot 70} + 77,2 = 72 \text{ м}$$

2. На макс. высоте H фрикционное взаимодействие скоcости, значит сумма импульсов первого и второго скокаов равна нулю.

$$m \vec{v}_0 + m \vec{v}_1 = 0 \Rightarrow \vec{v}_0 = -\vec{v}_1 \Rightarrow |v_0| = |v_1|$$

\Rightarrow скорости скоков равны.

Падение L_1 и L_2 - падение. Конт. происходит на левый и правый скок - при втором скоке будем считать угол α с гориз. + засечки.



левый скок:

$$H = i_1 v_0 \sin \alpha + \frac{g c_1^2}{2} \Rightarrow 2 v_0^2 \cos^2 \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{2} - H = 0$$

правый скок:

$$i_{21} = 2 \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{\gamma}$$

$$i_{22} \gamma H = i_{22} v_0 \sin \alpha + \frac{g c_{22}^2}{2}$$

$$i_{22} = (i_{21} + i_{22}) v_0 \cos \alpha$$

расстояние будем максимальным, когда обе скорости скоков они - это будут находиться горизонтальность.

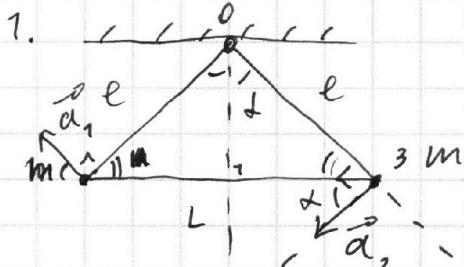
$$L_{max} = 2 \cdot v_0 \cdot \sqrt{\frac{2 H}{g}} = 2 \cdot 76 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 72}{70}} = 32 \sqrt{2,4} \text{ м}$$

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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
1 из 1

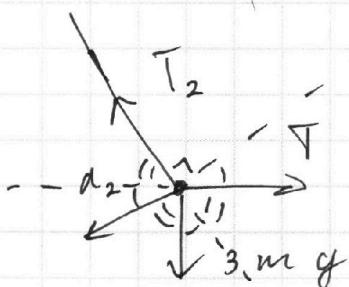
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!



После освобождения шариков будут двигаться по окружности радиуса r с центром в точке O .
п.к. начальная скорость второго шарика будет 0, его нормальное ускорение тоже равно 0 \Rightarrow у него имеем ~~нормальное~~ только тангенциальную часть ускор.

$$\sin \alpha = \frac{\frac{L}{2}}{r} = \frac{0,6 \cdot L}{r} = 0,6; \cos \alpha = 0,8.$$

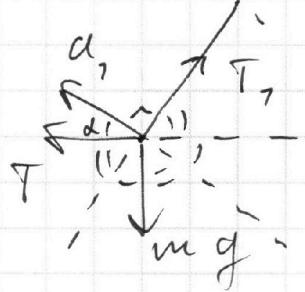
п.к. проекции тангенциальных ускорений шаров на единицу равны, то и их ускор. равны: $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$



Спроецируем все силы на ось ускорения:

$$\begin{cases} 3m a_2 = 3m g \sin \alpha - T \cos \alpha \\ T_2 = 3m g \cos \alpha + T \sin \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} m a_1 = T \cos \alpha - m g \sin \alpha \\ T_2 = T \sin \alpha + m g \cos \alpha \end{cases}$$



$$a_1 = a_2 \Rightarrow 3(T \cos \alpha - m g \sin \alpha) = 3m g \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$\Rightarrow T = \frac{3}{2} m g \sin \alpha$$

$$T = \frac{3}{2} \cdot \frac{80 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,6}{0,8} = 0,9 \text{ Н}$$

$$a_2 = \frac{T \cos \alpha - m g \sin \alpha}{m} = \frac{0,9 \cdot 0,8 - 80 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,6}{80 \cdot 10^3} = 3 \frac{m}{s^2}$$

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

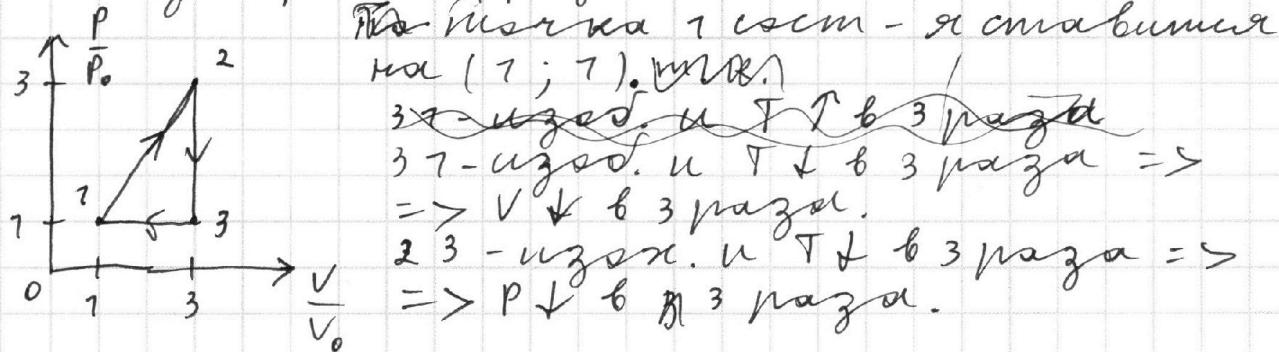
6

7

СТРАНИЦА
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. $C_V = 1,5 \text{ K} \cdot C_p = 2,5 \text{ K}$ - молярные теплоемкости газа в изокориаке и изодармии проходящих состояниях. $\Rightarrow 37$ - изодармий, а 23 - изокориакий процессы.



2. Решаем задачу графически:

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot (3-1) \cdot (3-1) \cdot P_0 \cdot V_0 = 2 P_0 V_0 = 2 \text{ Дж} \text{ при } T_0$$

$$A_1 = 2 \cdot 3 \cdot 8,37 \cdot 270 = 73462,2 \text{ дж}$$

3. $Q = M g H$ - работа, совершаемая на подъеме груза - работы, кот. нужно совершить, чтобы поднять груз на высоту H .

$A = A_1 \cdot N \cdot \frac{1}{2}$ - работа, кот. совершил тепловая машина за N циклов.

$$Q = A \Rightarrow M g H = \frac{1}{2} A_1 N \Rightarrow H = \frac{A_1 N}{2 M g}$$

$$H = \frac{13462,2 \cdot 75}{2 \cdot 250 \cdot 70} \approx 40,38 \text{ м}$$

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

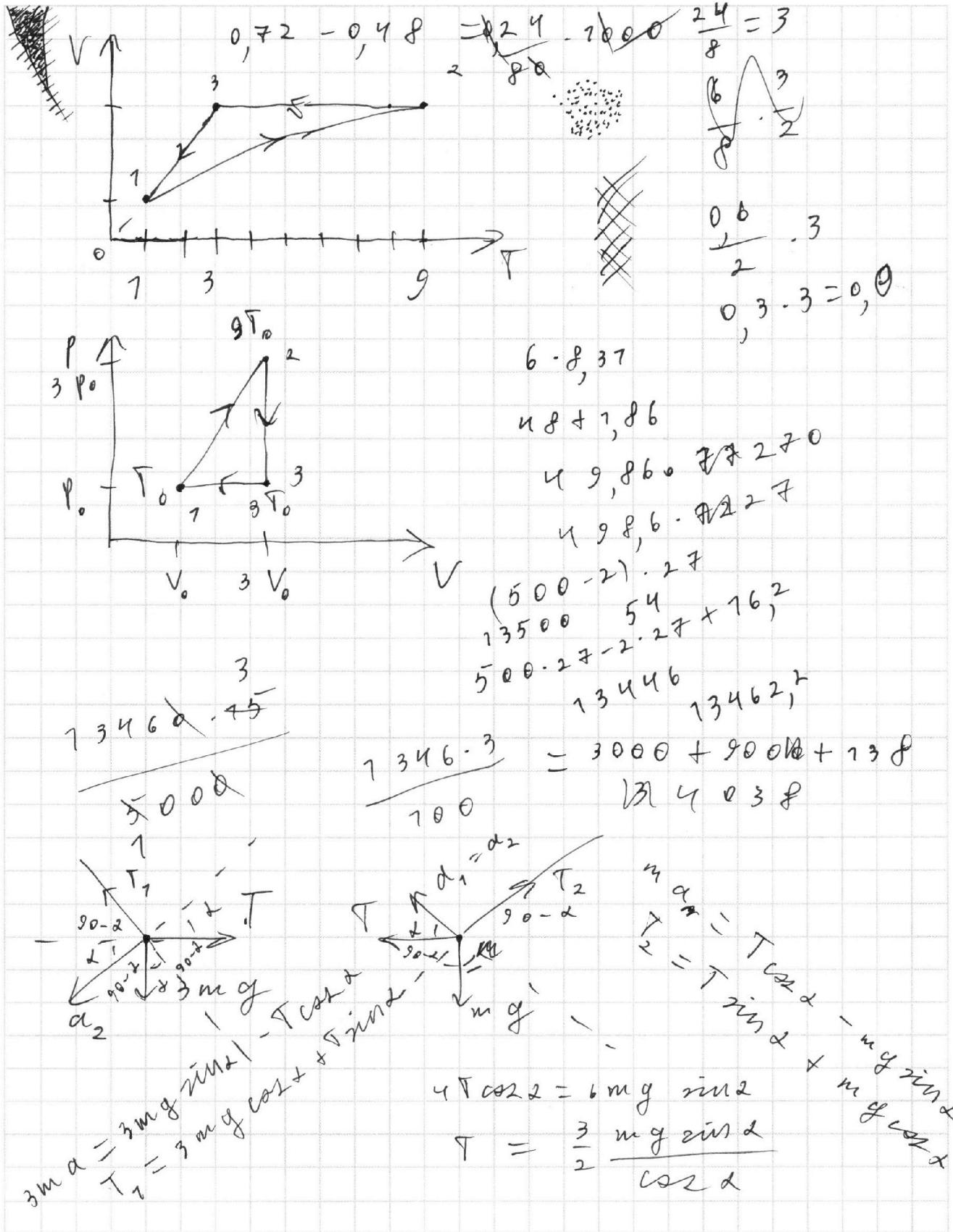
5

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!

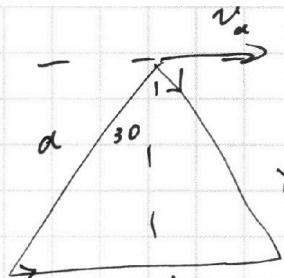


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!



$$\sin 30^\circ = \cos 30^\circ = \frac{a}{R_\alpha} = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad | R_\alpha = \frac{2}{\sqrt{3}} a$$

$$\sin 30^\circ = \frac{R_B}{R_\alpha} = \frac{1}{2} \quad | R_B = \frac{1}{2} R_\alpha$$

$$\tan 30^\circ = \frac{h}{a}$$

$$R_B = R_A - \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{2}{\sqrt{3}} - \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$





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 |
| <input type="checkbox"/> |

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 |
| <input type="checkbox"/> |

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

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 |
| <input type="checkbox"/> |

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!