



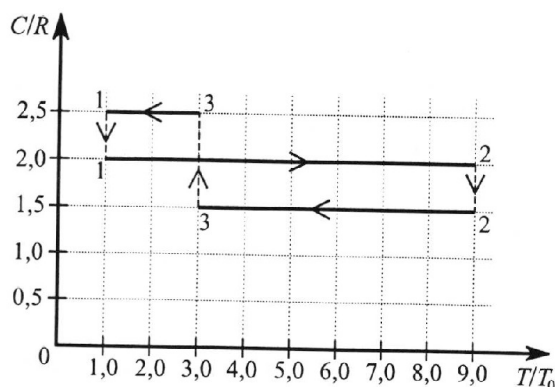
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 270 \text{ K}$.

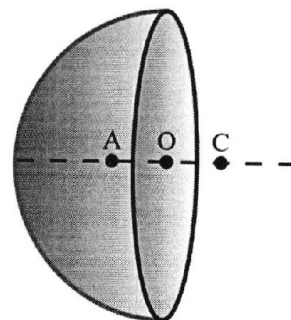


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 электрической 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 большем 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.



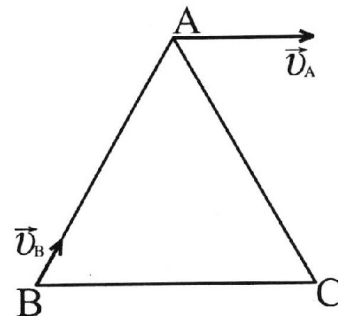
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

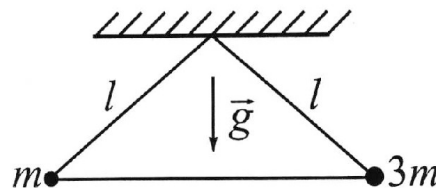
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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.



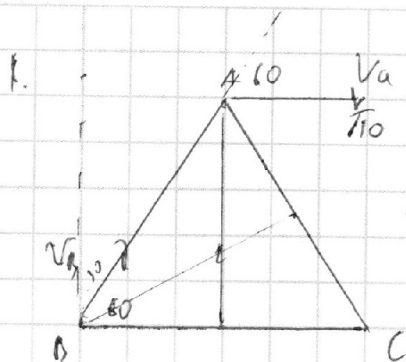
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



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!



По формуле движения тел $V_B = V_A \cdot \cos 60 = 0,4 \text{ м/с}$

Зная эти треугольники построим их

пересечением линий мы найдем расстояние

2. По формуле от точки A, чтобы мы могли совершить обратный путь чтобы BC превратилось один раз BC пробегает время пролететь BC можно рассчитать как

Время пролететь от точки A со скоростью $V_B \cdot \cos 60$

$$T = \frac{2\pi R}{V} = \frac{2\pi \cdot \frac{L}{2}}{V_B \cdot \cos 60} = \frac{2\pi L}{0,4 \cdot 0,5} = \frac{2\pi \cdot 1}{0,2} = 10\pi \approx 31,4 \text{ с}$$

$$\text{или } T = \frac{2\pi R}{V_B}$$

3. Когда мы двигаемся на ней будет действовать сила тяжести

и сила реакции опоры и сила трения, при этом $F_{\text{тр}} = R$

и сила трения будет создавать ~~центростремительное~~ нормальное ускорение

$$F_{\text{тр}} = m a_n = R, \quad a_n = \frac{(V_B \cos 60)^2}{R} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 0,4^2}{0,4} = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ м/с}^2$$

$$R = m a_n = 0,6 \cdot 0,8 = 0,48 \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } 1. 0,4 \text{ м/с}$$

$$2. \frac{0,4}{0,5}$$

$$3. 0,48 \text{ Н}$$



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 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.

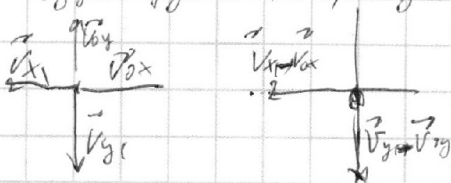
$$\begin{cases} h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \\ v = v_0 - gt \end{cases} \rightarrow \begin{cases} h_{1,2} = v_0 t - 5t^2 \\ v = v_0 - 10t \end{cases} \begin{cases} h_{1,2} = (10t + 4)t - 5t^2 \\ v_0 = 10t + 4 \end{cases}$$

$$h_{1,2} = 10t^2 + 4t - 5t^2 \Rightarrow 5t^2 + 4t - h_{1,2} = 0 \Rightarrow t = \frac{-4 \pm \sqrt{16 + 5 \cdot 4}}{10} = \frac{-4 \pm \sqrt{36}}{10}$$

$$\frac{-4 + 4\sqrt{1}}{10} = \frac{-2 + 2\sqrt{1}}{5} = t \Rightarrow v_0 = -4 + 4\sqrt{1} + 4 = 4\sqrt{1} \Rightarrow mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow H = \frac{v^2}{2g}$$

$$H = \frac{16 \cdot 1}{20} = \frac{4 \cdot 1}{5} = 0.8 = 12 \text{ м}$$

т.к. на высоте H от скорости тела нулю относительно второй системы отсчета значит скорость по модулю по направлению противоположна по направлению горизонтальной скорости тела $v_{0x} = v_{1x}$ т.е. v_1 это скорость второго скака после столкновения и с вертикальной составляющей только из скорости изначально относительно системы отсчета. Вспомогательная рассуждения при каком направлении скорости они относятся к минимальной высоте, если не перейти в СО первого скака то второй будет скоростью второй. Будем считать, а значит минимальная высота будет достигнута.



$$\text{при } \vec{v}_{y1} = \vec{v}_{y2} = 0 \Rightarrow v_{0y} = v_{y1} = 0 \Rightarrow \vec{v}_{0x} = \vec{v}_0 \Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \Rightarrow$$

$$d = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} \Rightarrow \text{т.е. } d \text{ это расстояние}$$

от точки взрыва до по горизонтальной от точки взрыва до

подачи первого скака тогда расстояние между двумя скаками это

$$2d \text{ тогда это равно } 2 \cdot 16 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{10}} = 32 \cdot \sqrt{\frac{2}{10}} = 32 \sqrt{\frac{1}{5}} = 32 \sqrt{\frac{1}{5}}$$

Ответ: 1 12 м

$$2. \quad 3 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{10}} \cdot \frac{32 \sqrt{12}}{55}$$



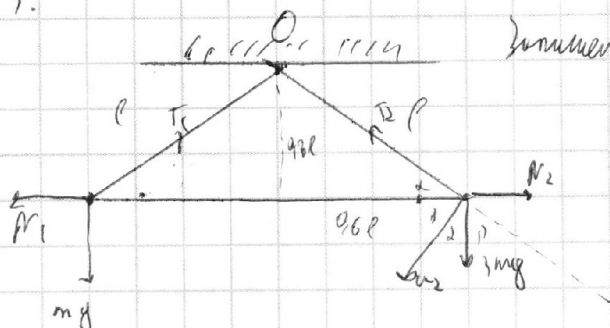
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

3.



Итак, можем составить по точке D

$$\begin{aligned} 3mg \cdot 0.6 - mg \cdot 0.6 &= \\ 2mg \cdot 0.6 &= 4mg \cdot 0.6 \cdot \sin 45^\circ \quad [\{ \Rightarrow \} \\ 2mg \cdot 0.6 &= 9m \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a \Rightarrow \end{aligned}$$

$$a = \frac{1 \cdot 9 \cdot 0.6}{9} = \frac{1 \cdot 5.4}{9} = \frac{60}{20} = \frac{30}{10} = 3 \text{ м/с}^2, \text{ ускорение системы горизонтально}$$

$$m_1 = 10 \text{ кг} = 0.6 \Rightarrow T_2 - 3mg - m_2 - N_2 \cdot \cos 45^\circ = 3ma,$$

$$T_2 \cos 45^\circ = 3mg \Rightarrow T_2 = \frac{3mg}{\cos 45^\circ} \quad \frac{3mg}{\cos 45^\circ} - 3mg \sin 45^\circ - N_2 \cos 45^\circ = 3ma \Rightarrow$$

$$\frac{3 \cdot 9 \cdot 0.6}{0.6} - 3 \cdot 9 \cdot 0.6 - N_2 \cdot 0.6 = 9m \Rightarrow 27 - 16.2 - 0.6N_2 = 9m \Rightarrow$$

$$0.6N_2 = 26.1 \Rightarrow N_2 = \frac{26.1}{0.6} = \frac{261}{6}$$

Аналог: 1. 0.6

2. }

3. $\frac{261}{6}$



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!

7. $C_0 = \frac{C}{D} \Rightarrow C_{op} = \frac{1+2}{2} R$ (меньше при уходе)

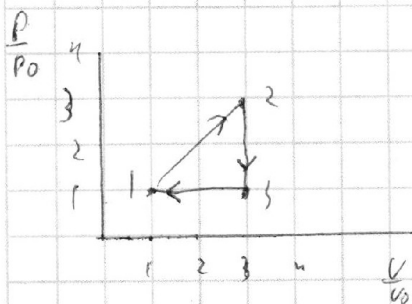
$C_{ov} = \frac{1}{2} R$ (меньше при уходе) т.к. из соотношений $\Rightarrow$

$1 \Rightarrow C_{op} = \frac{5}{2} R = 2,5 R$, $C_{iv} = \frac{3}{2} R = 1,5 R \Rightarrow$ из условия

можно понять что ~~3-1~~ 3-1 это уход, а 2-1 это уход.

т.к. $T_3 = 3T_1$ (из условия) и 3-1 это уход $\Rightarrow V_3 = 3V_1$,

т.к. $T_2 = 3T_1$ (из условия) и 2-1 это уход $\Rightarrow P_2 = 3P_1 \Rightarrow$



А значит это площадь замкнутой фигуры $\Rightarrow$

$A = \frac{(3V_0 - V_0)(3P_0 - P_0)}{2} = 2P_0V_0$, $P_0V_0 = 2RT_0$ (из условия)

$A = 2 \cdot 2RT_0 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 10 = 6 \cdot 27 \cdot 83,1 = 162 \cdot 83,1 = 13462,2 \text{ Дж}$

а) $A_n = 0,5 A \Rightarrow$ всего совершено $0,5 A$ полезной работы, которая

пошла на поднятие груза на высоту $H \Rightarrow M g H = 0,5 A \Rightarrow$

$H = \frac{0,5 A_n}{M g} = \frac{0,5 \cdot 13462,2}{2500} = \frac{10096,65}{2500}$

$A = 13462,2 \text{ Дж} = 2 D R T_0$

Ответ: $H = \frac{0,5 A_n}{M g} = \frac{10096,65}{2500}$



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.

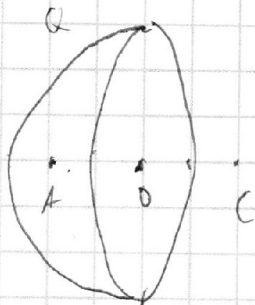
1
☐2
☐3
☐4
☐5
☒6
☐7
☐

СТРАНИЦА

15 ИЗ 15

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.



$$W_A = \frac{mv^2}{2} \text{ из условия 4) C2}$$

$$W_A = \frac{mv_0^2}{2} + W_0, \quad W_0 = \frac{kqQ}{R} = 1$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - \frac{kqQ}{R} \Rightarrow mv_0^2 = mv^2 - \frac{2kqQ}{R} \Rightarrow$$

$$v_0^2 = v^2 - \frac{2kqQ}{Rm} \Rightarrow v_0 = \sqrt{v^2 - \frac{2kqQ}{Rm}}$$

$$F = Eq, \quad \Delta q = Ed \Rightarrow qQ = \frac{kqQ}{R^2} \cdot d \Rightarrow A = \frac{kqQ}{R^2} \cdot d =$$

$$\frac{kqQd}{R^2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{kqQ}{R^2} \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow \frac{2mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow$$

$$2v_0^2 = v^2 \Rightarrow v_c = v_0\sqrt{2}$$

Ответ: 1. $v_0 = \sqrt{v^2 - \frac{2kqQ}{Rm}}$

2. $v_c = \sqrt{2}v_0$

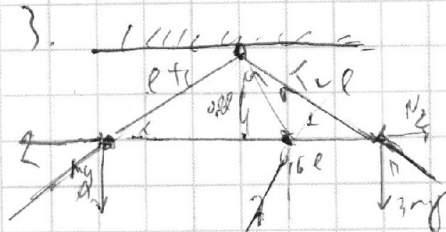


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



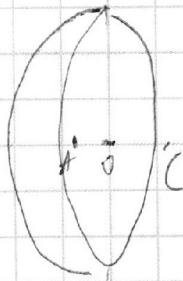
$$T - m g \sin \alpha - N \cos \alpha = 0$$

$$N = T \cos \alpha$$

$$N = T \cos \alpha$$

$$T - m g \sin \alpha - N \cos \alpha = 0$$

$$T - m g \sin \alpha - N \cos \alpha = 0$$



$$L_A = \frac{m v^2}{2} \rightarrow \dots$$

$$L_A - L_0 = \frac{m v^2}{2}$$

$$\varphi_A - \varphi_0 - \varphi_0 \varphi = \frac{m v^2}{2}$$

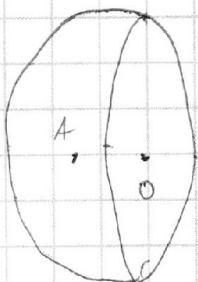
$$\varphi (\varphi_A - \varphi_0) = \frac{m v^2}{2}$$

$$L_A - L_0 \varphi = \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{m v^2}{2} - \varphi_0 \varphi = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow \varphi_0 \varphi =$$

$$\varphi \left(\frac{k Q}{r} - \frac{k Q}{r_0} \right) = \frac{m v^2}{2}$$

$$F = F_0 \varphi$$



$$\frac{1}{2 \pi}$$

$$\frac{1}{8 \pi}$$

$$\frac{1}{4 \pi}$$



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
☐

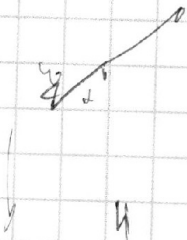
5
☐

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!

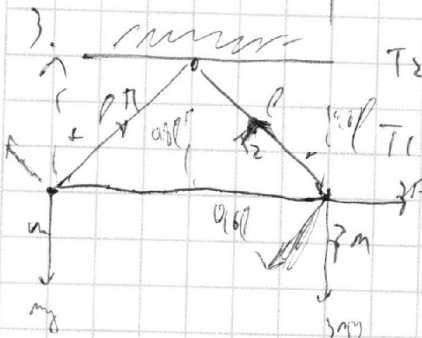
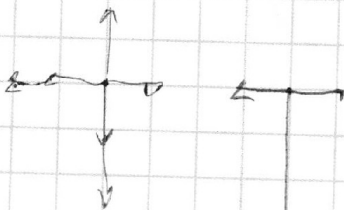


$$h = v_0 \sin \alpha + \frac{g t^2}{2}$$

$$g t^2 + 2 v_0 \cos \alpha t - 2h = 0$$

$$t = v_0 \cos \alpha \left(\frac{-2 v_0 \cos \alpha \pm \sqrt{4 v_0^2 \cos^2 \alpha + 8 g h}}{2g} \right)$$

$$2x = v_0 \cos \alpha \left(\frac{-2 v_0 \cos \alpha \pm \sqrt{2 v_0^2 \cos^2 \alpha + 2 g h}}{g} \right)$$



$$T_2 \cos \alpha = 3mg \quad T_2 = 3T_1$$

$$T_1 \cos \alpha = mg$$

$$T_1 \cos \alpha = N$$

$$T_2 \sin \alpha = 3N$$

$$\cos \alpha = 0.6$$

$$\sin \alpha = 0.8$$

$$T_1 \cdot 0.6 = mg$$

$$N = T_1 \cdot 0.6$$

$$F = aR$$

$$mg \cdot 0.6 - 0.6(3mg) = -2mg \quad I \epsilon = mR^2 \cdot \epsilon = mR^2 aR \quad F = a$$

$$FR = mR^2 aR$$

$$F = ma$$

$$I = mR^2$$

$$\frac{I \omega}{L} = \frac{aR}{L} \quad \frac{I \cdot \omega}{L} = \frac{a \cdot R^2}{L}$$

$$-2mg \cdot 0.6 = mR^2 \cdot a$$

$$FR = d\epsilon \Rightarrow FR = mR^2 \cdot \epsilon \quad F = \frac{mR^2 \epsilon}{L} = ma$$

$$\epsilon R = a$$

$$-2mg \cdot 0.6 = I \cdot \frac{a}{R} \quad -2 \cdot 8 \cdot 0.6 \cdot R = \frac{4R^2 \cdot a}{R} \Rightarrow a = \frac{2 \cdot 0.6}{1} = \frac{1.2}{1}$$

$$2mg \cdot 0.6 = \frac{4R^2 \cdot a}{R}$$

$$a =$$

$$\begin{array}{r} 32.1 \\ - 2.9 \\ \hline 35.0 \\ - 3.0 \\ \hline 26.1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 300.8 \\ - 6 \\ \hline 150 \\ - 45 \\ \hline 105 \\ - 34.1 \\ \hline 70.9 \end{array}$$

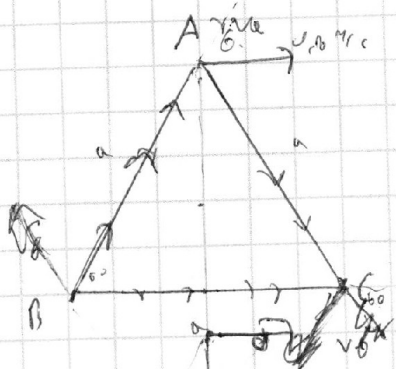


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

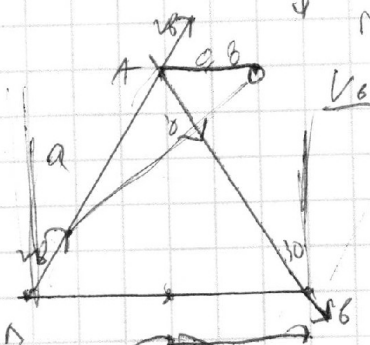
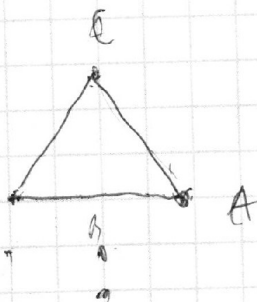
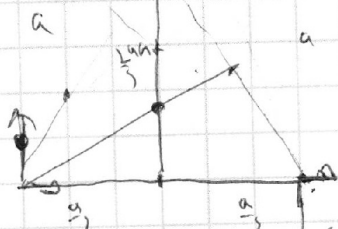
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



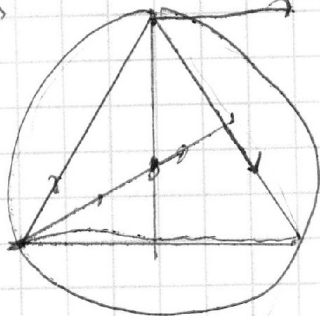
$$V_8 = 26 \cdot 10060 = 624 \text{ } \mu\text{C}$$

$$\begin{array}{r} 912311 \\ 134622 \\ \hline 95 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 643110 \\ 2359 \end{array}$$



$$\frac{2 \mu \cdot R}{V_B \cos 30}$$



$$\frac{2 \mu \cdot R}{V_B \cos 30} = \frac{2 \mu \cdot R}{V_B \cdot 0.866} = \frac{2 \mu \cdot R}{0.866}$$

Er 1620 1) 462,0
1 83,1 1) 462,2
1 1 520
9 8 6 0 0
1 2 8 6 0
1 1 4 6 2 2 0



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!

1.

$V_A = 0.8 \text{ m/s}$

$V_B = V_A \cos 60 = 0.4$

$0.4 - m \cdot 0.2 = 0.4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.2\sqrt{3}$

$\frac{0.2\sqrt{3} \cdot 2}{3} = \frac{0.4\sqrt{3}}{3} = \frac{4\sqrt{3}}{3} = R$

$\vec{R} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_p$

$F_p = m\vec{a}$

$R = m \cdot \frac{v^2}{R} = m \cdot \frac{0.8^2}{10 \cdot 10} = \frac{0.64}{100} = 0.0064$

2.

$V(t) = V_0 - gt$

$y(t) = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow h = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$

$V_0 = 9 \text{ m/s}$

$11.2 = (9 - 10t)t - 5t^2 \Rightarrow 11.2 = 9t - 10t^2 - 5t^2 = 9t - 15t^2$

$15t^2 - 9t + 11.2 = 0 \Rightarrow 15t^2 - 9t + 11.2 = 0$

$D = 81 - 4 \cdot 15 \cdot 11.2 = 81 - 672 = -591$

$h = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{81}{20} = 4.05$

$t = \frac{-V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2gh}}{2g} = \frac{-9 \pm \sqrt{81 - 2 \cdot 10 \cdot 11.2}}{20} = \frac{-9 \pm \sqrt{-591}}{20}$

$V_0 = \frac{-2 \pm 2\sqrt{5}}{5}$

$h = \frac{V_0^2}{2g}$

$h = \frac{V_0^2}{2g} + L \cdot \frac{2V_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$

$h = V_0^2 \cos^2 \alpha \left(\frac{1}{2g} + \frac{2L \cos^2 \alpha}{g} \right)$

$9V_0^2 \cos^2 \alpha + 2V_0^2 \cos^2 \alpha + 2V_0^2 \cos^2 \alpha \left(\frac{1}{2g} + \frac{2L \cos^2 \alpha}{g} \right)$