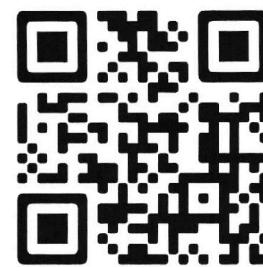




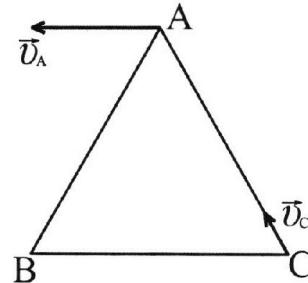
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

Вариант 10-01



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 $v_A = 0,4$ м/с, а скорость \vec{v}_C вершины C направлена вдоль стороны CA. Длины сторон треугольника $a = 0,2$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершил три оборота?

Пчела массой $m = 100$ 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.

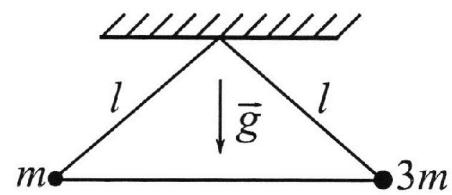
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

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 $V_0 = 20$ 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 $m = 0,1$ кг и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Системудерживают так, что шарики 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.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 2$ моль однотипного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300 \text{ K}$.

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

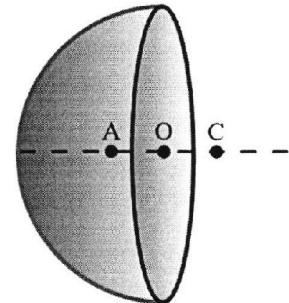
- Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

- На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 150 \text{ кг}$ за $N = 10$ циклов тепловой машины?

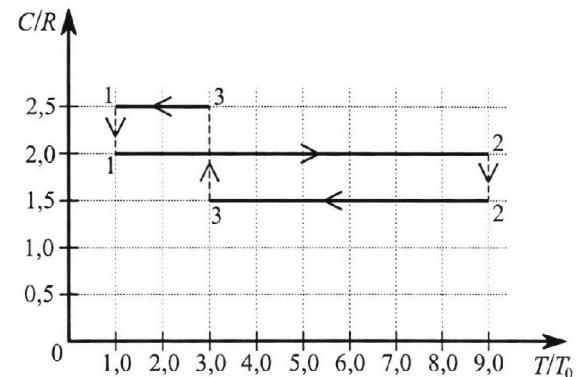
Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль·К)}$. Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

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 . В точке О частица движется со скоростью V_O .

- С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
- 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.





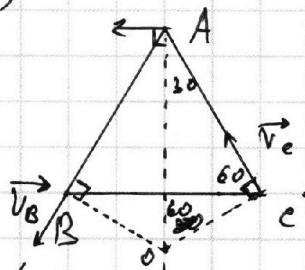
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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)



Найдем угловую скорость вращения сколько каскадное пересечение

⊥ к скоростям \vec{v}_A и \vec{v}_C

Т.О - угловая скорость вращения.

$$\omega = \frac{v_A}{OA} = \frac{v_C}{OC} \quad (\omega - \text{угловая скорость треугольника})$$

$$OC = OA \cos(60) \quad AC = OA \sin(60) = a$$

$$v_C = v_A \cdot \frac{OC}{OA} = v_A \cos(60) = 0.2 \frac{m}{s}$$

Т.к. угловая скорость не изменяется при переходе между V.C.O. \Rightarrow б. с.с. О. 4.М.

Угловая скорость вращения равна ω

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{v_A / OA} = \frac{2\pi \cdot OA}{v_A \sin(60)} = 2\sqrt{3}\pi s$$

Т.к. масса тела \leftrightarrow треугольника. Тогда приближение тела движение треугольника не изменяется. а.м - ускорение тела в V.C.O.

$$R = \cancel{m \omega^2 r} = m a_m = m a_\theta \quad a_\theta - \text{ускорение точки } B \text{ в.с.с.}$$

$$a_B = \omega^2 OB = \frac{v_A^2}{OA^2} \cdot OB = \frac{v_A^2 \omega \sin(60) \cdot \sin(60)}{a}$$

$$R = \frac{m v_A^2 \sin(60) \sin(60)}{a} = 10^{-4} \cdot 0.8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} \quad OB = OA \cos(60)$$

$$R = 20\sqrt{3} \text{ мкм}$$



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

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!

1) Ответ: $V_c = V_d \omega(60) = 0.2 \frac{\pi}{c}$ $\tau = \frac{6\pi a}{V_d \sin(60)} = 2\sqrt{3} \pi c$

$$R = \frac{m V_d^2}{a} \omega(60) \sin(60) = 20\sqrt{3} \text{ МН}$$

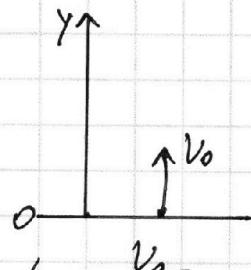
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

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!

2) Т.к. время стояния тела в воздухе можно считать, что движение в воздухе пренебрежимо можно считать начальную скорость V_0



$$y = V_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$h = V_0 t - \frac{g t^2}{2} \quad V_0 = \frac{h}{t} + \frac{g t}{2} = 14 \frac{m}{s}$$

$$t_0 = \frac{V_0}{g}$$

$$V_0 - g t_0 = 0$$

$$t_0 = \frac{V_0}{g}$$

$$H = V_0 t_0 - \frac{g t_0^2}{2} \quad t_0 - \begin{array}{l} \text{(время за} \\ \text{которое движение} \\ \text{достигло на макс} \\ \text{высоту)} \end{array}$$

$$H = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{h}{t} + \frac{g t}{2} \right)^2 = \frac{196}{20} \text{ м} = \frac{49}{5} \text{ м}$$

из З. С. И. Скорости осколков равны V_0 и направлены по одной прямой в разные стороны

$$H = -V_0 \sin \alpha \cdot t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$H = V_0 \sin \alpha \cdot t_2 + \frac{g t_2^2}{2}$$

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

$$t_2 = \frac{-V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$t_1 + t_2 = \frac{2}{g} \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$$



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

2) Представим мы бросим камень со скоростью

но так, что на высоте H оно имел

скорость V_0 т.е. ~~дальность полета камня~~
~~в нач.ин. надежд.~~

будет равна ~~2~~ расстоянию между скакалками^v
пунктирными

т.к. движение звук скакалок точно предсказывалось

~~2~~ участка приходится при симметричном полете камня

мы получаем пунктирными камни.

$$\text{из. } \text{G. З. С. } \exists. \frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} + mgH$$

$V_0 = \sqrt{V_0^2 + 2gH}$ дальность максимальная если
бросить камень под 45° к горизонту

$$H_x = \frac{V_0^2}{2g} \sin^2(45^\circ) = \frac{1}{2} \left(\frac{V_0^2}{2g} + H \right) \left(\begin{array}{l} \text{максимальное} \\ \text{расстояние подъема} \\ \text{камня при броске под} \\ \text{углом } 45^\circ \end{array} \right)$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{400}{20} + H \right) v H \quad (\text{Поверхность достигнет камня под углом } 45^\circ \text{ симметрично})$$

$$10m v \frac{H}{2} \Rightarrow \text{при броске камня под углом } 45^\circ \text{ достигаемое расстояние}$$

$$\text{равно } H$$

~~20m > H = 9.8m~~

$$L_{\max} = \frac{\frac{V_0^2}{2g} \sin(2 \cdot 45^\circ)}{2} = \frac{V_0^2}{g} + 2H$$

$$\text{Ответ: } H = \frac{1}{2g} \left(\frac{h}{2} + \frac{qT}{2} \right)^2 = 9.8m \quad L_{\max} = \frac{V_0^2}{g} + 2H = 54.6m$$



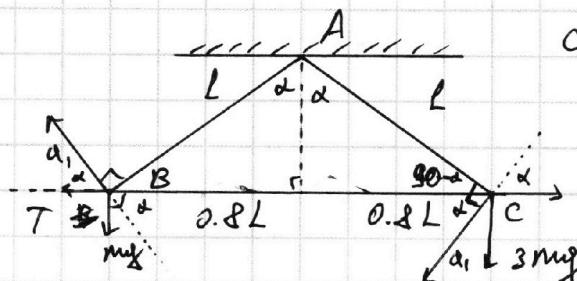
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

 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)



Т.к в начальном положении скорости центральных масс равны нулю их центростремительное ускорение тоже равно

Т.к груз массой m в начальном положении движется по окружности с ω скоростью все его ускорение тангенциальное и направлено $\perp AB$

аналогично для угла массой $3m$

$$\sin \alpha = \frac{0.8L}{R} = 0.8 \quad \cos \alpha = 0.6 \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{3}$$

Движение стержня в начальном положении временно

можно рассматривать как движение вокруг точки A под угловое ускорение точек B и C равно, но Т.к

~~левые и правые угловые~~ \Rightarrow равны все угловые углерения

$$ma_1 = T \omega \sin \alpha - mg \sin \alpha \quad 3ma_1 = 3mg \sin \alpha - T \omega \sin \alpha$$

$$4ma_1 = 2mg \sin \alpha \quad a_1 = \frac{1}{2} g \sin \alpha = 4 \frac{4}{3^2}$$

$$T \omega \sin \alpha = 7.5mg \sin \alpha \quad T = \frac{3mg \operatorname{tg} \alpha}{2} = \boxed{} = 2N$$

Т.к стержень неподвижный

$$\begin{aligned} a_c &= \varepsilon AC = \varepsilon L \\ a_B &= \varepsilon AB = \varepsilon R \end{aligned} \Rightarrow a_C = a_B = a_1 \quad (\varepsilon - \text{центровое ускорение стержня})$$

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = 0.8 \quad a_1 = \frac{g \sin \alpha}{2} = 4 \frac{4}{3^2} \quad T = \frac{3mg \operatorname{tg} \alpha}{2} = 2N$$



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) Т-к из однокамерной $c_V = \frac{3}{2} R$ $c_P = \frac{5}{2} R$ \Rightarrow
(изотермический) (изобарический)

$\Rightarrow 2 \rightarrow 3$ изохорический процесс $\Rightarrow (V_2 = V_3)$

$3 \rightarrow 1$ изодармический процесс $\Rightarrow (P_3 = P_1 = P_0)$

$$(1) P_0 V_0 = V R T_0$$

$$P_3 = P_0$$

$$\frac{P_0 V_2}{P_0 V_0} = \frac{3 V R T_0}{V R T_0}$$

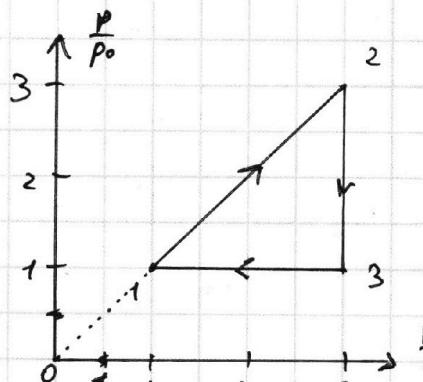
$$(2) P_2 V_2 = V R \Delta T_0$$

$$V_3 = V_2$$

$$(3) P_3 V_3 = V R \Delta T_0$$

$$V_2 = 3 V_0$$

$$P_2 = 3 P_0$$



$$Q = A + \alpha V = \frac{(P_{1x} + P_{2x})(V_{2x} - V_{1x})}{2} + \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) \quad V R \Delta T$$

$$Q = \frac{1}{2}(P_{1x} V_{2x} - P_{1x} V_{1x} + P_{2x} V_{2x} - P_{2x} V_{1x}) + \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$\alpha = \frac{P_{1x}}{V_{1x}} = \frac{P_{2x}}{V_{2x}} \quad P_{1x} V_{2x} = P_{2x} V_{1x}$$

$$Q = \frac{1}{2}(P_{2x} V_{2x} - P_{1x} V_{1x}) + \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$Q = \frac{1}{2} V R \Delta T + \frac{3}{2} V R \Delta T \quad C = \frac{Q}{V \Delta T} = 2 R \Rightarrow$$

процесс 1 \rightarrow 2, процесс с одинаковой производительностью давления от объема ($\text{ст.к } c_{12} = 2R$)

$$Q_1 = C_{12} \Delta T = 2 R (V_2 - V_1) = 2 V R \cdot 8 T_0 = 16 V R T_0$$

$$A = \frac{(P_2 - P_1) \cdot (V_2 - V_1)}{2} = 2 P_0 V_0 = 2 V R T_0 \quad 32 \cdot 2493$$

$$\text{если } \frac{NA}{2} = Mg H \quad H = \frac{NA}{2Mg} = \frac{N V R T_0}{Mg} = \frac{2493}{150} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } Q_1 = 16 V R T_0 \approx 80 \text{ кДж} \quad H = \frac{N V R T_0}{Mg} = \frac{2493}{150} \text{ м}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отмьте **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 type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

5) Т.к. точка 0 изолирована от всех точек

сфера её потенциал можно найти как.

$$\varphi_0 = \frac{\int k \frac{dQ}{R}}{Q} = \frac{k Q}{R}$$

~~Ед. т.к. нет дифференциальной единицы~~

$$\Rightarrow \frac{m V_0^2}{2} + q \varphi_0 = \frac{m V_\infty^2}{2} + q \varphi_\infty$$

$\varphi_\infty \approx 0$ (потенциал на ∞ от сферы)

$$V_\infty = \sqrt{V_0^2 + \frac{2q}{m} \cdot \frac{kQ}{R}}$$

Представим половину сферы с зарядом Q как

суперпозицию целой сферы с зарядом $2Q$ и

полусфера с зарядом $-Q$

$\varphi(x)$ - функция потенциала на оси симметрии полусферы от x , где x - расстояние до точки 0

$\varphi(x) \sim Q$ (заряды полусферы.)

заряд полусфера с зарядом $-Q$ $\varphi'(-x) \sim -Q$ $\varphi'(-Q) = -\varphi'(Q)$

$$\varphi_A = \varphi(-x_0) = \varphi'(x_0) + \varphi_{C0} \quad \varphi_{C0} - \text{постоянная всей сферы.}$$

$$\varphi_{C0} = \frac{2Qk}{R} \quad \varphi_C = \varphi(x_0)$$

~~$\varphi_C = \varphi(x_0) = \varphi'(-x_0) + \varphi_{C0}$~~

~~$\varphi_A = -\varphi(x_0) + \varphi_{C0}$~~ $\varphi_A + \varphi_C = \varphi_{C0} = 2\varphi_0$

~~$\varphi_A - \varphi_0 = \varphi_0 - \varphi_C$~~



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

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!

5)

$$g_{\text{FA}} = \frac{m v_0^2}{2} + g_{\text{FO}} \quad g_A - g_0 = \frac{m v_0^2}{2g}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + g_{\text{FO}} = \frac{m v_c^2}{2} + g_{\text{FC}}$$

$$v_c^2 = v_0^2 + \frac{2g}{m} (g_0 - g_c) = v_0^2 + \frac{2g}{m} (g_A - g_0) = 2v_0^2$$

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

Ответ: $v_\infty = \sqrt{v_0^2 + \frac{2kQg}{mR}}$ $v_c = \sqrt{2} v_0$



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!



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!

