



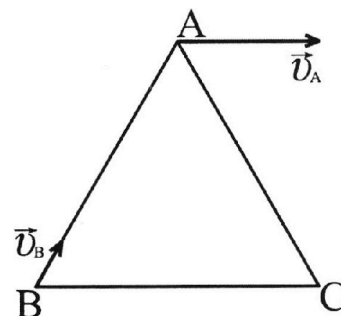
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

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 $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA и по величине равна $v_B = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_A скорости вершины A.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит один оборот?

Пчела массой $m = 120$ 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.

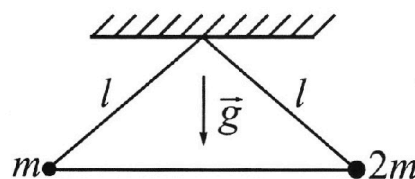
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 14,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 6$ 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 $V_0 = 20$ 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 $m = 90$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарiki скреплены с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарiki находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $2m$ 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.



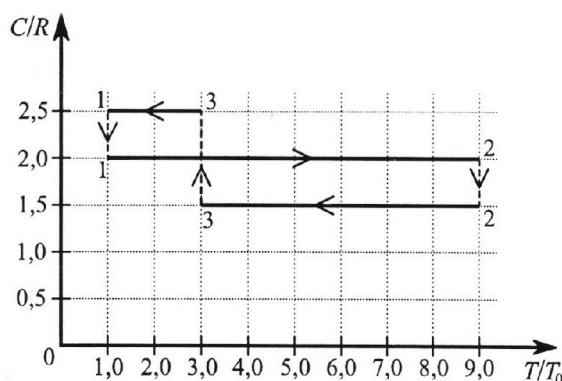
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 5$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300$ К.

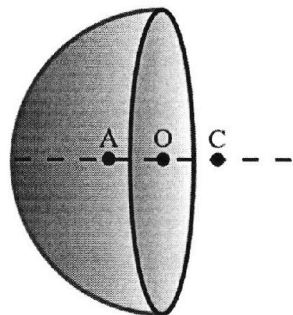


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400$ кг за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ 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 кинетическая энергия частицы равна K .



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы 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.



2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА

1 из 4

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!

Дано:

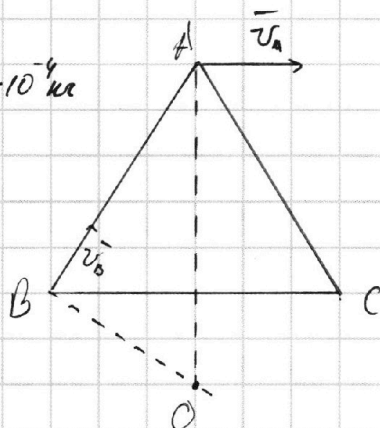
$$m = 120 \text{ мг} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$

$$v_B = 0,4 \text{ м/с}$$

$$a = 0,4 \text{ м}$$

$$v_A = ?$$

$$\tau = ?$$



Решение:

Рассмотрим движение и найдем центр мгновенного вращения системы.

Он соответственно расположен на точке пересечения радиус векторов от этого

центра, к скоростям. Эти радиус векторы всегда

перпендикулярны к векторам скорости, по-

этому центр мгновенного вращения бу-

дет расположен на в точке пересе-

чения перпендикуляров к векторам спо-

рости. $\vec{v}_A$ параллелен BC и направлен

от точки A $\Rightarrow$ перпендикуляр к $\vec{v}_A$ — это

треугольник — это биссектриса $\Rightarrow \angle BAO = \frac{\angle BAC}{2} =$

$= \frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$, O — центр мгновенного вращения, в

равностороннем треугольнике все углы 60°

Значит $\angle ABO = 90^\circ$, т.е. BO — перпендикуляр

к $\vec{v}_B$, а $\vec{v}_B$ направлена вдоль BA $\Rightarrow \triangle BAO$

прямоугол, где $\angle BAO = 30^\circ \Rightarrow \frac{BO}{AO} = \sin(\angle BAO)$



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 4

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!

$$\Rightarrow \frac{BO}{AO} = 0,5 \Rightarrow AO = 2BO$$

~~Крестик~~ ~~крестик~~ ~~крестик~~ При мгновенном вращении все точки имеют одинаковую угловую скорость $\Rightarrow |\vec{v}_B| = BO \cdot \omega$, где ω - угловая скорость
 $\Rightarrow |\vec{v}_A| = AO \cdot \omega$

$$\Rightarrow \frac{|\vec{v}_A|}{|\vec{v}_B|} = \frac{AO}{BO} \Rightarrow v_A = \frac{AO}{BO} \cdot v_B = 2 \cdot v_B = 0,8 \text{ м/с}$$

1. Ответ: $v_A = 0,8 \text{ м/с}$ - ^{модуль} скорости точки A

Теперь перейдем в ИСО связанную с центром масс, под действием силы тяжести скомпенсирована силой реакции опоры, поэтому ускорения нет и система отсчета инерциальна. В ней все точки будут иметь такую же угловую скорость, только вращение будет совершаться относительно центра масс $\Rightarrow$ сразу ответим на 2 вопрос: $T = \frac{2\pi}{\omega}$, т.к. ω - в рад/сек или сек/рад

$$\omega = \frac{|\vec{v}_B|}{BO}, \text{ из пр.т. } \triangle BAO \quad \text{tg}(\angle BAO) = \frac{BO}{BA}$$



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
3 из 4

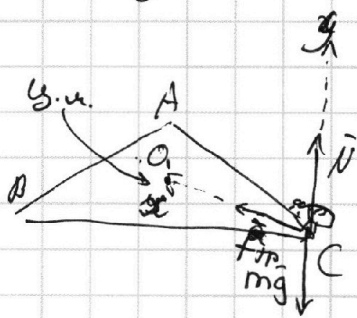
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$BA = a = 0,4 \text{ м по } y \Rightarrow BO = \operatorname{tg}(30^\circ) \cdot AB$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{v_B}{\operatorname{tg}(30^\circ) AB} = \frac{0,4 \text{ м/с}}{\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4 \text{ м}} = \sqrt{3} \text{ рад/с}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{3} \text{ рад/с}} = \frac{2\sqrt{3} \cdot \pi}{3} \text{ с}$$

2. Ответ: $T = \frac{2\sqrt{3} \pi}{3} \text{ с}$ - пластина совершит оборот в системе центра масс за это время.
~~Т.к. муха~~ Остается в этой системе, ведь во всех инерциальных системах процессы происходят одинаково. Т.к. масса мухи пренебрежимо мала по сравнению с массой листа, то в системе отсчёта, связанной с центром масс, он продолжит вращаться вокруг центра масс с той же угловой скоростью ω .



$\Rightarrow$ Муха тоже будет вращаться с угловой скоростью ω , вокруг C - центра масс $\Rightarrow$ будет иметь центростремительное ускорение $a = \omega^2 \cdot O_1C$



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
4 из 4

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!

Заметим, что O, C - радиус описанной окружности $\Rightarrow O, C = \frac{AB}{2 \cdot \sin(\angle ACB)} = \frac{0,4 \text{ м}}{2 \cdot \sin(60^\circ)} =$
 $= \frac{0,4 \text{ м}}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{0,4 \cdot \sqrt{3}}{3}$

$$\Rightarrow a = \omega^2 \cdot O, C = 3 \frac{\text{рад}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{0,4 \cdot \sqrt{3}}{3} = 0,4 \cdot \sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Вспомним, что такое $\bar{R}$ - это геометрическая сумма всех сил $\Rightarrow \bar{R} = \sum \bar{F}$, а по второму закону Ньютона геометрическая сумма всех сил - это масса умноженная на ускорение $\Rightarrow \bar{R} \Rightarrow m\bar{a} = \sum \bar{F} \Rightarrow m\bar{a} = \bar{R}$

$$\Rightarrow |\bar{m}a| = |\bar{R}| \Rightarrow R = m \cdot a = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м} \cdot 0,4 \cdot \sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 4,8 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

3. Ответ: $|\bar{R}| = R = 4,8 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}$

Ответ: 1. $v_n = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2. $T = \frac{2\pi\sqrt{3}}{3} \text{ с}$ 3. $R = 4,8 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}$



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.



СТРАНИЦА
1 из 8

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!

Дано:

$$h = 14,2 \text{ м}$$

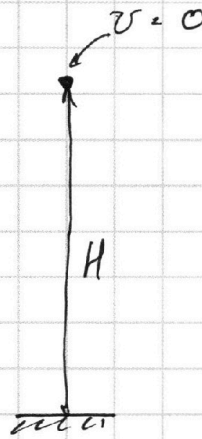
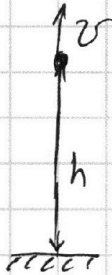
$$v = 6 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$H = ?$

$L_{\text{max}} = ?$



Решение:

Потмиво скоро
мгновенно $\Rightarrow$
грейверн в качаи
двигатеи получи
некую мгновеиу
спороаь, обозна-

чим её за v_k , известно, что она была -
направлена по вертикали $\Rightarrow$ эта скорость
изменялась из-за ускорения свободного
падения: эта скорость изменялась от
времени по такой формуле:

$v(t) = v_k - gt \Rightarrow$ можем найти уравнение
движения, как первообразную этой функции

$$h(t) = h_0 + v_k t - \frac{gt^2}{2}, \quad h_0 - \text{начальная высота}$$

запуска грейвера, т.к. запуск производится с земли
обозначим $h_0 = 0$

$$\Rightarrow h(t) = v_k t - \frac{gt^2}{2} \quad \text{та}$$

Из условия известно, что в некоторый



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 8

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!

момент времени, применив его за T_1 ,

$$v(T_1) = v_k - gT_1 = v$$

$$h(T_1) = v_k T_1 - \frac{gT_1^2}{2} = h \quad \text{— имеем систему из двух уравнений с 2 неизвестными } v_k \text{ и } T_1$$

$$v_k = v + gT_1$$

$$\Rightarrow h = vT_1 + gT_1^2 - \frac{gT_1^2}{2}$$

$$h = vT_1 + \frac{gT_1^2}{2}$$

$$\frac{gT_1^2}{2} + vT_1 - h = 0$$

$$D = v^2 + 2gh \quad \text{отриц. корень не имеет физ. смысла}$$

$$T_1 = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gh}}{g} = \frac{-6 \text{ м/с} + \sqrt{36 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 288 \text{ м}^2/\text{с}^2}}{10 \text{ м/с}^2} =$$

$$\begin{array}{r} +288 \\ 36 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$= \frac{-6 \text{ м/с} + \sqrt{324 \text{ м}^2/\text{с}^2}}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{18 \text{ м/с} - 6 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 1,2 \text{ с}$$

$$\Rightarrow v_k = v + gT = 6 \text{ м/с} + 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1,2 \text{ с} = 18 \text{ м/с}$$

По условию h — максимальная высота подъема скейтерки $\Rightarrow$ в этой ^{точке} скорости ее скорость равна нулю $\Rightarrow$ Пусть он поднимался до h за T_1 от начала эксперимента



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
3 из 8

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!

$$\text{Тогда } v(r_2) = v_k - g r_2 = 0$$

$$\Rightarrow v_k = g r_2 \Rightarrow r_2 = \frac{v_k}{g} = \frac{18 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 1.8 \text{ с}$$

$$\Rightarrow h(r_2) = v_k r_2 - \frac{g r_2^2}{2} = H$$

$$v_k r_2 - \frac{v_k r_2}{2} = H$$

$$\frac{v_k r_2}{2} = H$$

$$\frac{18 \text{ м/с} \cdot 1.8 \text{ с}}{2} = H$$

$$\frac{32.4 \text{ м}}{2} = H$$

$$16.2 \text{ м} = H - \text{исковая Голсона}$$

1. Ответ: $H = 16.2 \text{ м}$

Теперь заметим, что в высшей точке у фрейрверка скорость равна нулю $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ импульс равен нулю $\Rightarrow$ по ЗСЧ
у двух осколков суммарный импульс
тоже равен нулю, т.к. осколков ~~два~~
~~они~~ ~~одинаковые~~ они должны иметь
равный импульс по модулю и про-
тивоположные по направлению $\Rightarrow$



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.

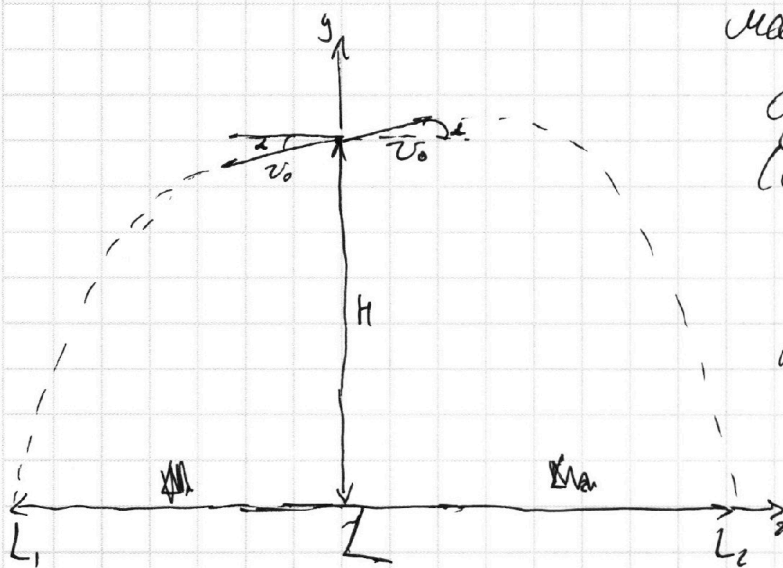
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 из 8

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!

Чтобы суммарный соответствовал получился.
Заметим, что ~~теперь~~ осколки одинаковой

массы $\Rightarrow$ у них
одинаковые скорости
(следует из того, что
 $p = mv$, а импульсы
равны по модулю)
Импульс направлен
вдоль скорости $\Rightarrow$



скорость второго

осколка v_0 и про-
тивоположны скорости первого осколка
(и второго)

Пусть скорость первого v направлена под
углом α к горизонту, тогда найдем
зависимость $L(\alpha)$

Первый осколок летит до земли

$$\text{за } T_1 \Rightarrow x(T_1) = -v_0 \cos \alpha T_1 = L_1$$

$$y(T_1) = H - v_0 \sin \alpha T_1 - \frac{g T_1^2}{2} = 0$$

$-v_0 \cos \alpha$ и $-v_0 \sin \alpha$ - проекции скорости v_0 -
на Ox и Oy , L_1 - координата по Ox в которую



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
5 из 8

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!

Окажется 1 осколком, когда упадет на землю,
т.к. он упадет на землю по координате Oy - пройдет
расстояние H - против Oy и окажется в координате
- уровень земли

$$\Rightarrow \frac{gT_1^2}{2} + v_0 \sin \alpha T_1 - H = 0$$

$$D = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH \quad \text{отриц. корни не имеет смысла}$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{-v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$\Rightarrow L_1 = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha - v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

~~тоже~~ аналогично для 2, пусть он па-
дет на землю через T_2

$$\Rightarrow L_2 = v_0 \cos \alpha T_2 \quad \begin{array}{l} v_0 \cos \alpha \text{ и } v_0 \sin \alpha - \text{проекция} \\ v_0 - \text{на } O_x \text{ и } O_y, \end{array}$$

$$H + v_0 \sin \alpha T_2 - \frac{gT_2^2}{2} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{gT_2^2}{2} - v_0 \sin \alpha T_2 - H = 0$$

$$D = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH \quad \text{отриц. корни не имеет физ. смысла}$$

$$T_2 = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$\Rightarrow L_2 = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha + v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$



1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
6 ИЗ 8

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!

L - разность координат L_2 и $L_1 \Rightarrow$

$$L_2 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha \cos \alpha - v_0^2 \sin^2 \alpha \cos \alpha + 2 v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2 g H}}{g}$$

$$L = \frac{2 v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2 g H}}{g}$$

, найдем, что L^2 и L максимальны

$$L^2(\alpha) = \frac{4 v_0^2 \cos^2 \alpha \cdot v_0^2 \sin^2 \alpha + 8 g H \cdot \cos \alpha \cdot v_0^2}{g^2}$$

при одинаковых v_0^2 и $g H$

Возьмем производную этой функции $\Rightarrow$

$$L^2 - \max \text{ при } L^{2'}(\alpha) = 0$$

$$\begin{aligned} (v_0^2 \sin^2 \alpha)' &= (2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha)' = 2 ((\sin \alpha)' \cos \alpha + \sin \alpha (\cos \alpha)') = \\ &= 2 (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) = 2 \cos 2\alpha \end{aligned}$$

это потребуется для нахождения производной

$$L^{2'}(\alpha) = \frac{v_0^4 (v_0^2 \sin^2 \alpha)' + 8 g H \cdot (\cos^2 \alpha)'}{g^2}$$

$(\cos^2 \alpha)' = -\sin 2\alpha$

$$= \frac{v_0^4 (\sin 2\alpha \cdot (\sin 2\alpha)' + \sin 2\alpha \cdot (\sin 2\alpha)') + 8 g H v_0^2 (2 \cos 2\alpha \cdot (\cos 2\alpha)')}{g^2}$$

$$= \frac{v_0^4 \cdot 4 \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos 2\alpha - 8 g H v_0^2 \sin 2\alpha}{g^2} = 0$$



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
8 ИЗ 8

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!

$$\Rightarrow L_{\max} = 4 \cancel{\text{мкс}} \cdot \sqrt{9905} \cdot \sqrt{368 \text{ м}^2/\text{с}^2} =$$

$$= 4 \cancel{\text{мкс}} \cdot \sqrt{\frac{1,81}{2} \cdot 181 \cdot 2 \text{ м}^2/\text{с}^2} = 4 \cdot 18,1 \text{ м} = 72,4 \text{ м}$$

2. Ответ: $L_{\max} = 72,4 \text{ м}$ — максимальное расстояние между основаниями носов пазов

Ответ: 1. $H = 16,2 \text{ м}$ 2. $L_{\max} = 72,4 \text{ м}$



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.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
7 из 8

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!

$$\Rightarrow \frac{v_0^2 \cos 2\alpha - 2gH}{g^2} = 0$$

$$v_0^2 \cos 2\alpha - 2gH = 0$$

$$\cos 2\alpha = \frac{2gH}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 16,2 \text{ м}}{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{16,2 \text{ м}}{20 \text{ м}} = 0,81$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 2\cos^2 \alpha - 1 - 2\sin^2 \alpha$$

$$\Rightarrow 2\sin^2 \alpha = 1 - 0,81$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{0,19}{2} = 0,095$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{0,905}$$

$$\Rightarrow L_{\max} = \frac{2 \cdot v_0 \cdot \sqrt{0,905} \cdot \sqrt{v_0^2 \cdot 0,095 + 2gH}}{g}$$

$$L_{\max} = 4 \cdot \sqrt{0,905} \cdot \sqrt{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 0,095 + 324 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}$$

$$L_{\max} = 4 \cdot \sqrt{0,905} \cdot \sqrt{38 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 324 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} =$$

$$L_{\max} = 4 \cdot \sqrt{0,905} \cdot \sqrt{362} = 4 \cdot \sqrt{10^4 \cdot 905 \cdot 704} \cdot 10^{-2} \text{ м} \approx 4 \cdot 15 \cdot 64 \cdot 10^{-2} \text{ м} \approx 6 \cdot 64 \cdot 10^{-1} \text{ м}$$

$$905 = 5 \cdot 201 = 5 \cdot 3 \cdot 67$$

$$704 = 2 \cdot 352 = 2^2 \cdot 176 = 2^3 \cdot 88 = 2^6 \cdot 11$$

$$\sqrt{67 \cdot 64} \approx 64 \quad \sqrt{15 \cdot 11} \approx 15$$

$$\approx (360 + 24) \cdot 10^{-1} \text{ м} \approx$$

$$\approx 38,4 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } L_{\max} = 4 \cdot \sqrt{905 \cdot 704} \cdot 10^{-2} \text{ м} \approx 38,4 \text{ м}$$



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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 4

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!

Дано:

$$m = 90 \text{ г} = 0,09 \text{ кг}$$

$$l, L = 1,6l$$

начала вращаться ~~с некоторым~~ ε - угловым ускорением

~~с некоторым~~ ε - угловым ускорением

Эта задача эквивалентна следующей

Нужно найти ε для

шарика $3m$, который закреплён

на стержне в точке $с.м.$

для системы из предыдущей задачи

а она в свою очередь эквивалентна

простому математическому маятнику

заметьте, что в каждой из этих

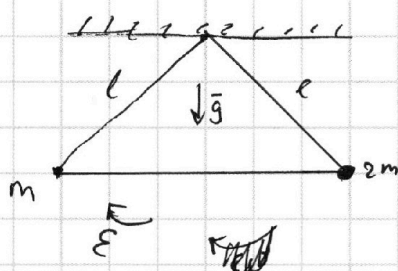
задач для каждой точки ε - одинаковы

Заметьте, что в начальный момент времени

скорости всех точек равны нулю $\Rightarrow$ убо

бая скорость тоже $\Rightarrow$ центростремительного

ускорения нет $\Rightarrow$ В начальный момент



Решение:

Сразу после того, как систему

отпустили она

Эта задача эквивалентна следующей

Нужно найти ε для

шарика $3m$, который закреплён

на стержне в точке $с.м.$

для системы из предыдущей задачи

а она в свою очередь эквивалентна

простому математическому маятнику

заметьте, что в каждой из этих

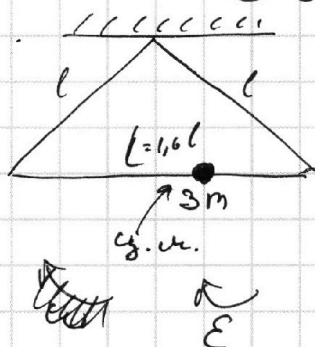
задач для каждой точки ε - одинаковы

Заметьте, что в начальный момент времени

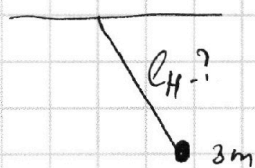
скорости всех точек равны нулю $\Rightarrow$ убо

бая скорость тоже $\Rightarrow$ центростремительного

ускорения нет $\Rightarrow$ В начальный момент



эквивалентна





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 ☐

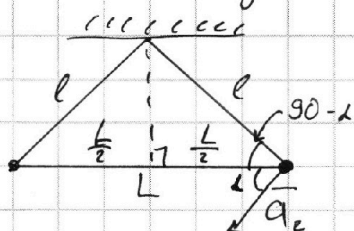
СТРАНИЦА

2 ИЗ 4

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!

Сразу ответить на первый вопрос в задаче, для каждой точки есть только

наибольшее ускорение $\Rightarrow$



это для 2m оно направлено перпендикулярно нити, т.е.

это радиус-вектор от оси вращения до точки 2m

Треугольник равнобедренный, поэтому

высота - это еще и медиана $\Rightarrow \cos(90-\alpha) = \frac{L/2}{l}$

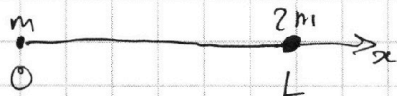
$$\Rightarrow \cos(90-\alpha) = \frac{L/2}{l} = \frac{1,6l}{2l} = 0,8$$

$$\cos(90-\alpha) = \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = 0,8$$

1. Ответ: $\sin \alpha = 0,8$

Теперь найдем ε : Найдем координату

центра масс



$$x_{ц.м.} = \frac{m \cdot 0 + 2m \cdot L}{3m} =$$

$$= \frac{2}{3}L = 0,67L$$

$\Rightarrow$ расстояние до центра масс 2m

$$L - \frac{2}{3}L = \frac{L}{3}$$



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
☐

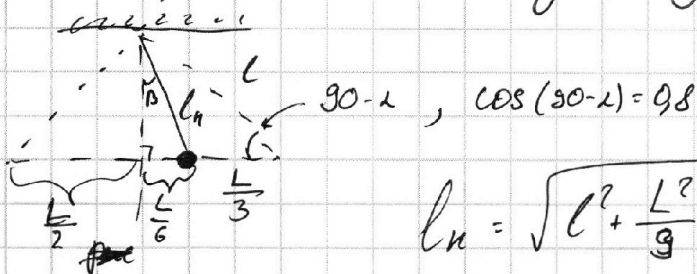
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
3 из 4

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!

Теперь найдем длину "нити"



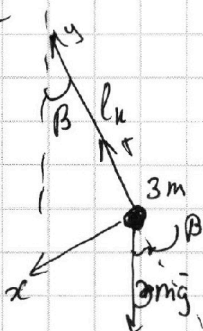
$$L_n = \sqrt{L^2 + \frac{L^2}{9} - 2 \cdot \cos(90-\alpha) \cdot \frac{L}{3}}$$

$$= L \sqrt{1 + \frac{2^8}{9 \cdot 10^2} - \frac{2^4}{10} \cdot \frac{2^1}{10} \cdot \frac{1}{3}} = L \sqrt{1 + \frac{2^8 - 3 \cdot 2^8}{9 \cdot 10^2}}$$

$$= L \sqrt{1 - \frac{2^9}{3^2 \cdot 10^2}} = \frac{L}{30} \sqrt{900 - 512} = \frac{L}{30} \sqrt{388}$$

$$\approx \frac{2}{3} L$$

$\Rightarrow$



Решим $3m\vec{a} = \sum \vec{F}$

$$O_x \quad 3ma_r = 3mg \cdot \sin \beta$$

$$a_r = g \cdot \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{\frac{L}{6}}{L_n} \approx \frac{\frac{16}{6} L}{\frac{2}{3} L} \approx \frac{16}{4} \approx$$

$$\approx 0.4$$

$$a_r \approx g \cdot \sin \beta$$

$$\Rightarrow E \cdot a_r = L_n \cdot E \Rightarrow E = \frac{a_r}{L_n} = \frac{g \cdot \sin \beta}{L_n}$$

$$\approx \frac{9 \cdot \frac{16}{6} L}{\frac{2}{3} L} \approx \frac{9 \cdot 16}{2} = 72$$

$$E \approx \frac{0.4g}{\frac{2}{3} L} = \frac{0.6g}{L}$$

$$\Rightarrow \text{ускорение } \vec{a} \text{ для } 2m : |\vec{a}| = L \cdot E \approx \frac{0.6g}{L} \cdot L = 0.6g$$



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.

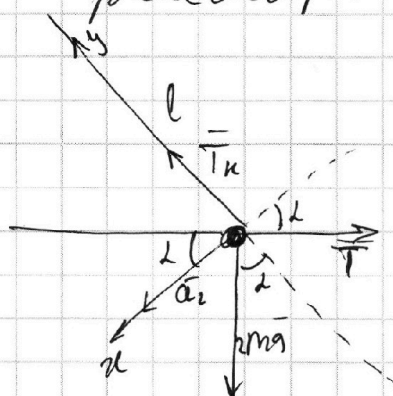
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
4 из 4

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. Ответ: $|\bar{a}_2| \approx 0,69$

Для света на свету вокруг
рассмотрим второй шарик



Чтобы найти T рассмотрим
в замке Ньютона в крест
на Ox , так по Oy шар
не движется $\Rightarrow$

$$Ox: ma_2 = 2mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6$$

~~а2~~

$$T \cdot \cos \alpha = 2m(g \sin \alpha - a_2)$$

$$T = \frac{2m \cdot (g \sin \alpha - a_2)}{\cos \alpha} =$$

$$= \frac{2 \cdot 0,09 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,8 - 0,6)}{0,6} = \frac{2 \cdot 0,09 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{3} =$$

$$= 0,6 \text{ Н}$$

3. Ответ: $T \approx 0,6 \text{ Н}$

~~а2~~

Свет 1. $\sin \alpha = 0,8$ 2. $|\bar{a}_2| \approx 0,69$ 3. $T \approx 0,6 \text{ Н}$



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 3

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!

Дано:

$$\lambda = 5 \text{ нм} \quad M = 400 \text{ кг}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

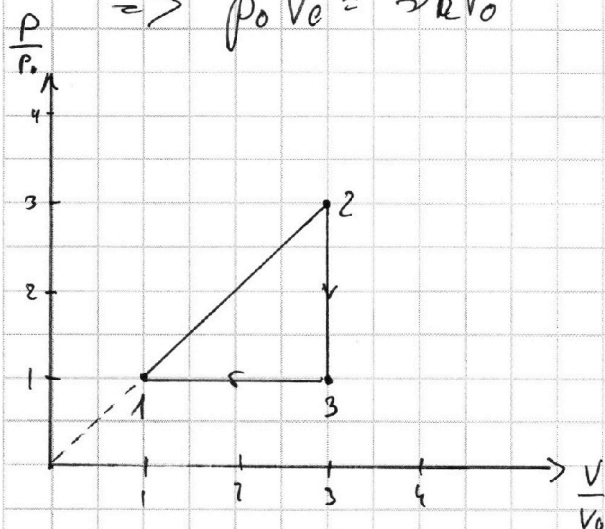
$$\frac{C}{R} \left(\frac{J}{K} \right)$$

$$T_0 = 300 \text{ K}$$

$$i = 3 \quad R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

, а процесс 2-3 изохорный

$$\Rightarrow p_0 V_0 = 2 R T_0$$



для всех параметров процессов

$$p V^n = \text{const}, \text{ где } n = \frac{C_p - C}{C_v - C}$$

$$\Rightarrow \text{для процесса 1-2 } C = 2R$$

$$\Rightarrow n = \frac{2,5R - 2R}{1,5R - 2R} = \frac{0,5}{-0,5} = -1$$

$$\Rightarrow p V^{-1} = k \Rightarrow p = k V - \text{прям. пропорц.}$$

Решение:

т.к. газ одноатомный

$$\text{то } C_p = \frac{5}{2} R$$

$$C_v = \frac{3}{2} R$$

$\Rightarrow$ процесс 3-1 - изобарный

в процессе 3-1 он сжимается

при постоянном p_0

$$\Rightarrow p_0 V = 2 R \cdot 3 T_0$$

$$\Rightarrow V = 3 V_0$$

в процессе 2-3 он

сжимается при $V = 3 V_0 - \text{const}$

$$p \cdot 3 V_0 = 2 R \cdot 3 T_0$$

$$p = 3 p_0$$



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

2 ИЗ 3

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!

Теперь мы имеем полное право
соединить 1 и 2 - прямой, которая к
тому же выходит из нашей
шариковой

1. Совет: см. график на стр. 1

Работа A_1 - площадь под графиком
его шариковой

$$A_1 = \frac{(3p_0 - p_0)(3V_0 - V_0)}{2} = 2p_0V_0 = 2\gamma RT_0 =$$

$$= 2 \cdot 5 \text{ лат} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = 30 \cdot 831 \text{ Дж} =$$

$$= 24930 \text{ Дж}$$

2. Совет: $A_1 = 24930 \text{ Дж}$

$\Rightarrow$ Для полезной работы подвиги
преобразуется $\eta = 0,5$ - от работы газа

$\Rightarrow$ вся полезная работа ^{на} ~~за 20 циклов~~, которая
пошла на подвиг $A_n = N \cdot A_1 \cdot \eta$

С другой стороны $A_n = Mg \cdot H = \Delta E_n$ - измен.
пот. энергии груза при медленном перемещении



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
3 ИЗ 3

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!

$$\Rightarrow M g H = N \cdot A_1 \cdot \eta$$

$$\Rightarrow H = \frac{N \cdot A_1 \cdot \eta}{M g} = \frac{20 \cdot 24930 \text{ Дж} \cdot 0,5}{400 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} =$$

$$= \frac{24930 \text{ Дж}}{400 \text{ Н}} = 62,325 \text{ м}$$

3. Ответ: ~~62,325 м~~
 $H = 62,325 \text{ м}$

— на такую высоту ^{можно} ^{коротко}
прыгнет машина за $N=20$ циклов

$$\begin{array}{r} 24930/4 \\ - 24 \\ \hline - 09 \\ \hline 8 \\ - 8 \\ \hline 0 \\ - 12 \\ \hline 10 \\ - 10 \\ \hline 0 \\ - 20 \\ \hline 20 \\ - 20 \\ \hline 0 \end{array}$$

Ответ: 1. См. график на стр. 1 2. $A_1 = 24930 \text{ Дж}$

3. $H = 62,325 \text{ м}$



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!

Дано:

Q, R, m, q

$E = K$

$v_0 = ?$

шар расстыл от точки O

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

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

По ЗСЭ: $q \cdot \varphi + \frac{mv^2}{2} = K$, где

φ - потенциал частицы в точке O

$\varphi(r) = E \cdot r$, где r - расстояние от Q
точки с зарядом Q - зарядом Земли
полюсфере Q

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R} \Rightarrow \varphi(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

Решение:

Каждый шарик

частица на боль-

шар



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!

$$T = \sqrt{\frac{24}{9}} = \sqrt{3,24} = 1,8$$

$$S = 2 \cdot 20 \cdot 1,8 = 72$$

$$362 = 2 \cdot 181$$

$$0,905 = \frac{181}{2}$$



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!

