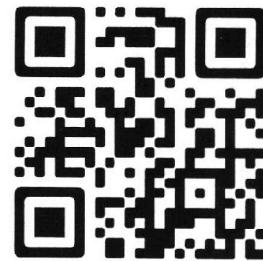




# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 10-04



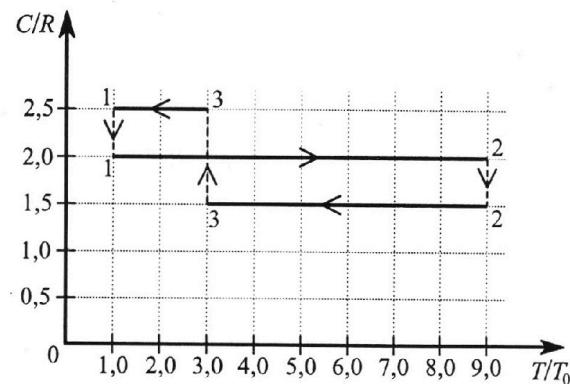
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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

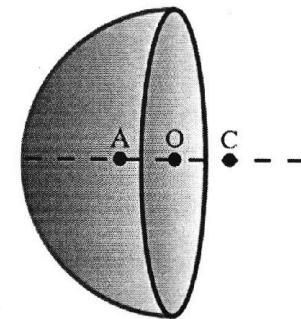
1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу  $A_1$  газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту  $H$  подъемник медленно переместит груз массой  $M = 400\text{ кг}$  за  $N = 20$  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 кинетическая энергия частицы равна  $K$ .



1. Найдите скорость  $V_O$  частицы в точке О. Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . 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.



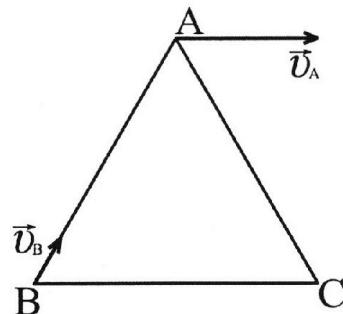
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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  $\tau$  пластина в системе центра масс совершил 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.

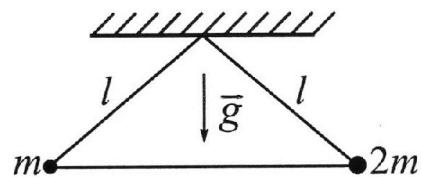
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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/с<sup>2</sup>. 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. Шарики скреплены с легким стержнем длины  $L = 1,6l$ . Системудерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>.

3. Найдите модуль  $T$  упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



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

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

N1

Найдем линейческий центр вращения для чего все  $\vec{v} \perp \vec{R}$ .

Мы получаем  $\vec{\omega}$  also

$$\Rightarrow \angle BAO = 30^\circ = 60^\circ + 60^\circ - 90^\circ; v_B = \frac{v_A}{\sin(60^\circ)}$$

$$\Rightarrow y = \frac{a}{\sin(60^\circ)} = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$

$$x = \frac{a}{\cos(60^\circ)} = \frac{a}{\frac{1}{2}}; \omega = \frac{v_A}{y} = \frac{v_B}{x} \Rightarrow v_A = v_B \cdot \frac{y}{x} =$$

при переходе бл. о. центра масс  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \omega = \text{const} \Rightarrow \omega_{\text{грун}} = \frac{v_B}{x} = \frac{0,4}{0,4} \sqrt{3} = \sqrt{3} \frac{1}{c};$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} c$$

Поскольку  $m \ll M \Rightarrow$  скорости не изменяются

$$\Rightarrow \sum \vec{F} = \vec{R} = m \vec{a}_g = m \sum \vec{a}; \sum \vec{a} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}; \text{ но}$$

$\vec{v} \perp \vec{R}$  о.н. можно  $\Rightarrow r = \text{const}; \omega = \text{const}$ ,

$$\text{тогда } \frac{\vec{R}}{m} = \vec{a}_M \rightarrow 0 \Rightarrow \omega = \text{const} \Rightarrow v = \omega^2 r = \text{const}$$

$$\Rightarrow a_T = 0 \Rightarrow \vec{R} = m \cdot \vec{a}_M = m \cdot \omega^2 \cdot r_c; \text{ Из сим.}$$

$$r_B = r_c \Rightarrow R = m \omega^2 r_B = 120 (\sqrt{3})^2 \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} = 120 \sqrt{3} a = \\ = 48 \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н.}$$



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**.

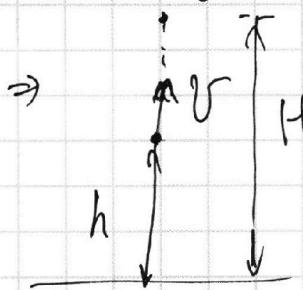
- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 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!

1/2

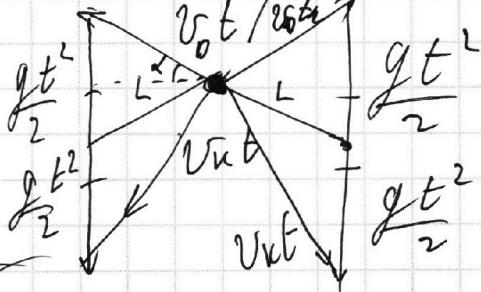
Так как спасение человека человеческое  
=> наше негативное генетическое наследство.



$$H-h = l = \frac{v^2}{2g} = 3,6 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = l + h = 142 + 8 = 150 \text{ m}$$

Рассмотрим  $\text{MVC}$  паттерн:



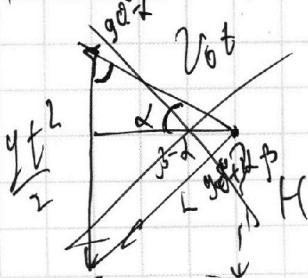
Sammler, und man kann sich eigentlich

$\Rightarrow$  Käytävän ja sydämen molek.  $\Rightarrow v_0 = v_1; t_0 = t_1$

$V_{k_0} = V_{k_1} \Rightarrow$  myśleć m.in. l, m.in. wiele

$H = \text{const}$ , а при  $\Delta m \ll L$ , можно забыть

max. auf  $\Omega$   $\Rightarrow$  max. Sache  $L_{\max} = 2\sqrt{L^2 - k^2}$



$$\frac{gt^2}{2} = H + V_0 t \sin(\alpha) ; L^2 = H^2 + V_0^2 t^2 \cos^2(\alpha)$$

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  
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!

N3

Заметим что  $V_H = 0 \Rightarrow \alpha_n = 0 = \frac{v^2}{\ell}$

$$= \frac{v^2}{\ell} \Rightarrow \sum F = m \vec{a}_n. \text{ Так же}$$

Изменение скорости

$$\Rightarrow \text{одна из точек движется по окр. } R = l \text{ и так как}$$

$$L = \text{const} \Rightarrow \omega = \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_2 = 90^\circ - \delta_2 = 90^\circ - \ell, \text{ так как } \vec{a}_2 \perp \vec{\ell},$$

таким образом изменение по окр.  $\Rightarrow \sin \alpha =$

$$= \cos \delta = \frac{\sqrt{R^2 - 0.8^2 l^2}}{l} = 0.6.$$

$T_1 \perp \alpha_2$  (искл. орт.  $T_2 \perp \alpha_1$ )  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow 2m \alpha_2 = 2mg - T_{\text{окр. 2}}, \text{ заменим, что } \alpha_2 = \frac{\sin(\delta)}{l}$$

$m \alpha_1 = T \cos(\delta) - mg \sin(\delta) \Rightarrow \alpha_1 = \alpha, \text{ так как}$

$$\omega = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{\ell} = \frac{V_2}{\ell} = \omega = \frac{\alpha_1 \delta t}{\ell} = \frac{\alpha_2 \delta t}{\ell}$$

(б) для каждого момента времени  $\Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{1.2mg - 0.8T}{2m} = \frac{0.8T - 0.6mg}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0.6g - 0.4 \frac{T}{m} = 0.8 \frac{T}{m} - 0.6g \Rightarrow 1.2g = 1.2 \frac{T}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = mg; \Rightarrow \alpha_2 = \frac{1.2mg - 0.8mg}{2m} = 0.2g = 2 \frac{m}{\ell^2}; T = 0.9N$$

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.





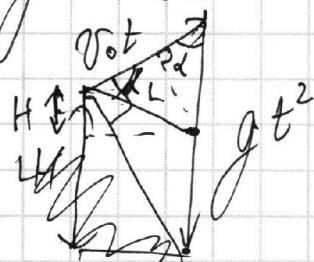



СТРАНИЦА  
2 из 2

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!

N2

Для  $L \rightarrow L_{\max}$  нужно чтобы  $V_0 \perp V_k$ , так как так тогда  $\int_D \rightarrow S_{\max} \Rightarrow H \rightarrow H_{\max} \Rightarrow L = kH \Rightarrow L_{\max}$



$$L = \frac{gt^2}{2}, \text{ как медиана}$$

$$\Rightarrow \frac{V_0 t}{gt^2} = \cos(\alpha) \Rightarrow \frac{2}{gt^2} = \cos(\alpha)$$

$$\frac{gt^2}{2} - V_0 t \cos(\alpha) = H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_0}{gt} = \cos(\alpha). \quad u$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{gt^2}{2} - V_0 t \cos(\alpha) = H \\ V_0 = gt \cos(\alpha) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{gt^2}{2} - gt^2 \cos^2(\alpha) = H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos(\alpha) = \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{H}{gt^2}}; \quad \cos(\alpha) = \frac{V_0}{gt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_0^2}{gt^2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{H}{gt^2} = \frac{1}{t^2} \left( \frac{V_0^2}{g^2} - \frac{H}{g} \right) = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \sqrt{2} \left( \frac{V_0^2}{g^2} - \frac{H}{g} \right) = \sqrt{2} \left( 4 - \frac{178}{16} \right) =$$

$$= \cancel{8 \cdot 2 \cdot 22} = 8 \cdot 1,12 \times; \quad H \Rightarrow V_0 t \sin(\alpha) = \sqrt{L^2 - H^2} =$$

$$= V_0 t \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{H^2}{V_0^2}} = 20 \cdot 2 \sqrt{12} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{178}{400}}; \quad t = \sqrt{2 \cdot 34} = 2\sqrt{17}$$

$$\Rightarrow \sqrt{L^2 - H^2} = V_0 t \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{H^2}{V_0^2}} = 20 \cdot 2 \sqrt{12} \cdot \sqrt{0,5 + \frac{178}{400}} = 40 \sqrt{5 \cdot 17}$$

$$= 40 \mu \Rightarrow L_{\max} = 80 \text{ м}$$

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 type="checkbox"/> 3 | <input checked="" 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!

N4

$$i=3 \Rightarrow \frac{C}{R} = 2,5 \Rightarrow \frac{C}{R} = \frac{l+2}{2} \Rightarrow \text{это изобары;}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{l+1}{2} = 2 \Rightarrow \frac{C \Delta Q}{T \Delta T} = \frac{A + \frac{1}{2} R \Delta T}{T \Delta T} = \frac{\int p dV}{T \Delta T} + \frac{1}{2} R \Delta T = \frac{1}{2} R + \frac{l}{2} R$$

$$\frac{C}{R} = \frac{l}{2} = 1,5 \Rightarrow \text{это изотеп.}$$

$$\Rightarrow \frac{\int p dV}{T \Delta T} = \frac{R}{2}; \text{ рассмотрим малое}$$

$$\cancel{N} \Rightarrow \frac{pdV}{dT} = \frac{R}{2}; \quad \left\{ \begin{array}{l} pDV = T \Delta T \\ p(V+dV) = T(1+\Delta T) \end{array} \right. \Rightarrow RdT = pdV - Vdp$$

$$\Rightarrow T \Delta T = \frac{pdV}{2} = pdV - Vdp \Rightarrow \frac{pdV}{2} = Vdp \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dV}{2V} = \frac{dp}{p} \Rightarrow \frac{1}{2} \ln V = \ln p \Rightarrow V \cdot e^{\frac{1}{2}} = p \Rightarrow$$

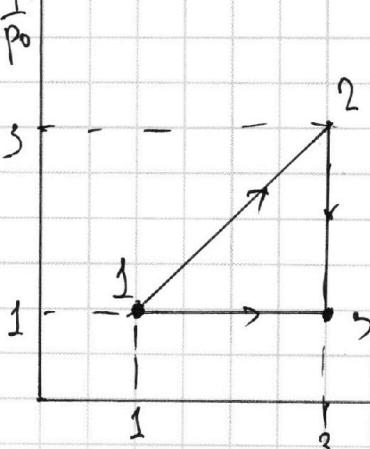
Изначально у нас есть некие начальные изобары, помните

$$V_0 = T_0 R; \quad V_0 = 2R T_0;$$

$$V \propto p \Rightarrow V = 3V_0; \quad p = 3p_0$$

$$A = 2p_0 V_0 = 2R T_0 =$$

$$= 2 \cdot 5 \cdot 300 \cdot 831 = 3000,83 \text{ кг}$$



$$= 24000 + 9000 + 30 = 24930 \text{ дж.}$$



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 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!

№4

$$A \cdot N \cdot \mu = MgH \Rightarrow H = \frac{A \cdot N \cdot \mu}{Mg}; \mu = \frac{1}{2} \text{ коэффиц.}$$
$$\Rightarrow H = \frac{\mu N}{2Mg} = \frac{24930 \cdot 20}{2 \cdot 400 \cdot 10} = \frac{24930}{400} = \frac{2493}{40} = \frac{249,3}{4} =$$
$$= 62,325 \text{ м} \cancel{\text{м}}$$

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

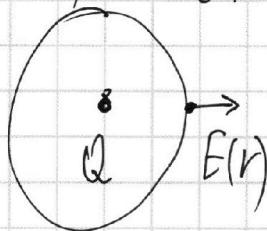
СТРАНИЦА  
1 из 1

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!

N5

$\psi_0 = \frac{1}{2} \psi_0'$ ;  $0'$  - центр тяжести сферы, это  
правда, так как при помещение точки в  
центре сферы потенциал, приведенный через середину  
половин сферы  $\Rightarrow F_1 = F_2 \Rightarrow d\psi = f dx \Rightarrow \psi_0 = \frac{\psi_0'}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \psi_0 = \frac{1}{2} \psi_0' = \frac{1}{2} \int_R^{\infty} E(r) dr = \int_{R/2}^{\infty} \frac{kQ}{r^2} dr$$



$$\psi_0 = \frac{1}{2} \int_R^{\infty} \frac{kQ}{r^2} dr = \frac{1}{2} \frac{kQ}{R} = \frac{kQ}{2R};$$

Запишем ЗСД:  $\psi_A = \psi_0 + E_K$ ; ~~так как~~  $E_K = \psi_A$ ; ~~так как~~  
так как  $\psi_\infty = 0 \Rightarrow E_{K0} = E_K - \psi_0 = E_K - \frac{kQ}{2R} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2}{m} \left( E_K - \frac{kQ}{2R} \right)}$ ; Заметим, что при  
добавление к движущемуся вспомогательной второй  
точкой тяжести  $\Rightarrow$  симметрия тяжести  
A и C, MD симметрия  $\Rightarrow \psi_A - \psi_0 = \psi_0 - \psi_C \Rightarrow$

$$\Rightarrow \psi_C = 2\psi_0 - \psi_A; \psi_C + E_{KC} = \psi_A = 2\psi_0 - \psi_A + E_{KC} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{KC} = 2(\psi_A - \psi_0) = \frac{mv_C^2}{2} \Rightarrow v_C = \sqrt{\frac{4}{m} \left( E_K - \frac{kQ}{2R} \right)}$$



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!



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!