



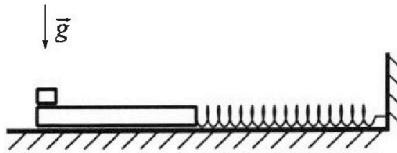
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-04



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

1. Длинную доску массой  $M = 4$  кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брускок массой  $m = 1$  кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью  $k = 100$  Н/м, прикреплённая к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,4$ . Доску отпускают, она начинает движение, а брускок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первого раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

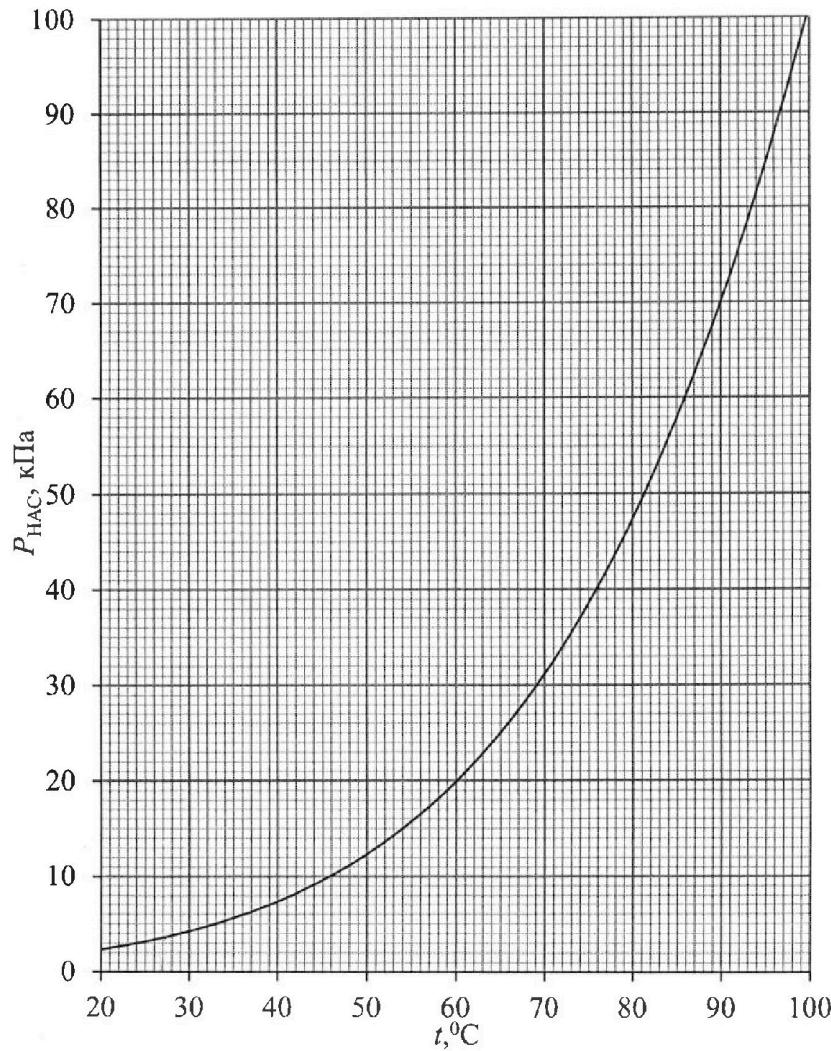


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре  $t_0 = 27$  °C и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры  $t = 90$  °C. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру  $t^*$ , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность  $\phi$  в конце нагревания.

Объёмом жидкости по сравнению с об ёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





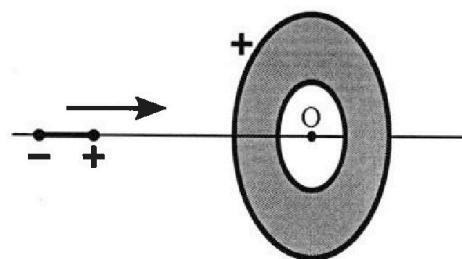
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



## Вариант 11-04

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

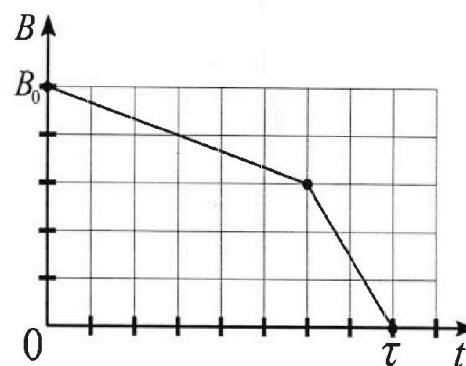
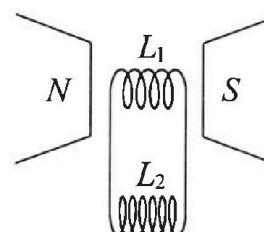
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна  $V_0$ . Заряды диполя уменьшают по модулю в 3 раза и сообщают диполю начальную скорость  $V_0$ .



1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

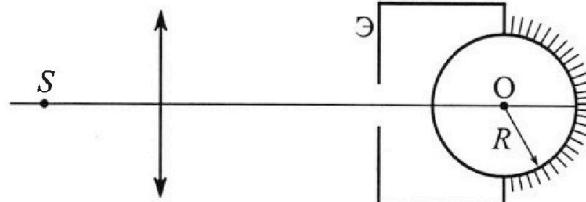
4. Катушка индуктивностью  $L_1 = 5L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 8L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



1) Найти ток  $I_0$  через катушку  $L_2$  в конце выключения внешнего поля.

2) Найти заряд, протекший через катушку  $L_2$  за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр  $O$  прозрачного шара радиуса  $R$  и точечный источник  $S$ , удалённый от линзы на расстояние  $a = 4,5R$  (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран  $\mathcal{E}$  с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно  $b = 8R$ , то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



1) Найти фокусное расстояние линзы  $F$ .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на  $\Delta = 3R$ , изображение источника снова совпало с самим источником.

2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран  $\mathcal{E}$  обеспечивает малость углов  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



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.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
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!

Движение доски до момента, когда сила  $\approx 0$  является гармоническими колебаниями, т.к.  $M\ddot{x} + kx + \mu mg = 0$ .

$$\text{Тогда } \omega = \sqrt{\frac{k}{M}}, x(t) = X_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$V(t) = \omega X_{\max} \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V(0) = 0 \Rightarrow \omega t + \varphi = \frac{\pi}{2} + 2\pi k$$

~~$$\text{тогда } a(t) = -\omega^2 X_{\max} \sin(\omega t + \varphi) > 0 \Rightarrow \sin(\omega t + \varphi) < 0 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$$~~

$$\Rightarrow a(t) = -\omega^2 X_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$a(0) > 0 \Rightarrow \sin \varphi < 0 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

$$\text{Тогда } x(t) = X_{\max} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -X_{\max} \cos \omega t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V(t) = \omega X_{\max} \sin \omega t$$

Заметим, что  $X_{\max} = \Delta l_0 - \Delta x$ , т.к. положение равновесия у таких колебаний при  $a_2 \approx 0$ , т.е. бт  $\Delta x$ .

Пусть  $T$ -момент, когда сила  $\approx 0$ .

$$\text{Тогда } x(T) = \Delta l - \Delta x = \frac{1}{2}(\Delta l_0 - \Delta x) = X_{\max} \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \sin(\omega T) = -\frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \sin(\omega T) = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow V(T) = \sqrt{\frac{k}{M}} \cdot (\Delta l_0 - \Delta x) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3} \mu M g \cdot 2}{2 \sqrt{M k}} = \sqrt{\frac{3M}{k}} \mu g$$

$$\text{Отсюда: } \Delta l = \frac{\mu g (14 \text{ см})}{k} = 0,2 \mu; \alpha_{20} = 8 \mu/\text{с}^2; V = \sqrt{\frac{3M}{k}} \mu g = 0,8 \cdot \sqrt{3} \approx 1,4 \mu \text{л.}$$

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.

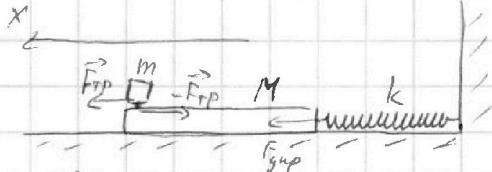
- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

СТРАНИЦА  
1 из 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!

### Задача 1

Пусть  $a_1$  и  $a_2$  - ускорения бруска и доски. Тогда  $ma_1 = \vec{F}_{\text{тр}}$ ;  $Ma_2 = \vec{F}_{\text{упр}} - \vec{F}_{\text{тр}}$



Направим ось по направлению движения и скроем формулы:  
 $ma_1 = F_{\text{тр}} = \mu mg$

$$Ma_2 = F_{\text{упр}} - F_{\text{тр}} = k\alpha l - \mu mg, \text{ где } \alpha l - \text{ сжатие пружины.}$$

В момент, когда  $\dot{\alpha}_{\text{упр}} = 0$ ,  $a_1 = a_2$ , то есть:

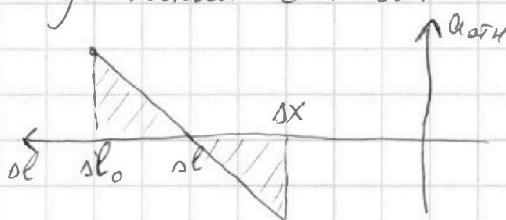
$$\{ ma_1 = \mu mg \Rightarrow a_1 = \mu g$$

$$\{ Ma_2 = k\alpha l - \mu mg \Rightarrow k\alpha l = \mu mg + \mu Mg \Rightarrow \alpha l = \frac{\mu g(M+m)}{k}$$

$$\Delta l = \frac{\mu g(M+m)}{k} = \frac{0,4 \cdot 10 \cdot 4,1^2 \cdot (4+1)}{100} = 0,2 \text{ м}$$

$$\text{Сжатие} = a_2 - a_1 = \frac{k\alpha l}{M} - \mu g \frac{m}{M} - \mu g = \frac{k\alpha l}{M} - \mu g \left( \frac{M+m}{M} \right)$$

Заметим, что сжатие линейно от  $\alpha l$ . Тогда момент начала движения будет симметричен моменту 1-го прекращения движения относительно момента, когда сжатие  $= 0$ .



Пусть  $\alpha X$  - сжатие, когда брускок остановился. Тогда  $k\alpha X - \mu mg = 0 \Rightarrow \alpha X = \frac{\mu mg}{k}$

$$\alpha l_0 = 2\Delta l - \alpha X = \frac{\mu g(2M+m)}{k} \Rightarrow a_2 = \frac{k\alpha l_0}{M} - \mu g = 2\mu g$$



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!

Задача 2.

Пусть  $m$  - масса пара при  $t_0 = 27^\circ\text{C}$

Тогда масса воды в этот момент  $M = 7m$ .

В конце вся вода испарилась, т.е.  $m' = M + m = 8m$

$$\frac{m'}{m} = 8$$

Заметим, что при испарении воды пар всегда находится при  $p_{\text{расc}}$ . Запишем ур-е состояния идеального газа для молекул начала процесса и конца испарения.

$$V_{p_{\text{расc}}^0} = \rho_0 R T_0 = \frac{m}{\mu} R T_0 \Rightarrow \frac{m R}{\mu V} = \frac{p_{\text{расc}}^0}{T_0}$$

$$V_{p_{\text{расc}}^*} = \rho_k R T_k = \frac{8m}{\mu} R T_k \Rightarrow \frac{p_{\text{расc}}^*}{T_k} = \frac{8m R}{\mu V} = 8 \frac{p_{\text{расc}}^0}{T_0}$$

$$\text{Из графика видно, что } \frac{p_{\text{расc}}^0}{T_0} \approx \frac{13,5}{300} \text{ kPa/K}$$

$$\text{Тогда } \frac{p_{\text{расc}}^*}{T_k} \approx \frac{108}{300} \frac{\text{kPa}}{\text{K}}. \text{ Этим знаяниям соответствует } t^* = 72^\circ\text{C}$$

$$V_p = \frac{8m}{\mu} R T \Rightarrow p = f \frac{T}{T_0} p_{\text{расc}}^0 \Rightarrow \varphi = \frac{P}{P_{\text{расc}}^0} = \frac{f T p_{\text{расc}}^0}{T_0 p_{\text{расc}}^0} = \frac{f \cdot 363 \text{ K} \cdot 3,5 \text{ kPa}}{300 \text{ K} \cdot 108 \text{ kPa}}$$

$$V_{p_{\text{расc}}^0} = \frac{m}{\mu} R T_0$$

$$\varphi \approx 0,48$$

$$\text{Ответ: } \frac{m'}{m} = 8; \quad t^* \approx 72^\circ\text{C}; \quad \varphi \approx 48\%$$

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

Задача 3.

Пусть точки А и В - резерват



маленьких шариков, причем шарик А

заряжен положительно. Пусть  $\vec{F}_A$  и  $\vec{F}_B$  - силы, действ. на соответствующие шарики. Заметим, что  $\vec{F}_B$  всегда направлена в сторону диска, а  $\vec{F}_A$  от него. Значит, до прохожд.

шарик А центра О диска будет замедляться ( $|F_A| > |F_B|$ , т.к.  $|AO| < |BO|$ ), после прохождения и до встречи с В и. О

ускоряться, а потом вновь замедляться. Изобразим эти 2 положения диска в положениях 1 и 2. Заметим, что чтобы шарик пролегел диск нужно, чтобы в положении 1 шарик оказался. Тогда  $E_k = E_{n_1} + E_{k_1}$ , где  $E_k$  - полная энергия системы (она же кинетич. энергия на бесконечности), а  $E_{n_1}$  и

$E_{k_1}$  - потенц. и кинетич. энергия в полож 1. Так как  $v_0$  - минимальная скорость,  $E_{k_1} = 0 \Rightarrow E_{k_0} = E_{n_1}$ . Заметим, что

$E_n$  зависит только от расстояния и заряда  $\Rightarrow E_{n_1} = -E_{n_2}$ , так как силуэты симметричны с точностью до знака

зарядов. После уменьш. модулей зарядов  $E_n$  скажется в 3 раза.



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

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

СТРАНИЦА  
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!

$$\text{Значит, } E_{n_1}' = \frac{1}{3} E_{h_1} = \frac{1}{3} E_{k_0} \Rightarrow E_{k_1}' = \frac{2}{3} E_{k_0} \Rightarrow V_1' = \sqrt{\frac{2}{3}} V_0$$

$$E_{k_2}' + E_{h_2}' = E_{k_0} \Rightarrow E_{k_2}' = E_{k_0} - E_{h_2}' = E_{k_0} - E_{k_0}' = \frac{4}{3} E_{k_0} \Rightarrow V_2' = \sqrt{\frac{4}{3}} V_0$$

Пусть положение 3 - момент, когда центр диска остановился.

Перемещ. 1-3 это эквивалентно перемещ. 3-2-3 с той же скоростью

до смены направлений и значков зарядов. Значит,  $\Delta V_{13} = \Delta V_{32}$

$$\text{Тогда } V_3' = \frac{V_1' + V_3'}{2}, \text{ где } V_3' - \text{ искомая скорость.}$$

$$V_3' = \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{2}{3}} + \sqrt{\frac{4}{3}} \right) V_0 = \left( \frac{1}{\sqrt{6}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \right) V_0 = \frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{6}} V_0$$

Как уже было сказано, до момож. 1 и после момож. 2 диск будет замедляться, а на участке 1-2 - ускоряться.

$$\text{Тогда } V_{\min}' = V_1'; V_{\max}' = V_2'$$

$$\frac{V_{\max}'}{V_{\min}'} = \frac{V_2'}{V_1'} = \frac{\sqrt{\frac{4}{3}} V_0}{\sqrt{\frac{2}{3}} V_0} = \sqrt{2}$$

$$\text{Ответ: } V_3' = \frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{6}} V_0; \frac{V_{\max}'}{V_{\min}'} = \sqrt{2}$$



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.

- |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 7

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!

## Задача 4.

Из второго закона Кирхгофа следует, что  $nS_1nB - L_1nI - L_2nI = 0$ , где  $nB$ -изменение магнитного поля,  $nI$ -возникший ток.

$$nS_1nB = (L_1 + L_2)nI \Rightarrow |I_2| = \frac{nS_1(B_0 - 0)}{L_1 + L_2} = \frac{nS_1B_0}{13L}$$

$$\Delta I = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \Delta B \Rightarrow I_2(t) = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} (B_0 - B(t))$$

$$\begin{aligned} \varphi &= \int_0^T I_2(t) dt = \int_0^T \frac{nS_1}{L_1 + L_2} (B_0 - B(t)) dt = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \int_0^T (B_0 - B(t)) dt = \\ &= \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \left( B_0 T - \int_0^T B(t) dt \right) = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \left( B_0 T - \left( \frac{1}{2}(B_0 + \frac{3}{5}B_0) \frac{3}{4}T + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{3}{5}B_0 \cdot \frac{1}{4}T \cdot \frac{1}{2} \right) \right) = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \left( B_0 T - \frac{27}{40}B_0 T \right) = \frac{nS_1}{13L} \cdot \frac{13}{40}B_0 T = \frac{nS_1B_0 T}{40L} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } |I_2| = \frac{nS_1B_0}{13L}; \varphi = \frac{nS_1B_0 T}{40L}$$



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  
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!

### Задача 5

Заметим, что если изображение сходится с источником при любой  $n$ , то можно  $n = \infty$  и рисунок показано преломление окружающей среды (воздуха). Тогда на границе шара лучи преломляться не будут.

Пусть  $S_1$  - изображ.  $S$  после линзы, а  $S_2$  - изображение  $S_1$  после зеркала. Тогда  $S$ -изобр.  $S_2$  <sup>после</sup> ~~пред~~ преломления лучей линзы в обратную сторону. Из принципа обратимости лучей следует, что  $S_1 = S_2$ . Преломление шаром не зависит от его  $n \Rightarrow$  лучи не преломились  $\Rightarrow$  они сходились бы в  $O \Rightarrow S_2 = O$

Пусть  $x$  - расстояние от  $S_1$  до зеркала. Тогда по формуле зеркала  $\frac{1}{x} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \Rightarrow x = R \Rightarrow S_1$  находится в  $O$ .

$$\text{Тогда по формуле тонкой линзы } \frac{1}{a} + \frac{1}{b+R} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F = \frac{a(b+R)}{a+b+R} = \frac{4,5R(8R+R)}{4,5R+8R+R} = \frac{4,5 \cdot 9R}{13,5} = 3R$$

Заметим, что экран обеспечивает малость угла лучей, создающих изображение. Значит, все вышеприведенные формулы верны.

По аналогии с пунктом 1, пусть  $S_1$  и  $S_2$  - изобр., полученные до и после отражения лучей от зеркала.



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!

По принципу обратимости, рассмотрение от изображения до зеркала рабоч. Если оно не кувеет, то  $S_1 = O = S_2$ ,  $x' = R$   
но шар не может преломлять лучи в свой центр  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow x' = 0$ .

Из школьного курса известна формула для преломления  
шаром лучей.  $\frac{1}{d} + \frac{n}{f} = \frac{n-1}{R}$ , где  $d, f$  - расстояния  
от предмета и изображения

Линза фокусирует  $S$  на расстоянии  $IR \Rightarrow d = -4R$ , а  $f = 2R$ ,  
т.к. лучи должны упасть на зеркало

$$-\frac{1}{4R} + \frac{n}{2R} = \frac{n-1}{R} \Rightarrow \frac{1}{2}n - \frac{1}{4} = n - 1 \Rightarrow \frac{n}{2} = \frac{3}{4} \Rightarrow n = 1,5$$

Отвр:  $F = 3R$ ;  $n = 1,5$ .

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



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

СТРАНИЦА  
ИЗ

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

$$V_{P_1} = \rho_0 R T$$

$$V_{P_2} = \rho_0 R T$$

$$V_{\text{расе}} = \frac{m}{\mu} R T$$

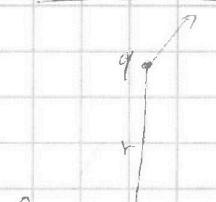
$$V_{\text{расе}} = \frac{8m}{\mu} R T$$

$$\text{импульс} = \frac{k v_0^2}{2} - \frac{k n l^2}{2} + \frac{4}{2} U^2 + \frac{m}{2} (v_0)^2$$

$$\text{импульс} = \frac{k v_0^2}{2} - \frac{k n l^2}{2}$$

$$\frac{60}{350}$$

$$F = \sum \frac{k q_0 Q}{(R^2 + r^2)^{3/2}} \cdot \frac{r}{(r^2 + R^2)^{1/2}} = \frac{k q Q r}{(r^2 + R^2)^{3/2}}$$



$$\int \frac{r dr}{(r^2 + R^2)^{3/2}} = -\frac{1}{\sqrt{r^2 + R^2}} \Big|_{\infty}^0 = 0 + \frac{1}{R} \left( \frac{R}{r} \right)$$

$$\frac{1}{(r^2 + R^2)^{1/2}} = \frac{1}{(r^2 + R^2)^{3/2}} \cdot \left( -\frac{1}{2} \right) \cdot 2r = -\frac{r}{(r^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$\frac{2m U_0^2}{2} = -\frac{k Q q}{\sqrt{d^2 + R^2}} + \frac{k Q q}{R}$$

$$\frac{4}{5} \cdot \frac{3}{4} + \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = \\ = \frac{12}{20} + \frac{3}{40} = \frac{27}{40}$$

$$\frac{2m U_0^3}{2} = \frac{k Q q / 3}{\sqrt{R^2 + d^2}} - \frac{k Q q / 3}{\sqrt{R^2 + d^2}} + \frac{2m U_0^2}{2} \Rightarrow U = U_0$$

$$\frac{28.363}{105} \frac{20.300}{75} \frac{365.750}{300.484} \\ - 630 \\ \frac{27}{300}$$

$$\frac{2m U_0^2}{2} = \frac{k Q q}{3} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{d^2 + R^2}} \right) + \frac{2}{3} \cdot \frac{2m U_0^2}{2}$$

$$\frac{2}{3} U_0^2 = U_{\min}^2$$

$$\frac{4f}{353} = \frac{34}{345}$$

$$\frac{2m U_{\min}^2}{2}$$

$$\frac{4}{3} U_0^2 = U_{\max}^2$$

$$nS_1 \Delta B = L_1 \Delta I + L_2 \Delta I = 0$$

$$nL = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \Delta B \Rightarrow \Delta B = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} (B_f - B_i)$$

$$nS_1 \frac{dB}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$I_2 = \frac{nS_1}{LB} R_0$$

$$-\frac{1}{4R} + \frac{n}{2R} = \frac{n-1}{R}$$

$$q_2 = \int I dt = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} (B_f \Delta t - \int B dt)$$

$$\frac{n}{2} = \frac{3}{4} \Rightarrow n = 1,5 \\ -\frac{1}{4} + h = h - 1$$

$$R_1 \int \frac{\partial R dR}{(r^2 + R^2)^{3/2}} = \beta$$

$$\frac{h}{6R} \neq$$

$$2h = \frac{3}{4} \Rightarrow h = \frac{3}{8}$$



$$\frac{5}{4}h = 2 \quad h = \frac{8}{5} = 1,6$$

$$-\frac{n}{4} + 1 = h - 1$$

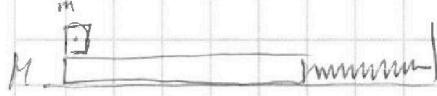


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$ma = \mu mg$$

$$\frac{3 \cdot 4}{100}$$

$$Ma' = kl - \mu mg$$

$$\sqrt{3} \cdot \frac{2}{10} \cdot 10 \cdot 0.4$$

$$kl^2 = \mu mg$$

$$x + \frac{k}{m}x + \mu mg = 0$$

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi) = -A \cos \omega_0 t$$

$$\mu mg = kl - \mu mg$$

$$kl = (M_{\text{em}})_{\text{mg}} \quad l = \frac{(M_{\text{em}})_{\text{mg}}}{k} \quad l = \frac{(M_{\text{em}})_{\text{mg}}}{k} \quad \times \frac{17}{13.6}$$

Колебание

$$a' - a = kl - 2\mu mg$$

$$ma = -\mu mg$$

$$a' - a = kl + 2\mu mg$$

$$ma' = kl + 2\mu mg$$

$$t_1(kl - 2\mu mg) = t_2(kl + 2\mu mg)$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{2}{R}$$

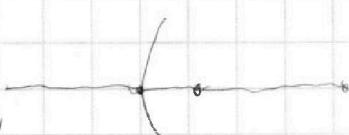
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f_{\text{eff}}} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{10R} + \frac{1}{f'} = \frac{2}{R}$$

$$x = R$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{h}{f} = \frac{n-1}{R}$$



$$E_{k_0} = E_{h_1}$$

$$-\frac{1}{4R} + \frac{n}{R} = \frac{n-1}{R}$$

$$-\frac{1}{4R} - \frac{n}{R} = \frac{n-1}{R}$$

$$E_{h_1} = -E_{h_2}$$

$$\frac{n}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{n-1}{R_1}$$

$$2h = \frac{3}{4}$$

$$E_{k_0} = E_{k_1} + E_{h_2} = E_{k_1} - E_{k_2}$$

$$\frac{n}{d_2} - \frac{1}{f_2} = \frac{n-1}{R_2}$$

$$h = \frac{3}{8}$$

$$E_{k_1} = 2E_k$$

$$\frac{n}{d_1} + \frac{n}{d_2} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$



$$a_{\text{eff}} = a_2 - a_1 = \frac{kl}{14} - \frac{m \cdot 14}{14} \text{ mg}$$

$$kx = \mu mg$$

$$ax =$$