

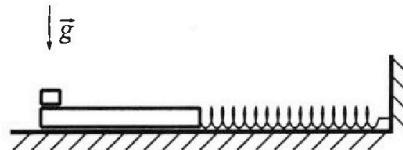


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**
Вариант 11-04



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 жесткостью $k = 100$ Н/м, прикрепленная 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 первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

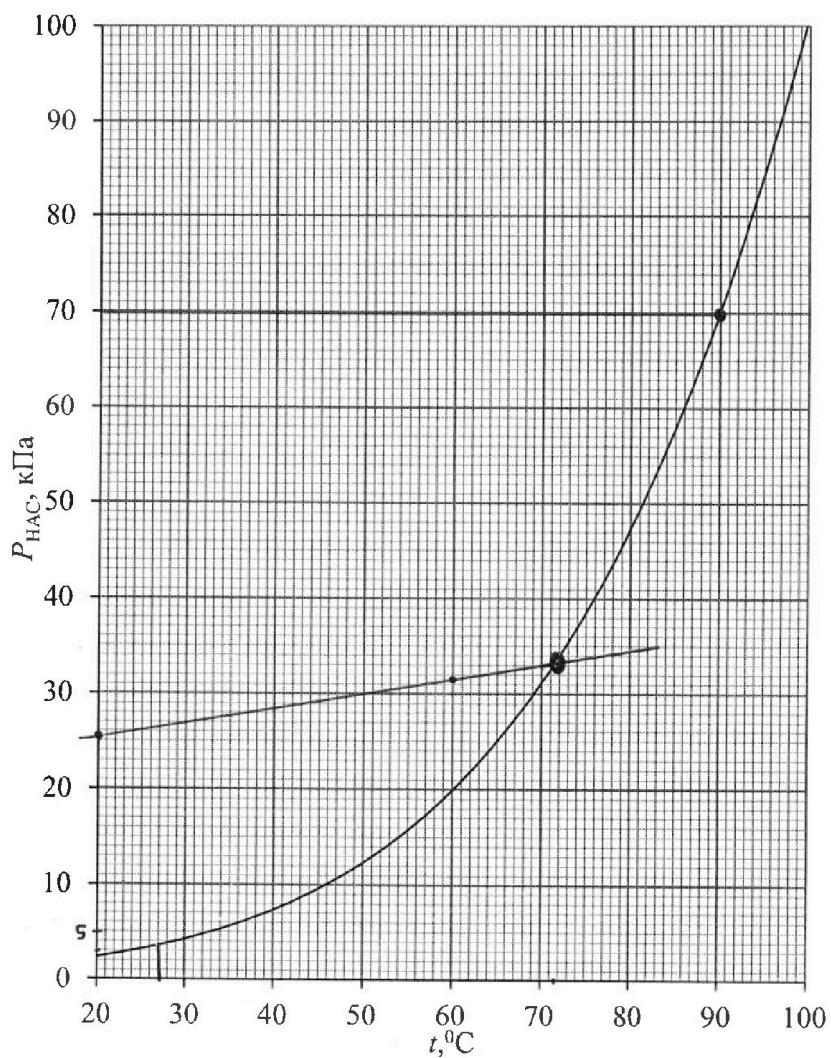


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27^\circ\text{C}$ и жидкую воду. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90^\circ\text{C}$. 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 ϕ в конце нагревания.

Объём м жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.



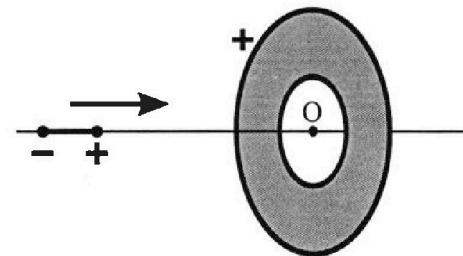


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-04

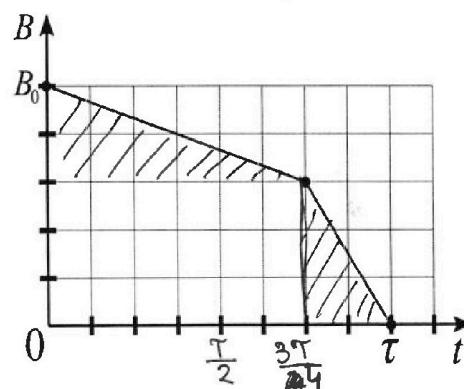
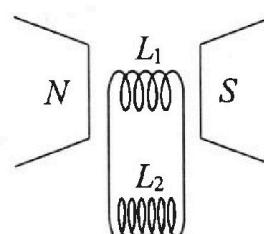
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*



- 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 .

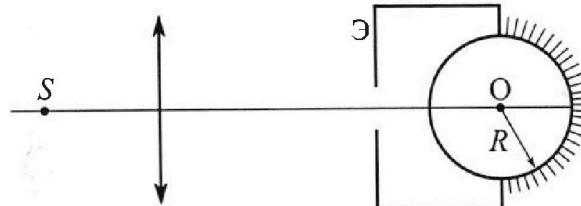
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

- 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 τ . 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 α 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.

- 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!

Nº 1

$$U_0 = 4K_2$$

$$m = \pm k_2$$

$$k = 500 \text{ N/m}$$

$$\mu = 0,4$$

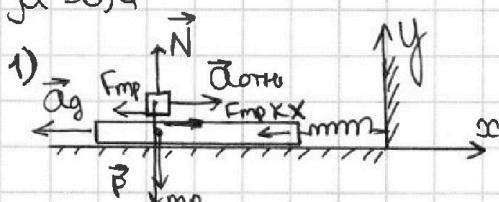
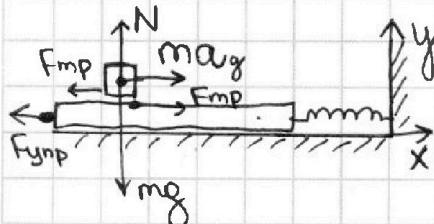


Схема на Xo

(1)

II З-и ^{вт} вытоки где бруска: $x: m \alpha_{th} = F_{mp,x}$ при $F_{mp} > 0$ -
сила трения скольжение. При $F_{mp} < \mu N$ $\alpha_{th} = 0$
Перейдём в KMSO доске. Погодя на брускок можно
действует сила инерции $F_{u,x} = -m \alpha_{th} x$ (2)

Сцена В этот раз:



II залон Ньютона в НИСО доказал на
ДСб x :

$$\text{Бруеор: } m_{\text{дотн},x} = \cancel{m_{\text{Ag}}} - F_{\text{mp}}, F_{\text{mp}} = \mu N$$

$$\text{госка в } \text{NCO: } M_{\text{аг}}^{\text{госка}} = F_{\text{mp}} - F_{\text{унп}}, \text{ко}$$

$$f_{\text{max}} = \text{mag} - jN \quad (3)$$

$$M\ddot{Q}_g = \mu N - kx_1 \quad (4)$$

$\{ \begin{array}{l} \text{N} = mg \xleftarrow{(S)} \\ dy = 0. \end{array} \}$ II зи ньютона гие дыяда на обу.

$$\{ m_{\text{OTH}} = m_{\text{ag}} - j_{\text{min}} \} \quad (6)$$

gabrielsson (?)

$$M \ddot{x}_{\text{gucken}} = \mu mg - kx_1$$

По условию $a_m = 0 \Rightarrow$
 \Rightarrow (предыдущий член a_{m-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.

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!

№1 (продолжение)

$$\begin{cases} 0 = m\ddot{x} - j_{\text{имп}} \\ j_{\text{имп}} = kx_1 + Ma_{\text{отн},x} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m\ddot{x} = j_{\text{имп}} & (8) \\ Ma_{\text{отн},x} = kx_1 - j_{\text{имп}} & (9) \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Ma_{\text{отн}} = kx_1 - m\ddot{x} \Rightarrow a_g(M+m) = kx_1 \stackrel{(8)}{=} j_{\text{имп}}(M+m) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{j_{\text{имп}}(M+m)}{k}$$

2) По условию в момент когда ~~отн=0~~, $a_g \approx 0$, то

$\dot{a}_{\text{отн}} = 0$, но и

из соотношений (6), (7): $\begin{cases} ma_{\text{отн}} = m\ddot{x} - j_{\text{имп}} \\ Ma_{\text{отн}} = kx_1 - j_{\text{имп}} \end{cases}$

При $a_g = 0$: $\begin{cases} ma_{\text{отн}} = -j_{\text{имп}} & (10) \\ kx_2 = j_{\text{имп}} & (11) \end{cases}$

$$\begin{cases} Ma_{\text{отн}} = kx_0 - j_{\text{имп}} \\ ma_{\text{отн}} = ma_0 - j_{\text{имп}} \end{cases}$$

$$\frac{m\ddot{x}^2}{2} + \frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} + Amp \quad \sqrt{(13)} \quad (\text{уп-е это, что в момент } a_{\text{отн}} = 0 \quad a_g \approx 0 \quad \text{но усн.})$$

$\dot{a}_{\text{отн}} = a_{\text{отн}} \Rightarrow$ при прохождении состояния $a_{\text{отн}} = 0$ $a_{\text{отн}} \rightarrow \max$.

При $a_g = 0$ (10, 11): $x_2 = j_{\text{имп}}/k$ $Amp = -j_{\text{имп}}/a_{\text{отн}}$, где $a_{\text{отн}} \approx 2A$

~~Момент записать~~
 "брюсик + рамка + пружина", $\sum F_x = 0 \Rightarrow$ ~~усн. кинематич~~
 (м.н. $\ddot{x}_0, \dot{x}_0 = 0$) $m \cdot k = M \cdot m_1, m_2$
~~а_{отн} = а_g = 4 а_g ⇒ а_{отн} = 5 а_g~~ (12)
~~но тогда~~ $\ddot{x}_0 = 0$ $a_{\text{отн}} = 0$



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.

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

№ 1 (продолжение)

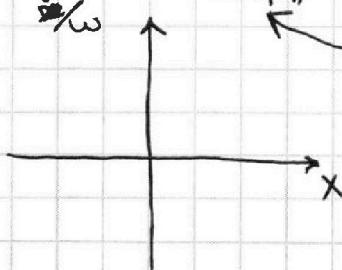
$$\begin{aligned} \text{Из } \ddot{x} = -kx_0 - \mu mg &\Rightarrow a_0 = -\frac{\mu mg}{M+m} \text{ м/с}^2 \\ (\text{одинаково }) + \text{умнож} & \\ Mm\ddot{x} = M\ddot{x}_0 + \mu mg & \\ Mm\ddot{x} = M\ddot{x}_0 + \mu mg & \\ Mm\ddot{x} = M\ddot{x}_0 + \mu mg & \\ 3) \text{ из } \text{ соотношения } & \quad \ddot{x} = \frac{5m\ddot{x}_0}{2} + \frac{kx_0}{2} = \frac{5x_0}{2} + \text{умнож} \\ 2M & \end{aligned}$$

$$2) k(x_0 - x) - \mu mg = M\ddot{x} \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M}x = \frac{kx_0}{M} - \frac{\mu mg}{M}$$

В положении равновесия ($a=0$ $x_2 = \mu mg / k$ см. стр. 2)

$$a_0 = \frac{\mu mg}{(M+m)} = \frac{\mu g}{4} = 1 \text{ м/с}^2$$

$\downarrow \omega$ из соотношений (5-1)



$$\text{Очевидно: 1) } x_2 = \frac{\mu g(M+m)}{k} = 0,2 \text{ м}$$

$$2) a_0 = 1 \text{ м/с}^2$$



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 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
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

$$V = \text{const}$$

Влажный воздух

$$t_0 = 27^\circ\text{C} = 300\text{ K}$$

$$m_{\text{н}} = 4m_{\text{п}}$$

$$t = 90^\circ\text{C} = 363\text{ K}$$

Все вода \rightarrow пар

$$\frac{m^*}{m_n} = ?$$

$$2) t^* = ?$$

$$3) \varphi = ?$$

1) По условию все вода испарилась, то $m_{\text{н}} \rightarrow m_{\text{пар}}$

$$m^* = m_{\text{пар}}^{90^\circ\text{C}} + m_{\text{п}} = 4m_{\text{п}} + m_{\text{п}} \Rightarrow \frac{m^*}{m_{\text{п}}} = 8 = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{p_0}} \quad (1)$$

2) Упр-е Менделеева-Капеллона: $pV = \text{const}$

По условию $V = \text{const}$ (объема жидкости не меняется при переходе) $\Rightarrow \frac{V}{P} = \text{const}$

$$\frac{(V_{\text{в}} + \sqrt{p}) t_0}{p_0} = \frac{(V_{\text{в}} + 8\sqrt{p}) t^*}{p}$$

Из начального содержание дробь было при 27°C и мы можем считать пар насыщенным, т.е. $p_0 = 3,5 \text{ kPa}$ (2)
В конече испарение (вотсюда и пар) $p_{\text{пар}}$ тоже нас.
 \Rightarrow Упр-е Менделеева-Капеллона для пара:

$$\sqrt{p} R t_0 = p_0 V \quad (3) \Rightarrow \frac{p_{\text{пар}}(t^*)}{p_0} = \frac{8t^*}{t_0} \Rightarrow p_{\text{пар}}(t^*) = \frac{8p_0}{t_0} t^*$$

$$\text{Подставив из (2): } p_{\text{пар}}(t^*) = t^* \cdot \frac{8 \cdot 3,5 \cdot 1000}{300} \text{ в Кельвинах}$$

$$p_{\text{пар}}(t^*) = (t^* + 273) \frac{280}{3} \quad (5)$$

$$p_{\text{пар}}(t^*) \approx 0,09333 t^* + 25,47$$

Нарисуем на графике эту прямую, прох. вдл $(25,47; 0)$ и с угл. наклоном $k = \frac{p}{t} = 0,0933$

Допустим при $t = 60^\circ\text{C}$ $\Delta p = 5,58 \text{ kPa} \Rightarrow$

$$\Rightarrow (p; t) = (31,05; 60^\circ\text{C})$$

Найдем t^* -е прямой с графиком $p_{\text{пар}}(t^\circ\text{C})$.

$$\text{из графика: } t^* \approx 71,5^\circ\text{C} = 344,5\text{ K} \quad (\text{продолж. стр. 2})$$



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

№2 (продолжение)

3)

В конце нагревания $p_{\text{нп}}(t_k) = 70 \text{ кПа}$

$$\varphi = \frac{P_n(\text{кон})}{p_{\text{нп}}(\text{кон})} = \frac{\sqrt{n^* R t}}{\sqrt{p_{\text{нп}}(t)}} = \frac{8\sqrt{n R t}}{\sqrt{p_{\text{нп}}(t)}}$$

$$u_3 \text{ ур-е (3)} : \sqrt{n R t_0} = p_n^0 V \Rightarrow \frac{\sqrt{n R t}}{\sqrt{V}} = \frac{p_n^0}{t_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{8t}{p_{\text{нп}}(t)} \cdot \frac{p_n^0}{t_0} = \frac{8 \cdot 3,5}{70} \cdot \frac{(90+273)}{300} = \frac{363}{300} \cdot \frac{48 \cdot 3,5}{1035 \cdot 2} = 0,4 \cdot \frac{363}{300} = \\ = 0,4 \cdot \frac{121}{100} = 1,21 \cdot 0,4 = \underline{\underline{48,4\%}} = 0,484$$

Ответ: 1) $\frac{m_n^*}{m_n} = 8$

$$2) t^* = 71,5^\circ C = 344,5 K$$

$$3) \varphi \approx 0,484 = 48,4\%$$



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!

№3 (продолжение)

$$\frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{m\vartheta_{max}^2}{2} - \frac{q}{3} \Delta\varphi \quad (3)$$

$$\text{из ур-я (1): } q\Delta\varphi = \frac{m\vartheta_0^2}{2} \Rightarrow \frac{q}{3} \Delta\varphi = \frac{m\vartheta_0^2}{2 \cdot 3}$$

$$\Rightarrow \frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{m\vartheta_{max}^2}{2} - \frac{m\vartheta_0^2}{2 \cdot 3} \Rightarrow \vartheta_{max}^2 = \vartheta_0^2 + \frac{\vartheta_0^2}{3} = \frac{4\vartheta_0^2}{3}$$

$$\Rightarrow \vartheta_{max} = \vartheta_0 \sqrt{\frac{4}{3}}$$

Проверка $\frac{\vartheta_{max}}{\vartheta_{min}} = \frac{\vartheta_0 \sqrt{4/3}}{\vartheta_0 \sqrt{2/3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3}{3 \cdot 2}} = \sqrt{2} \Rightarrow \boxed{\frac{\vartheta_{max}}{\vartheta_{min}} = \sqrt{2}}$

Ответ: 1) $\vartheta = \vartheta_0 \sqrt{\frac{2}{3}}$

2) $\frac{\vartheta_{max}}{\vartheta_{min}} = \sqrt{2}$

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.

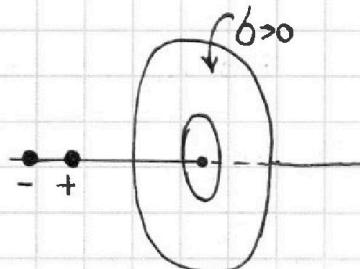
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" 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!

№3

⑨ $n=3$



Условие минимума
наг. скорости:

две диполи с зарядами $\pm q$,
в точке максимума
потенциального эн-и эл.

Взаимодействие диска с диполем,

скорость диполе становится равной нулю. Допустим в
этот момент разность потенциалов, создаваемых диском
на концах диполе равна $\Delta\varphi$. Эта величина $\Delta\varphi$
зависит только от заряда и размера диска и
от размера диполе, но $\frac{q\Delta\varphi}{R} = \text{const}$.
При этом можем написать ЗСЭ для диполе с $\pm q$,
и для диполе с $q^* = \pm q/3$

$$\begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} = q\varphi_1 + (-q)\varphi_2 = q\Delta\varphi \quad (1) \\ \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{q}{3}\Delta\varphi \quad (2) \end{cases} \Rightarrow \frac{q\Delta\varphi}{3} = \frac{mv^2}{2 \cdot 3} \Rightarrow (*)$$

! из рассуждений
следует, что $|\Delta\varphi|$ -
максимальные ради. потенц.

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2 \cdot 3} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2}{3}v_0^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = v_0 \sqrt{\frac{2}{3}} \leftarrow \text{эта скорость и есть минимальная скорость}
для диполе с } q^* = \pm q \text{ по тем}
же принципам, что и для
исходного, си. выше расчеты про } \Delta\varphi)$$

2)

После проёма чз диск $\Delta\varphi$ имеет знак т.к.
расположение диполе перед диском теперь
обратное, т.е. $\Delta\varphi^* = -\Delta\varphi$ (см. замечание *)

Напишем ЗСЭ в данном случае:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} - \frac{q}{3}\Delta\varphi \quad (\text{тут взято } v_{\max} \text{ т.к. из
замечания (*) мы понимаем
что ему должна } \Delta\varphi \text{ быть
не может } \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} \rightarrow \max)$$

(Продолж. см.
стр. 2)

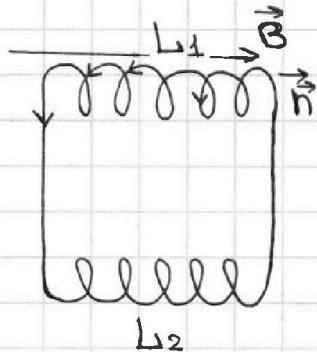
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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 №4



$$\begin{aligned}L_1 &= 5L \\L_2 &= 8L \\n \odot S_1 \odot B_0 \odot T\end{aligned}$$

- 1) $I_o(L_2) = ?$
- 2) $\Delta q = ? \leftarrow L_2$

$$1) E_{ind} = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Выберем обход так, чтобы нормаль смотрела по час. Потогда

$$-nS_1 \left(\frac{dB}{dt} \right)_{\text{кон}} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} \quad (2)$$

Из графика на начальном участке находишь угол и находит преслай.

$$\left(\frac{dB}{dt} \right)_{\text{кон}} = - \left(\frac{3/5 B_0}{\pi/4} \right) = - \frac{3 B_0 \cdot 4}{5\pi} = - \frac{12 B_0}{5\pi} \quad (3)$$

$$\left(\frac{dB}{dt} \right)_{\text{нач}} = - \left(\frac{2/5 B_0}{3\pi/4} \right) = - \frac{B_0}{\pi} \cdot \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 5} = - \frac{8 B_0}{15\pi} \quad (4)$$

Из ур-е (2): $-nS_1 \frac{dB}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} \Rightarrow -nS_1 \Delta B = (L_1 + L_2) \Delta I \Rightarrow$

$$\Rightarrow (I_o - 0)(L_1 + L_2) = nS_1(B_0 - 0) \Rightarrow I_o = \frac{nS_1 B_0}{L_1 + L_2} = \frac{nS_1 B_0}{13L}$$

$$2) q_f = \int dq = \int I dt, \text{ где } I = \frac{nS_1(B_0 - B)}{L_1 + L_2} \quad (\text{см. выше}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_f = \int_0^T \frac{nS_1(B_0 - B)}{L_1 + L_2} dt = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \int_0^T (B_0 - B) dt = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \left(B_0 \int_0^T dt - \int_0^T B dt \right), \quad (4)$$

Найдем $B(t)$ на \sim участке

$\int B dt$ - площадь под графиком $B(t)$

$$S_{Bt} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3\pi}{4} \cdot \frac{2}{5} B_0 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{3}{5} B_0 + \frac{3\pi}{4} \cdot \frac{3}{5} B_0 = \frac{B_0 \pi}{20} (13,5) = \frac{27}{40} B_0 \pi \Rightarrow$$

$$(4): \boxed{q_f = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \left(B_0 \pi - \frac{27}{40} B_0 \pi \right) = \frac{13 B_0 \pi nS_1}{40 (L_1 + L_2)} = \frac{B_0 \pi nS_1}{40 L}} \quad \text{Ответ см. стр. 2}$$



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
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 (продолжение)

Объем: 1) $J_0 = \frac{n S_1 B_0}{L_1 + L_2} = \frac{n S_1 B_0}{13 L}$

2) $q_f = \frac{13 B_0 \tau n S_1}{40 (L_1 + L_2)} = \frac{B_0 \tau n S_1}{40 L}$



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 checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

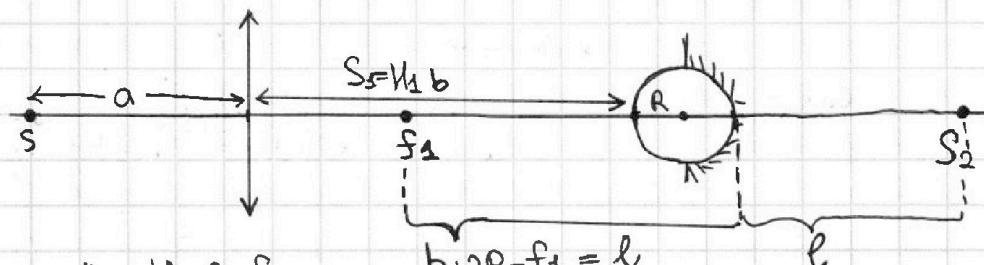
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

$$\textcircled{R} \quad a = 4,5R \\ b = 8R$$

1)



Пусть линза создает l_1 в f_1 .

Множ. изображение l_3 соиздаем с S_2 , то

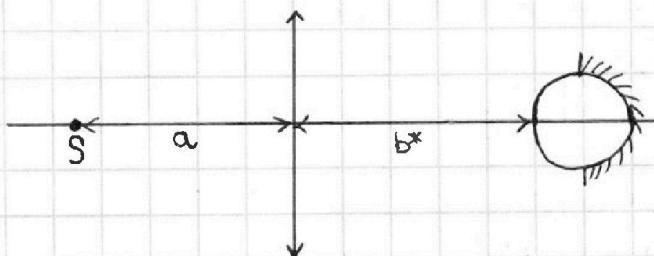
$$\begin{cases} \frac{1}{f_2} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \\ \frac{1}{f_1} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \end{cases} \Rightarrow f_1 = f_2$$

т.е. $f_2 = 2l + f_1$ т.к. зеркало не добавит шара отражает S_1 на l вправо. Тогда $f_1 = f_2 \Leftrightarrow 2l = 0 = (b + 2R - f_3) \cdot 2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow f_1 = b + 2R. \text{ Найдем } F: \frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{a} = \frac{1}{b+2R} + \frac{1}{a}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{10R} + \frac{2}{9R} = \frac{20+9}{90R} \Rightarrow \boxed{\frac{29}{90} R = F}$$

$$2) b^* = b - \Delta = 8R - 3R = 5R$$



В отсутствие шара лучи собираются в $f_1 = 10R$ (см. п. 1)

Чтобы воспринимать шар как толстую линзу

По оп-ке Шледовского: $\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = (n-1) \cdot \frac{2}{R} \uparrow$

Две этой линзы:

$$d_2 = -(f_1 - b^* - R) = -4R \Rightarrow -\frac{1}{4R} + \frac{1}{f_3} = \frac{2(n-1)}{R} \Rightarrow \frac{1}{f_3} = \frac{2(n-1)}{R} + \frac{1}{4R} =$$

$$= \frac{8(n-1)+1}{4R} \quad (1)$$

Но т.к. числа малые, то
(продолж. см. стр. 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.



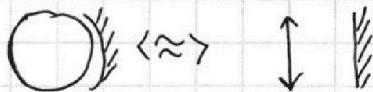
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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



Можно принять, что за шаров участок просто зеркало и тогда S_4 будет на расстоянии $f_3 - R$ от дальнейшей точки шара.

$$\text{Тогда для мизры } d_4 = f^* + 2R + (f_3 - R) - 2(f_3 - R) = \\ = f^* + 2R - (f_3 - R) = f^* + 3R - f_3 = 8R - f_3$$

У3 ф-лы точкой мизры в данном случае если ищемное изображение в S :

$$\frac{1}{d_4} + \frac{1}{a} = \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{8R - f_3}, \text{ где } f_3 = \frac{4R}{8(n-2)+1} \text{ (см. срп. 1)}$$

$$\frac{2}{9R} + \frac{1}{8R - \frac{4R}{8(n-2)+1}} = \frac{29}{90R} \quad \frac{1}{f} = \frac{29}{90R} \text{ (см. пункт 1)}$$

$$\frac{29 - 20}{90R} = \frac{1}{8R - \frac{4R}{8n-7}} \Rightarrow \frac{9}{90} = \frac{1}{8 - \frac{4}{8n-7}} = \frac{1}{10} \Rightarrow 10 = 8 - \frac{4}{8n-7} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 8n-7 = -2 \Rightarrow n = 5/8$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решением 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!



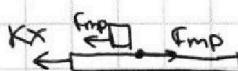
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

№1



$$\begin{cases} m_{\text{аг}} - \mu_{\text{нр}} m g = m a_{\text{отн}} \\ M_{\text{дг}} = kx - \mu_{\text{нр}} m g \end{cases}$$



$$F_{\text{нр}} = \mu_{\text{нр}} m g \int dx$$

$$m a - F = m a_{\text{отн}}$$

$$m a_0 =$$

$$m a_0 =$$

$$m_{\text{аг}} = \mu_{\text{нр}} m g$$

$$M_{\text{дг}} = kx - \mu_{\text{нр}} m g$$

$$kx = \mu_{\text{нр}} m g + 4 \mu_{\text{нр}} m g$$

$$x = 5 \mu_{\text{нр}} m g$$

$$\frac{5m_{\text{аг}}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} -$$

660g

m

$$kx = \mu_{\text{нр}} m g \quad a_{\text{отн}} = 0$$

$$\frac{5m_{\text{аг}}^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} - \mu_{\text{нр}} m g x_2$$

$$\frac{4 \cdot 5}{100} = 0,2$$