



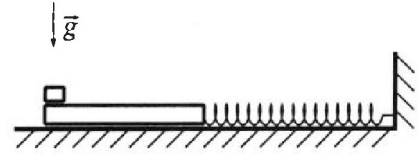
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

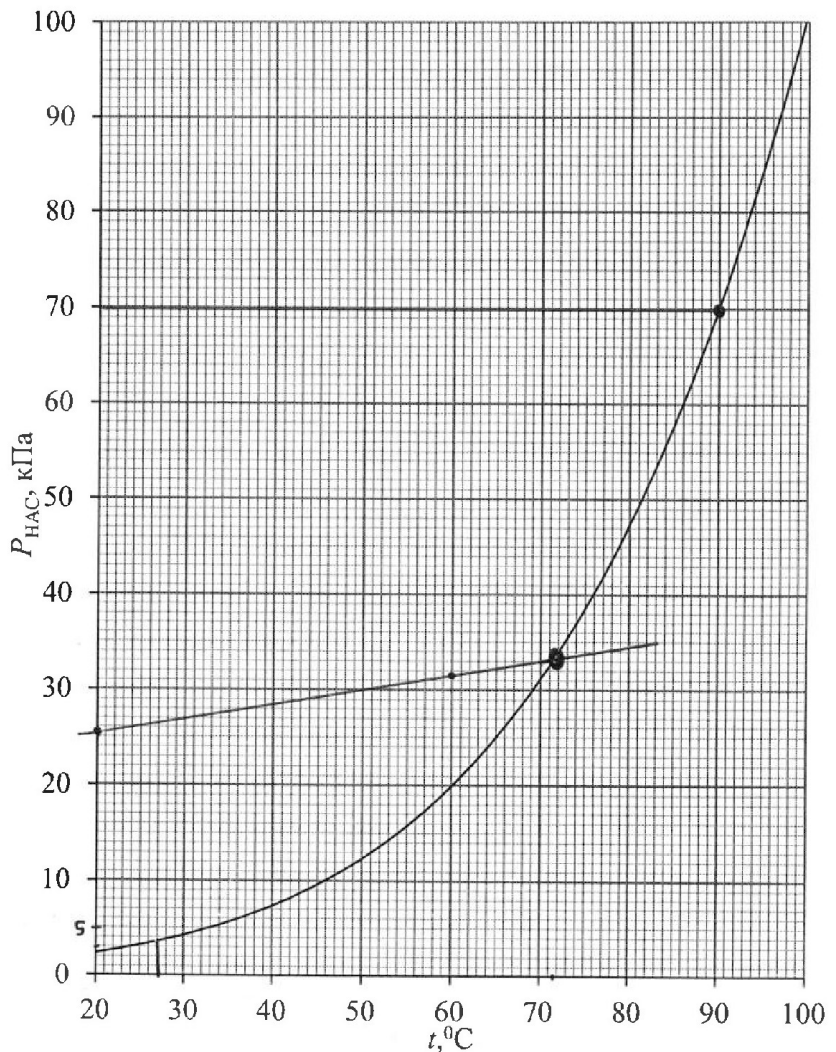


1. Длинную доску массой $M = 4$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 100$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок 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 $g = 10$ м/с². 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 $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °С. 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 жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.



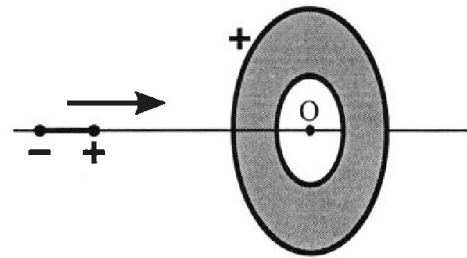
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

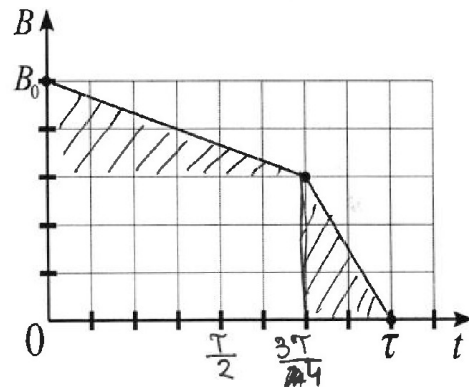
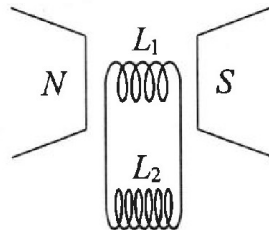


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 диполью начальную скорость V_0 .



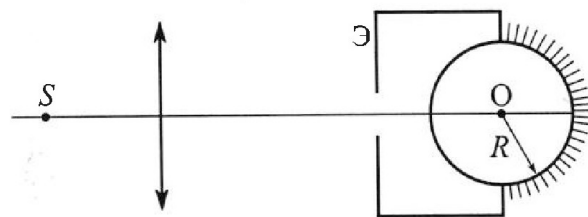
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 , удаленный 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!

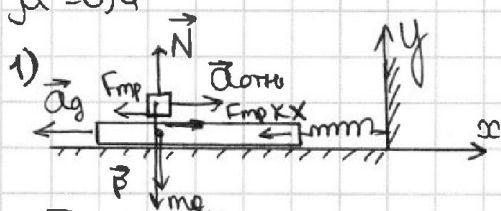
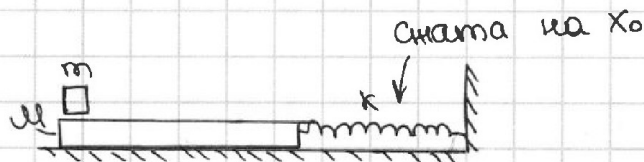
№ 1

$$l = 4 \text{ м}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

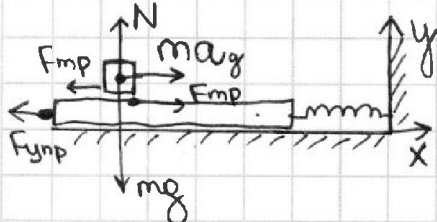
$$k = 100 \text{ Н/м}$$

$$\mu = 0,4$$



II 3-й закон Ньютона для бруска: x : $ma_{отн,x} = F_{пруж} - F_{сп}$ при $F_{сп} < \mu N$ - сила трения скольжения. При $F_{сп} < \mu N$ $a_{отн} = 0$.
Перейдем в ИСО доски. Тогда на брусок также действует сила инерции $F_{и,x} = -ma_{д,x}$ (1)

Схема в этой ИСО:



II закон Ньютона в ИСО доски на ось x :

брусок: $ma_{отн,x} = \underbrace{ma_{д,x}}_{\text{сила инерции}} - F_{сп}$, $F_{сп} = \mu N$ (2)
доска в ИСО: $Ma_{доски,x} = F_{сп} - F_{пруж}$, ко

~~брусок и доска движутся вместе~~

$$ma_{отн} = ma_{д} - \mu N \quad (3)$$

$$Ma_{д} = \mu N - kx_1 \quad (4)$$

$$\begin{cases} N = mg \end{cases} \quad (5) \quad \leftarrow \text{II закон Ньютона для бруска на ось } y.$$

$$a_y = 0.$$

$$ma_{отн} = ma_{д} - \mu mg \quad (6)$$

$$Ma_{доски,x} = \mu mg - kx_1 \quad (7)$$

По условию $a_{отн} = 0 \Rightarrow$
(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 ☐

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)

$$\begin{cases} 0 = m a_g - \mu m g \\ \mu m g = k x_1 + M a_{g, \text{с.к.}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m \cdot x. a_{g, \text{с.к.}} = -a_g \\ \begin{cases} m a_g = \mu m g & (8) \\ M a_g = k x_1 - \mu m g & (9) \end{cases} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M a_g = k x_1 - m a_g \Rightarrow a_g (M + m) = k x_1 \stackrel{(8)}{=} \mu g (M + m) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{x_1 = \frac{\mu g (M + m)}{k}}$$

2) По условию в момент когда ~~а_г ≈ 0, то~~ $a_g \approx 0$, то

$\dot{\varphi}_{\text{отн}} = 0$, но и

из соотношений (6), (7): $\begin{cases} m a_{\text{отн}} = m a_g - \mu m g \\ M a_g = k x_1 - \mu m g \end{cases}$

При $a_g = 0$: $\begin{cases} m a_{\text{отн}} = -\mu m g & (10) \\ k x_2 = \mu m g & (11) \end{cases}$

$$\begin{cases} M a_0 = k x_0 - \mu m g \\ m a_{\text{отн}} = m a_0 - \mu m g \end{cases}$$

$$\frac{m \dot{x}_0^2}{2} + \frac{m \dot{y}_0^2}{2} + \frac{k x_0^2}{2} = \frac{k x_0^2}{2} + A_{\text{пр}} \leftarrow \begin{matrix} (13) \\ \text{у-е того, что в момент} \\ \dot{\varphi}_{\text{отн}} = 0 \quad a_g \approx 0 \text{ по усу.} \end{matrix}$$

$\dot{\varphi}_{\text{отн}} = a_{\text{отн}} \Rightarrow$ при прохождении сост-я $\dot{\varphi}_{\text{отн}} = 0$ $a_{\text{отн}} \rightarrow \text{max}$.

При $a_g = 0$ (10, 11): $x_2 = \mu m g / k$ $A_{\text{пр}} = -\mu m g \dot{\varphi}_{\text{отн}}$, где $\dot{\varphi}_{\text{отн}} \approx 2A$

~~Можно записать "орусон + сила + пружина", т.к. $\dot{\varphi}_{\text{отн}} = 0$ м.к. $M = m$, то $a_{\text{отн}} = a_g = 4 a_g \Rightarrow a_{\text{отн}} = 5 a_g$ (12) но тогда в моменты $a_g = 0$ $a_{\text{отн}} = 0$.~~

~~Т.о. для у-е для системы $\sum F_x = 0 \Rightarrow$ у-е. не подходит~~



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!

№1 (продолжение)

~~$$\begin{aligned} \mu mg &= kx_0 = \mu mg \\ \mu mg + m a_0 + \mu mg \\ M a_0 &= k x_0 - \mu mg \\ M + m a_0 &= m a_0 - \mu mg \end{aligned}$$~~

$$a_0 = \mu g / 4, m e$$

$$a_0 = 1 \text{ м/с}^2$$

3) из соотношения 13. $\frac{5m\mu^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} + \dots$

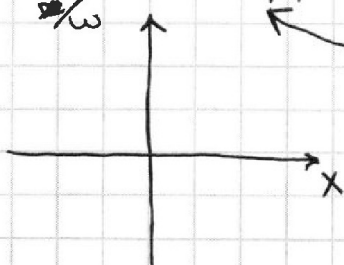
2H=

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

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

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

из соотношений (5-10)



Ответ: 1) $x_1 = \frac{\mu g (M+m)}{k} = 0,2 \text{ м}$

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.

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!

№2

$V = \text{const}$

Влажный воздух

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

$m_{\text{н}} = 7m_{\text{п}}$

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

Все вода $\rightarrow$ пар

1) $\frac{m_{\text{п}}^*}{m_{\text{п}}} = ?$

2) $t^* = ?$

3) $\varphi = ?$

1) $\downarrow$ по уму-то все вода испарилось, то $m_{\text{н}} \rightarrow m_{\text{п}}^{\text{гоп}}$

$$m_{\text{п}}^* = m_{\text{п}}^{\text{гоп}} + m_{\text{п}} = 7m_{\text{п}} + m_{\text{п}} \Rightarrow \boxed{\frac{m_{\text{п}}^*}{m_{\text{п}}} = 8} = \frac{V_{\text{п}}^*}{V_{\text{п}}} \quad (1)$$

2) Ур-е Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$.
По уму-то $V = \text{const}$ (общая масса и емкость можем пренебречь) $\Rightarrow \frac{pV}{p} = \text{const}$

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

Из каталога содержания газа было при 27°C и мы можем считать газ идеальным, т.е. $p_{\text{п}}^0 = 3,5 \text{ кПа}$ (2)

В конце испарение (вот-вот испарится) $p_{\text{п}}$ тоже нас. $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ ур-е Менделеева-Клапейрона для пара:

$$\begin{aligned} V_{\text{п}} R t_0 &= p_{\text{п}}^0 V \quad (3) \\ 8V_{\text{п}} R t^* &= p_{\text{п}}(t^*) V(4) \end{aligned} \Rightarrow \frac{p_{\text{п}}(t^*)}{p_{\text{п}}^0} = \frac{8t^*}{t_0} \Rightarrow p_{\text{п}}(t^*) = \frac{8p_{\text{п}}^0}{t_0} t^*$$

Подставим из (2): $p_{\text{п}}(t^*) = t^* \cdot \frac{8 \cdot 3,5 \cdot 1000}{300} \text{ кПа}$ т.е. в Кельвинах

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

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

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

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

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

Находим п-е прямой с графиком $p_{\text{п}}(t^\circ\text{C})$.

из графика: $\boxed{t^* \approx 71,5^\circ\text{C} = 344,5\text{K}}$ (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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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!

Задача 2 (продолжение)

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

$$\varphi = \frac{p_{\text{Hn}}(\text{кон})}{p_{\text{Hn}}(t)} = \frac{V_{\text{Hn}}^* R t}{V p_{\text{Hn}}(t)} = \frac{8 V_{\text{Hn}} R t}{V p_{\text{Hn}}(t)}$$

$$\text{из ур-е (3) : } V_{\text{Hn}} R t_0 = p_{\text{Hn}}^0 V \Rightarrow \frac{V_{\text{Hn}} R t}{V} = \frac{p_{\text{Hn}}^0}{t_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{8 t}{p_{\text{Hn}}(t)} \cdot \frac{p_{\text{Hn}}^0}{t_0} = \frac{8 \cdot 3,5}{70} \cdot \frac{(90 + 273)}{300} = \frac{363}{300} \cdot \frac{48 \cdot 3,5}{1035 \cdot 2} = 0,4 \cdot \frac{363}{300} =$$

$$= 0,4 \cdot \frac{121}{100} = 1,21 \cdot 0,4 = 48,4\% = 0,484$$

Ответ: 1) $\frac{m_{\text{Hn}}^*}{m_{\text{Hn}}} = 8$

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

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**.

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!

№3 (продолжение)

$$\frac{m\varphi_0^2}{2} = \frac{m\varphi_{\max}^2}{2} - \frac{q}{3} \Delta\varphi \quad (3)$$

$$\text{Из ур-е (1): } q\Delta\varphi = \frac{m\varphi_0^2}{2} \Rightarrow \frac{q}{3} \Delta\varphi = \frac{m\varphi_0^2}{2 \cdot 3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m\varphi_0^2}{2} = \frac{m\varphi_{\max}^2}{2} - \frac{m\varphi_0^2}{2 \cdot 3} \Rightarrow \varphi_{\max}^2 = \varphi_0^2 + \frac{\varphi_0^2}{3} = 4\frac{\varphi_0^2}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{\max} = \varphi_0 \sqrt{\frac{4}{3}}$$

$$\text{Потому } \frac{\varphi_{\max}}{\varphi_{\min}} = \frac{\varphi_0 \sqrt{4/3}}{\varphi_0 \sqrt{2/3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3}{3 \cdot 2}} = \sqrt{2} \Rightarrow \boxed{\frac{\varphi_{\max}}{\varphi_{\min}} = \sqrt{2}}$$

$$\text{Ответ: } 1) \varphi = \varphi_0 \sqrt{\frac{2}{3}}$$

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



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.

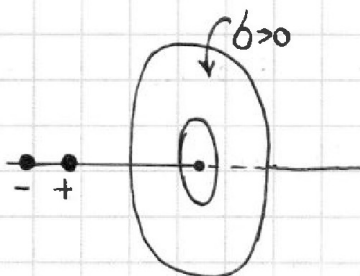
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

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!

№3

Ⓢ n=3



Условие минимума
 нач. скорости:

Для диполя с зарядами $\pm q$
 В точке максимальной
 потенциальной эн-и эл.

Взаимодействие диска с диполем,

скорость диполя становится равной нулю. Допустим в
 этот момент разность потенциалов, создаваемых диском
 на концах диполя равна $\Delta\varphi$. Эта величина $\Delta\varphi$
 зависит только от заряда и размера диска и
 от размера диполя, но $\Delta\varphi = \text{const}$.

Тогда можем написать ЗСЭ где диполь с $\pm q$
 и где диполь с $q^* = \pm q/3$

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

$$\frac{q\Delta\varphi}{3} = \frac{mv^2}{2 \cdot 3} \Rightarrow$$

Из рассуждений
 следует, что $|\Delta\varphi|$ -
 максимальная разн. потенц.

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

$$\Rightarrow v = v_0 \sqrt{\frac{2}{3}}$$

← эта скорость и есть миним. скорости
 где диполь с $q^* = \pm q$ по тем
 же причинам, что и где
 исходно, см. выше рассужд. про $\Delta\varphi$

2)

После пролёта $\pi/3$ диск $\Delta\varphi$ имеет знак т.к.
 расположение диполя перед диском теперь
 обратное, т.е. $\Delta\varphi^* = -\Delta\varphi$ (см. замечание *)

Напишем ЗСЭ в данном случае:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} - \frac{q}{3}\Delta\varphi$$

(тут взято v_{max} т.к. из
 замечание *) Мы понимаем,
 что ещё больше $\Delta\varphi_1$ быть
 не может $\Rightarrow mv_0^2 \rightarrow \text{max}$)

(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.

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)

Ответ: 1) $\gamma_0 = \frac{n S_1 B_0}{L_1 + L_2} = \frac{n S_1 B_0}{13 L}$

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



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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

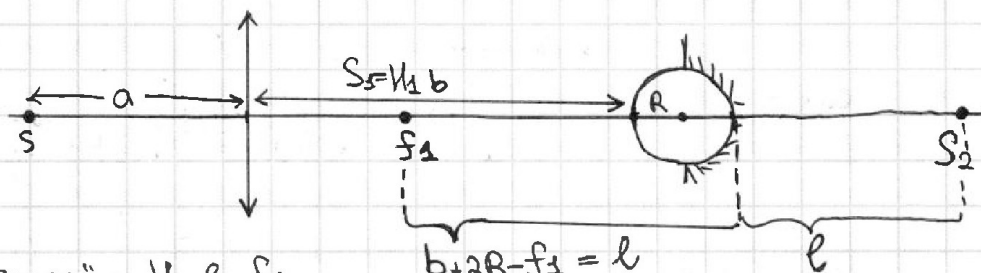
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

№5

② $a = 4,5R$
 $b = 8R$

1)



Пусть линза создаст H_1 в f_1 .

П.к. Итоговое изображение H_3 совпадает с S_2 , то

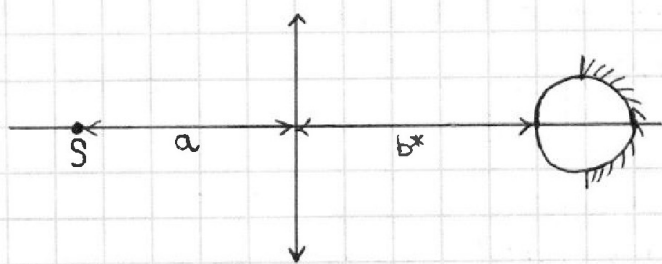
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{f_2} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \\ \frac{1}{f_1} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \end{array} \right\} \Rightarrow f_1 = f_2$$

где $f_2 = 2l + f_1$ т.к. зеркало на пов-ти шара отражает S_1 на l вправо. Тогда $f_1 = f_2 \Leftrightarrow 2l = 0 = (b + 2R - f_1)2 \Rightarrow$

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

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

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



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

Можно воспринимать шар как толстую линзу

По ф-ле Шлеервизина:

$$\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = (n-1) \cdot \frac{2}{R} \quad \updownarrow$$

Для 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. углы малые, то (прогоним 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.

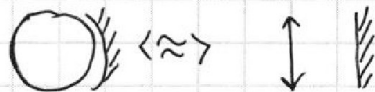
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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!

№5 (продолжение)



Можем признать, что за шаром у нас просто зеркало и тогда S_4 будет на расст-и $f_3 - R$ от галькей точки шара.

$$\text{Тогда где линзы } d_4 = b^* + 2R + (f_3 - R) - 2(f_3 - R) = \\ = b^* + 2R - (f_3 - R) = b^* + 3R - f_3 = 8R - f_3$$

Из ф-лы точной линзы в данном случае, если итоговое изображение в S :

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

$$\frac{1}{F} = \frac{29}{90R} \text{ (см. лист 1)}$$

$$\frac{2}{9R} + \frac{1}{8R - \frac{4R}{8n-7}} = \frac{29}{90R}$$

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

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

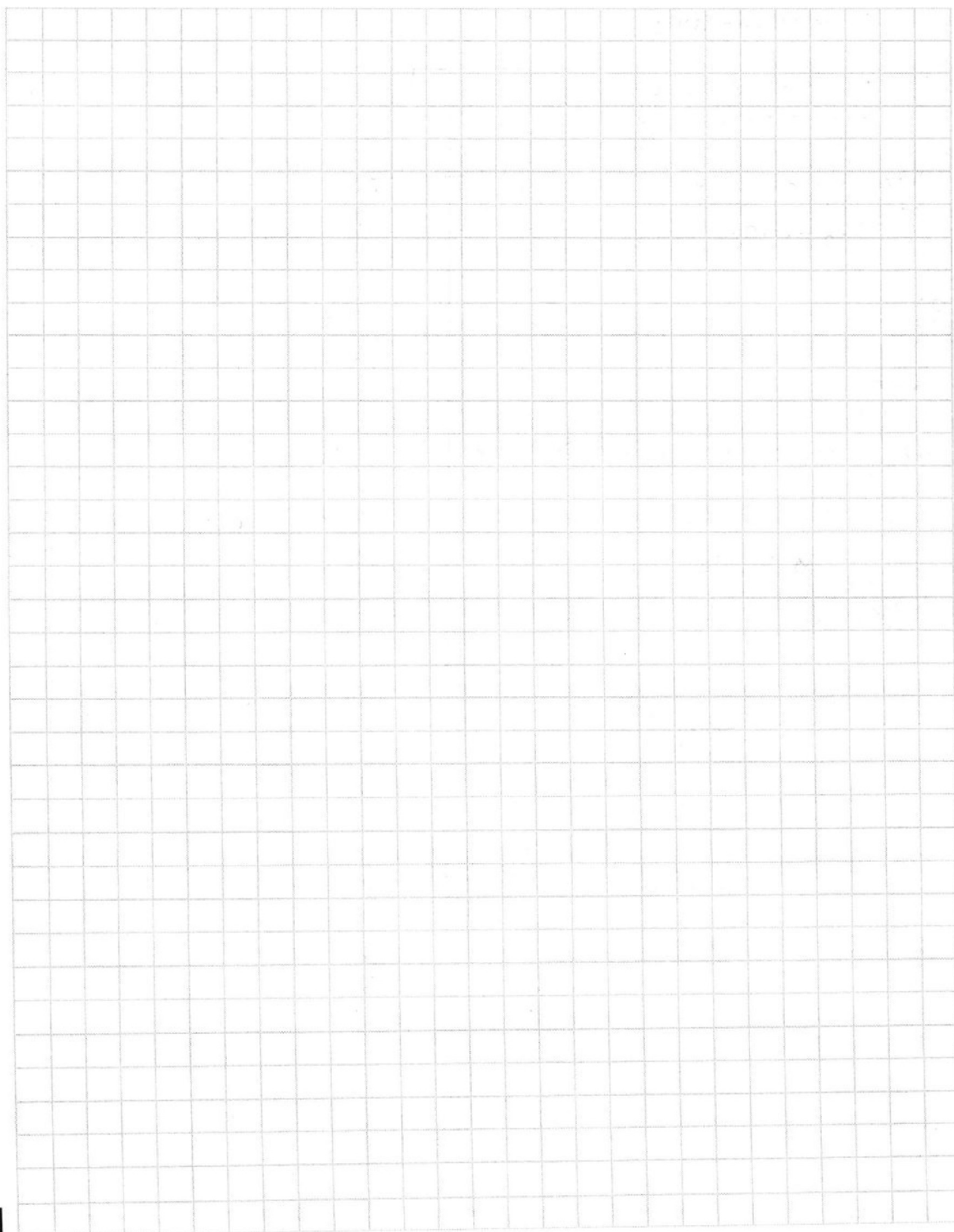


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

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!



$$\psi(q+1/2)$$



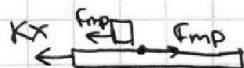
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

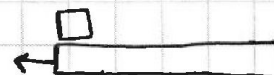
№1



$$\begin{cases} m a_g - \mu m g = m a_{отн} \\ M a_g = k x - \mu m g \end{cases}$$

$$A_{mp} = \mu m g \int dx$$

$$v_{отн} = 0$$



$$m a - F = m a_{отн}$$

$$m a_0 =$$

$$m a_0 =$$

$$\frac{5 m v^2}{2} + \frac{k x^2}{2} -$$

$$\begin{cases} m a_g = \mu m g \\ M a_g = k x - \mu m g \end{cases}$$

$$k x = \mu m g + 4 \mu m g$$

$$x = 5 \mu m g$$

~~600 kg~~ m

$$k x_2 = \mu m g \quad v_{отн} = 0$$

$$\frac{5 m v^2}{2} + \frac{k x_2^2}{2} = \frac{k x_0^2}{2} - \mu m g x_2$$

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