



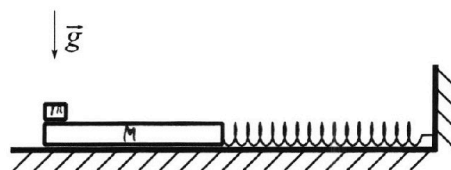
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 2$ 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 $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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.

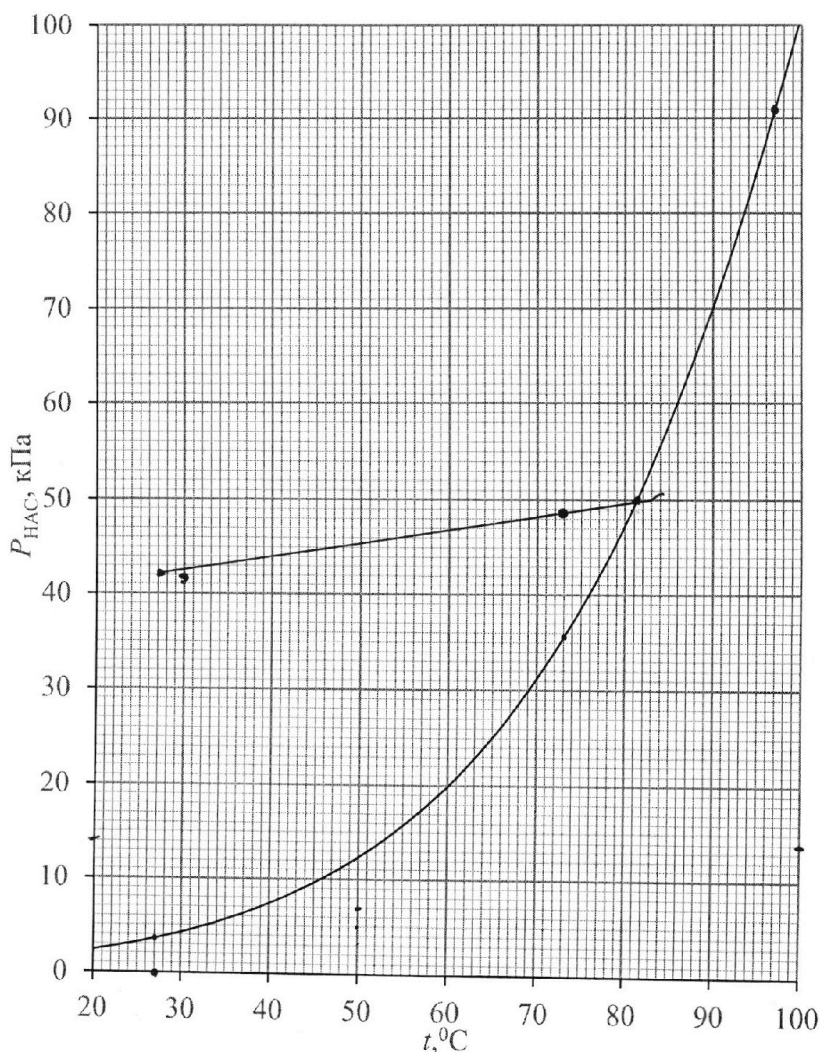


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным 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 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °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.

Объёмом жидкост и по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





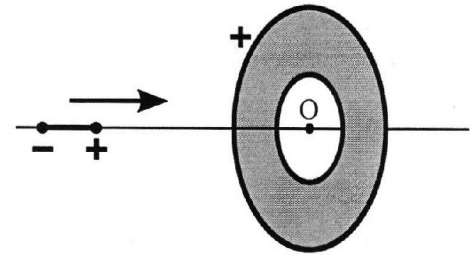
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

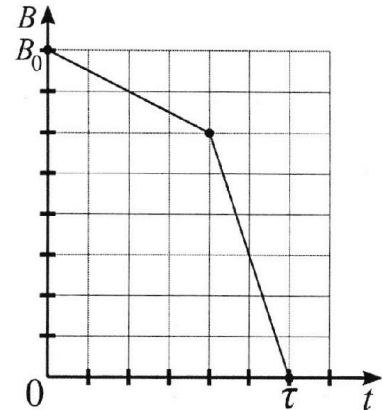
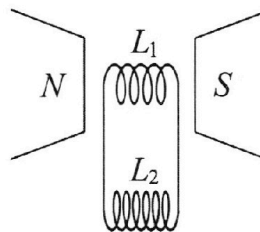


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 2 раза и сообщают диполью начальную скорость V_0 .



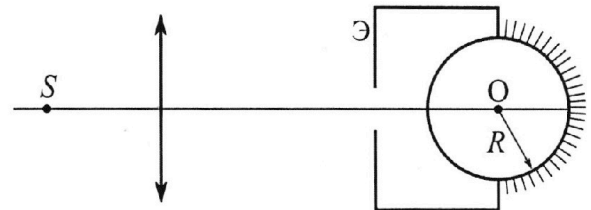
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ 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 $L_2 = 6L$ 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 (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. 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 $b = 7R$, 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 $\Delta = 4R$, 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.

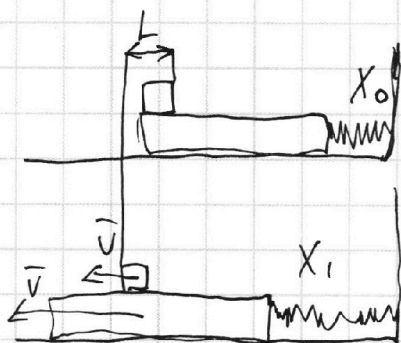
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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) если в описанный ^(в условии) момент относительное движение прекращается, а доска движется с постоянной (на малом промежутке) скоростью ($a=0$), ускорение бруска ^{тоже} должно быть 0;

~~Физ. а. $F_H = F_{np}$~~ $F_{np}=0; F_H=0$
 $X_1=0$



$$E_0 = \frac{kX_0^2}{2}$$

$$E_1 = \frac{(m+M)v^2}{2}$$

3.С.Э.

для бруска

$$\frac{mv^2}{2} = A_{\text{упр}} = L \cdot F_{np}$$

3.С.Э.

для системы

$$\frac{(m+M)v^2}{2} = \frac{kX_0^2}{2} - A_{\text{упр}}$$

3.С.Э. для доски

$$\frac{Mv^2}{2} = \frac{k(X_0^2 - X_1^2)}{2} - A_{\text{тр}} \quad \text{или}$$

$$2L \cdot F_{np} = \frac{k(X_0^2 - X_1^2)}{2} - F_{np}(X_0 - X_1) \quad A_{\text{тр}} = (X_0 - X_1) F_{\text{тр}}$$



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!

B.C.B.

$E_p = E_1 + A_{тр}$

$E_1 = \frac{kx^2}{2}$

$V_{cm} = 0$

$a = 0$

$v_s = v_g = v$

спуска / горки

$E_2 = E_{кс} + E_{кг} = \frac{(m+M)v^2}{2}$

$A_{тр} = l \cdot F_{тр} = l \cdot N_s \mu = l \cdot mg \mu$

$\frac{(m+M)v^2}{2} = \frac{kx^2}{2} - l \cdot mg \mu$

расстояние между системами

1) горки (налево)

$a_{cm} = a_g - a_s$

$M a_g = F_H - F_{тр}$

$m a_s = F_{тр}$

$a_g - a_s = \frac{F_H - F_{тр}}{M} - \frac{F_{тр}}{m} = 0$

$\frac{F_H - F_{тр}}{M} = \frac{F_{тр}}{m}$

$\frac{F_H}{M} = F_{тр} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right)$

$F_{тр} = N_s \mu = mg \mu$

$F_H = kx$

$kx = M \cdot mg \mu \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right) = mg \mu + M g \mu = (m+M) g \mu$

$x = \frac{(m+M) g \mu}{k} = \frac{(1+2) \cdot 10 \cdot 0.3}{50} = \frac{3 \cdot 3}{50} = \frac{9}{50} = \frac{18}{100} = 0,18 \text{ м.}$

Ответ 1): 0,18 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**.

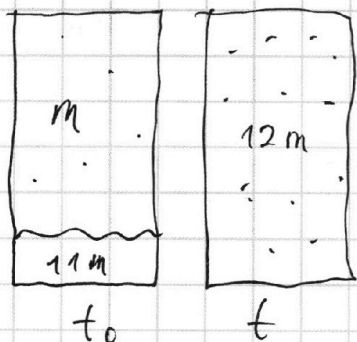
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

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

$$t_1 = 97^\circ\text{C} = 370^\circ\text{K}$$



$$1) m_{m1} = m$$

$$m_{b1} = 11 m$$

$$m_{b2} = 0 \quad m_{m2} = 12 m$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{m_{\text{кп}}}{m_{\text{нп}}} = \frac{12}{1} = 12$$

$$2) \text{ при } t_0 \text{ пар насыщенный}$$

$$\text{при } p_0 \approx 3,5 \text{ кПа}$$

$$pV = \nu R t$$

$$\nu \uparrow 12 \quad V; R - \text{const.}$$

$$p = p(t)$$

$$\frac{p(t)}{T} = \frac{\nu R}{V} \uparrow 12$$

$$12 \cdot \frac{3,5 \text{ кПа}}{300} = \frac{p(t^*)}{t^*} = \frac{14}{700} = 0,14$$

из графика t^* пересекать прямую $p(t^*) = 0,14(t + 273)$

$$\text{Ответ: 2) } t^* \approx 81^\circ\text{C}$$

$$3) \varphi_k = \frac{p_k}{p_{\text{нас.}}}$$

$$p_k = \frac{\nu R t_k}{V_k} = \frac{12 \nu R t}{V}$$

$$p_0 = \frac{\nu R t_0}{V} \approx 3,5$$

$$p_k = 12 \frac{t}{t_0} p_0$$

$$p_{\text{нас.}} = p(t) \approx 11 \text{ кПа}$$

$$\varphi_k \approx \frac{12 \cdot \frac{370}{300} \cdot 3,5}{91} = \frac{56 \cdot 37}{91} \approx 22,7\%$$

$$3) \text{ Ответ: } \varphi \approx 22,7\%$$

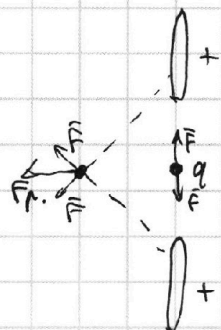


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

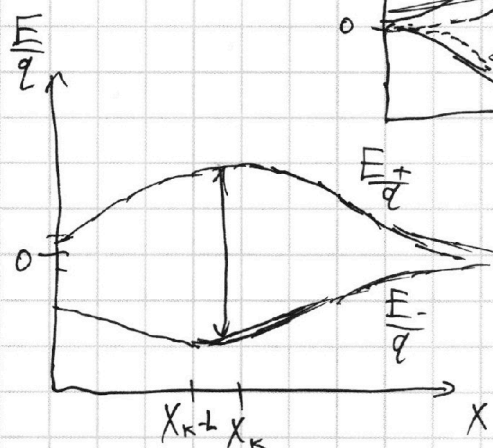
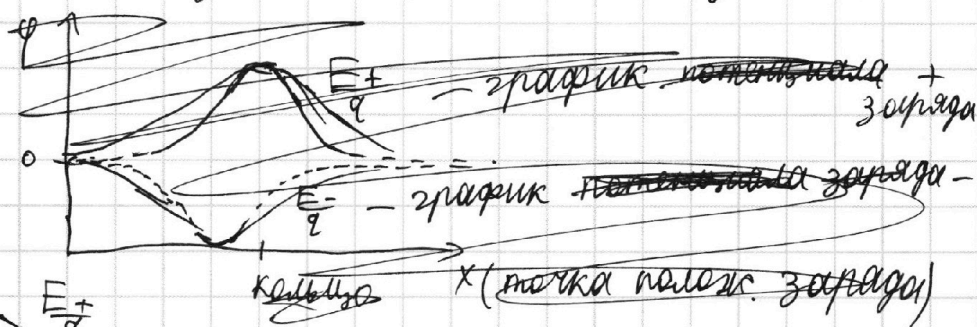
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!



около кольца силы эл. воздействия на заряд малы. Потенциал на большом расстоянии от кольца пропорционален $\frac{1}{r^2}$, вблизи он изменяется медленно.



и потенциальная энергия дитяи наибольшая при совпадении центров дитяи и кольца.

$E_{пз} = \text{const}$ (потен. энергия в центре кольца) $\Rightarrow V_{\text{мин.}}$

З.С.Э.
 $\frac{mV_0^2}{2} = E_{пз}$

$E_{пз} \approx Q$ при $Q \downarrow$

$E_{пз} \downarrow q$

З.С.Э.

$$\frac{mV_{из}^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_0^2}{8} = \frac{3mV_0^2}{8} \quad \frac{mV_0^2}{2} = \frac{E_{пз}}{4} + \frac{mV_{из}^2}{2}$$

$V_{из}^2 = \frac{3}{4} V_0^2$ ответ: $V_{из} = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0$

2) $V_{из}$ достигается при $\alpha = 0$ ~~при~~ ^{после} выхода из кольца. внутри кольца



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!

x

$\frac{e}{m}$

m - масса диполя

3.9.3. $\mu \cdot E = \mu \cdot E \cos \theta$

полос + отталкивается от кольца; полос - притягивается.

$\mu \cdot E = \mu \cdot E \cos \theta$

полос + притягивается к катушке, полос - отталкивается.

потенциал + всегда будет положительным.

энергия взаимодействия:

+ - полож. для полос.

- - отриц.

потенциал наибольший в центре кольца.

максимальная энергия взаимодействия диполя и кольца достигается при

$a > 0$

$a = 0$

$a_{\max}$

$a > 0$

$a = 0$

I $\rightarrow$ II $\rightarrow$ III $\rightarrow$ IV $\rightarrow$ V

в макс. I $a = 0$

центр кольца

x - центр диполя



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
☒

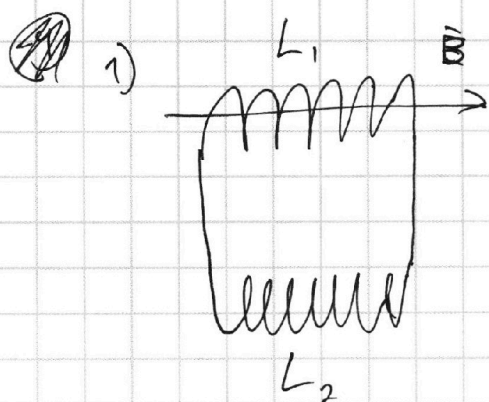
5
☐

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!



по правилу Кирхгофа

$$\sum \mathcal{E} = I R$$

$$\sum \mathcal{E} = 0$$

$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_{i2} = 0$$

$$\Delta \Phi = \Delta I (L_1 + L_2)$$

суммируем

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} - \frac{\Delta I L_1}{\Delta t} - \frac{\Delta I L_2}{\Delta t} = 0$$

$$(I_0 - I_{\text{н}})(L_1 + L_2) = \Delta \Phi$$

$$I_0 = \frac{\Delta B S n}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 S n}{\gamma L}$$

ответ 1): $I_0 = \frac{B_0 S n}{\gamma L}$

2) $\Delta \Phi = \Delta I (L_1 + L_2)$

~~суммируем~~ $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta I (L_1 + L_2)}{\Delta t}$

$$\frac{29}{168}$$

$$\Delta t \Delta \Phi = \Delta Q (L_1 + L_2)$$

суммируем

~~суммируем~~ $\Delta t \Delta \Phi = \Delta Q (L_1 + L_2)$ ~~геометрический смысл — площадь под графиком $\Phi(t)$~~

$$\Delta B \Delta t (S n) = \Delta Q (L_1 + L_2)$$

суммируем

$\Delta B \Delta t$: геометрический смысл — площадь под графиком $B(t)$ (как трапеция и прямоугольник)

$$\frac{B_0 + \frac{6}{8} B_0}{2} \cdot \frac{4\tau}{6} + \frac{\frac{6}{8} B_0}{2} \cdot \frac{2\tau}{6} = \frac{7}{84} \cdot \frac{2}{3} \tau B_0 + \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{3} \tau B_0 =$$

$$= \left(\frac{7}{12} + \frac{1}{8} \right) \tau B_0 = \left(\frac{14+3}{24} \right) \tau B_0 = \frac{17}{24} \tau B_0$$

ответ 2):

$$Q = \frac{S n \cdot \frac{17}{24} \tau B_0}{L_1 + L_2} = \frac{17 \tau B_0 S n}{24 \gamma L}$$

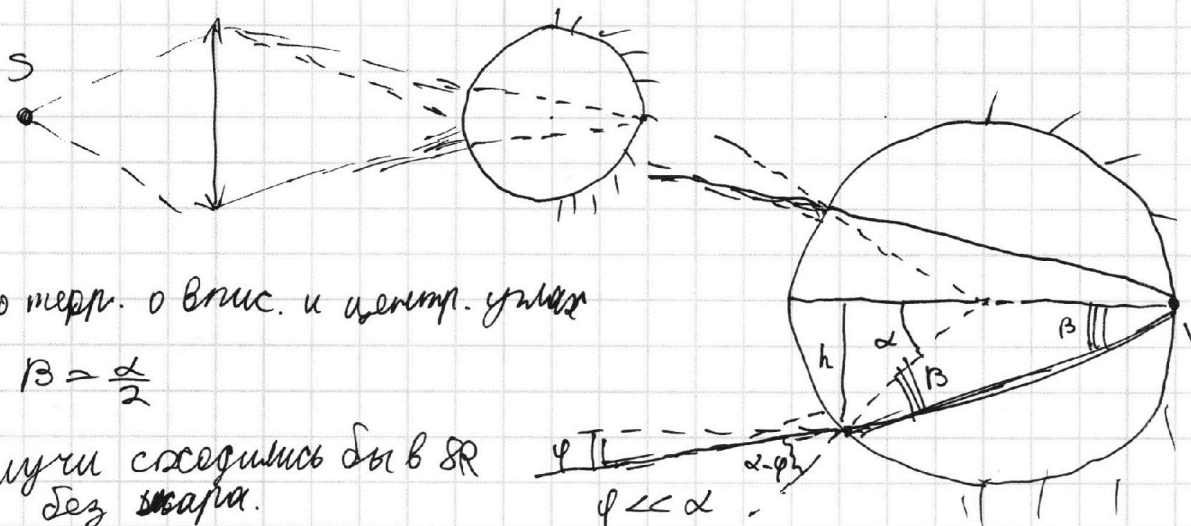


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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 теор. о впис. и центр. углах

$$\beta = \frac{\alpha}{2}$$

лучи сойдутся в SR
без искаж.

$$SR - BR = SR$$

$$R\alpha \approx SR\varphi \approx h \quad \varphi \sim \frac{\alpha}{5}$$

2) Ответ: $n = 1,6$

$$n\beta = \alpha - \varphi$$

$$\beta = \frac{\alpha - \varphi}{n}$$

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha - \frac{\alpha}{5}}{n}$$

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{4\alpha}{5n} \quad n = \frac{4}{5} \cdot 2 = \frac{8}{5} \approx$$

$$\approx 1,6$$

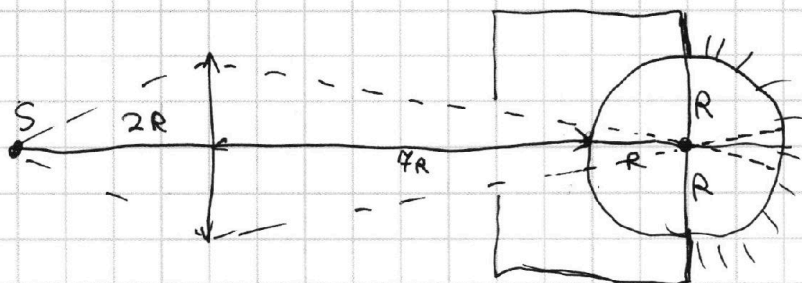


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

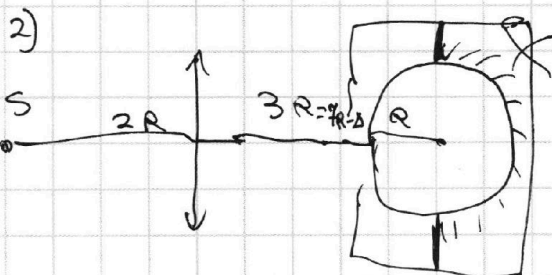
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

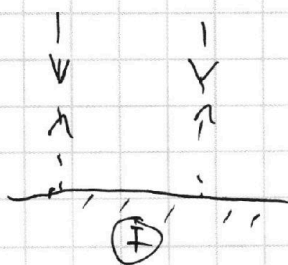
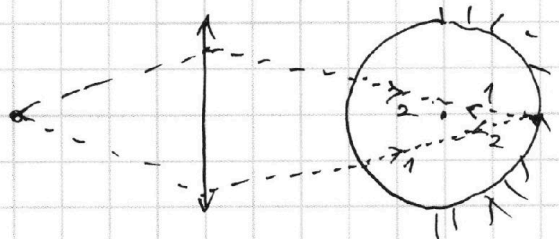


1) т.к. изображение не зависит от ~~радиуса~~ ^{радиуса} ~~и~~ ^и ~~шара~~, можно заключить, что лучи проходят перпендикулярно поверхности шара и проходят через ^{его} центр. Дальше лучи отражаются и возвращаются тем же путём. Центр шара — первичное изображение.

$$d = 2R \quad f = 7R + R \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{8R} = \frac{5}{8R} \quad f = \frac{8R}{5} \quad \text{ответ 1): } f = \frac{8R}{5}$$



изображение снова совпало. (с источника) значит, крайние лучи пучка света источника опять совпали. Совпадение двух лучей возможно, когда I) либо они отразились перпендикулярно, либо II) поменялись местами, упав в одну точку под равными углами. Здесь виден второй случай, т.к. лучи не перпендикулярны шару, и не могут быть перпендикулярными его внутренней поверхности.



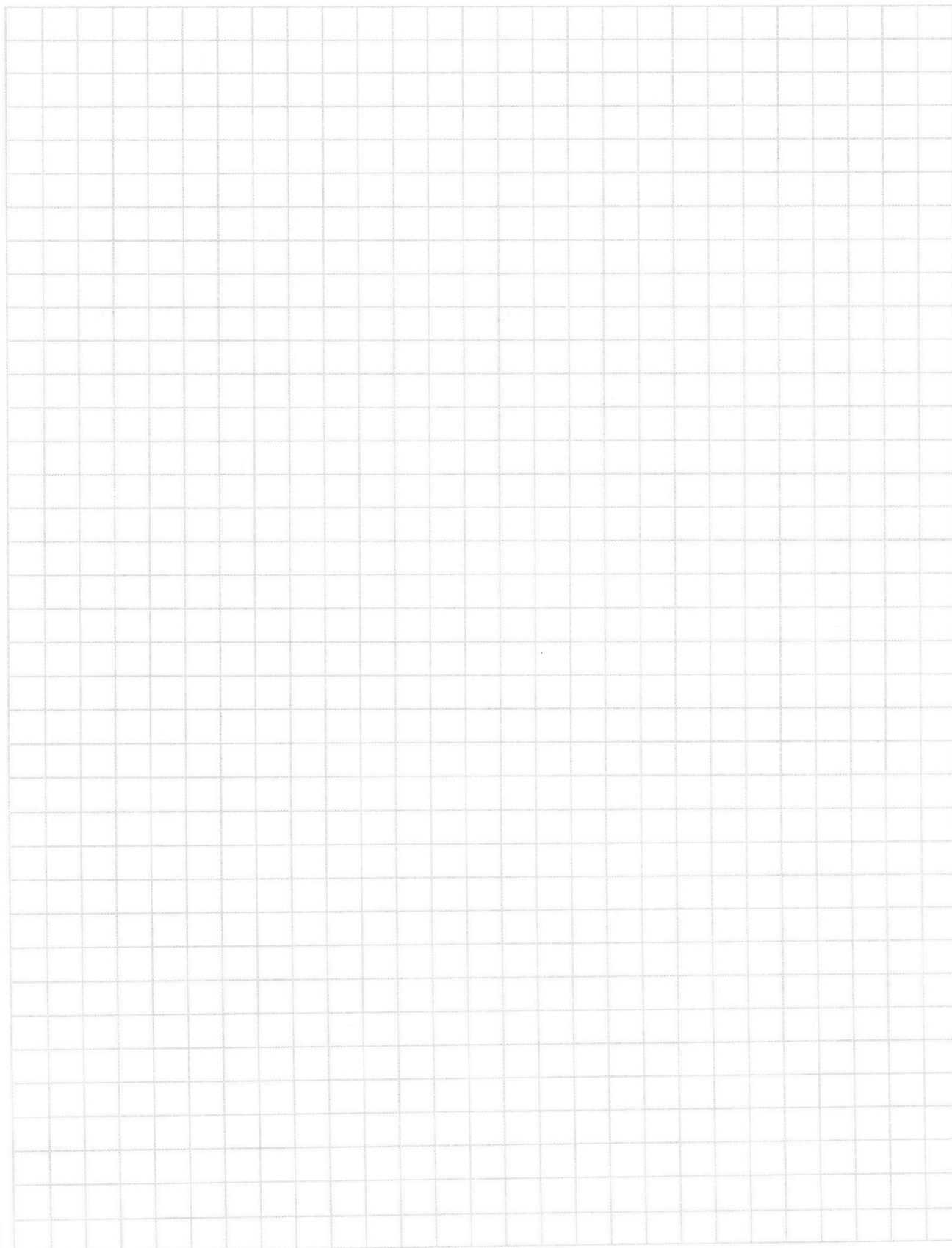


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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 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!

2) $a_0 M = F_{\text{отн}} - F_{\text{тр}}$ (Брусок сразу начал двигаться)

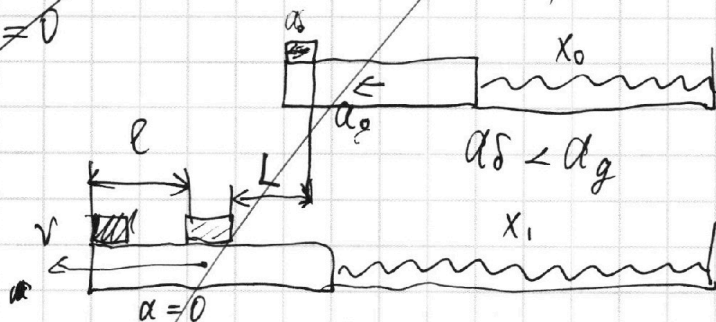
по условию, при $v_0 = v_g = v$ ($v_{\text{отн}} = 0$); $a_g = 0$
 $F_{\text{тр}} = \mu mg$ $F_{\text{отн}} = kx_0$

$M a_g = F_{\text{отн}} - F_{\text{тр}} = 0$

$kx_1 - \mu mg = 0$

$kx_1 = \mu mg$

$x_1 = \frac{\mu mg}{k}$



$E_0 = \frac{kx_0^2}{2}$

$E_1 = \frac{(m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2}$

$A_{\text{тр}} = L \cdot F_{\text{тр}} = \mu mg L$

L - перемещение бруска 0 → 1

~~kx_0^2~~

~~$\frac{mv^2}{2} = A_{\text{тр}}$~~ (З.С.Э. для бруска)

1
4
56
34
39 2
168
207 2
192
252
252
1400
688

~~$\frac{(m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$~~

~~$\frac{(2m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$~~

~~$\frac{(2m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$~~

~~$\frac{(2m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$~~

~~$\frac{(2m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$~~

~~$\frac{(2m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$~~

~~$\frac{(2m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$~~

~~$\frac{(2m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$~~

~~$\frac{(2m+M)v^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$~~

~~$\frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{k(x_0^2 - x_1^2)}{2} + \mu mg L$~~

~~$\frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{k(x_0^2 - x_1^2)}{2} + \mu mg L$~~

~~$\frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{k(x_0^2 - x_1^2)}{2} + \mu mg L$~~

~~$\frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{k(x_0^2 - x_1^2)}{2} + \mu mg L$~~

~~$\frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{k(x_0^2 - x_1^2)}{2} + \mu mg L$~~

~~$\frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{k(x_0^2 - x_1^2)}{2} + \mu mg L$~~