



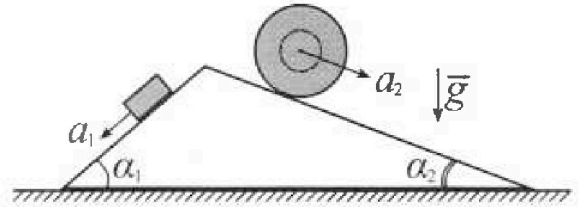
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

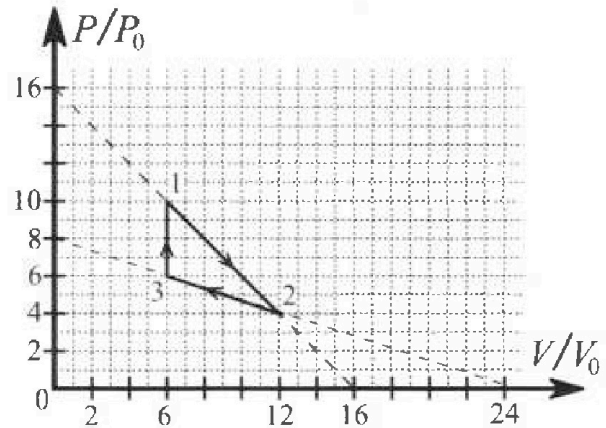
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.



- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость P/P_0 от V/V_0 . Здесь V и P - объем и давление газа, V_0 и P_0 - некоторые неизвестные объем и давление.

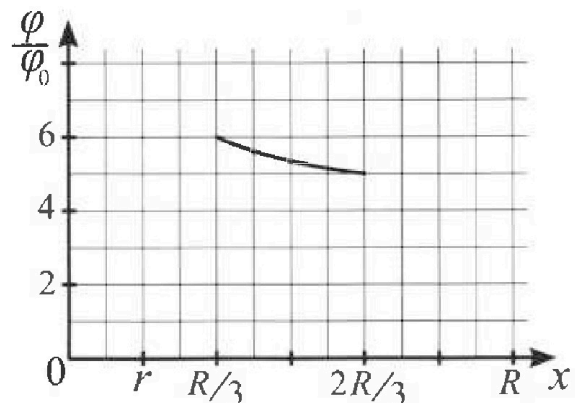
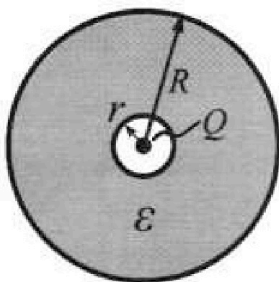


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными r , R , Q , ϵ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 11R/12$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



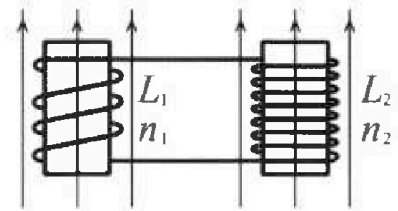
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

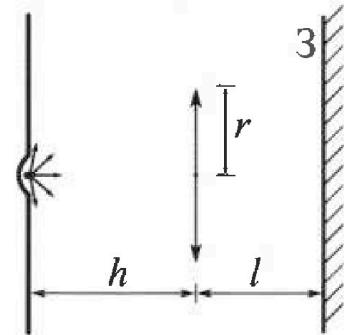


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) нач нет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $3B_0/4$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $4B_0$ до $8B_0/3$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии h расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 2h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 4$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h/2$ расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в $[\text{см}^2]$ в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



1 2 3 4 5 6 7

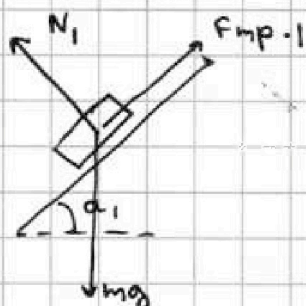
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

21

1) По Тл. о движении $m \cdot a_{y/m} = \sum \vec{F}_i$ вверх.

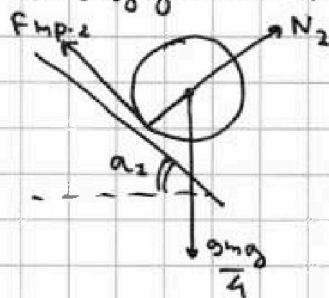
2) Какие внешние силы действуют на брусок? Сила тяжести, сила реакции опоры и сила трения между телом и клином:



$$\begin{aligned}
 m \cdot a_1 &= mg \cdot \sin \alpha_1 - F_{\text{тр.1}} \Rightarrow \\
 \Rightarrow m \cdot \frac{5g}{17} &= mg \cdot \frac{3}{5} - F_1 \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{5g}{17} &= \frac{3g}{5} - \frac{F_1}{m} \Rightarrow \frac{F_1}{m} = \frac{3g}{5} - \frac{5g}{17} = \\
 &= \frac{51g - 25g}{85} = \frac{26g}{85} \Rightarrow F_1 = \frac{26mg}{85}
 \end{aligned}$$

Значит найдем и N_1 . По клин в покое, $N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1 =$
 $= mg \cdot \frac{4}{5} = \frac{4mg}{5}$

3) Какие внешние силы действуют на шар? Эти силы: сила тяжести, сила реакции опоры и сила трения между телом и клином:



$$\begin{aligned}
 \frac{9m}{4} \cdot a_2 &= \frac{9mg}{4} \cdot \sin \alpha_2 - F_{\text{тр.2}} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{9m}{4} \cdot \frac{8g}{27} &= \frac{9mg}{4} \cdot \frac{8}{17} - F_2 \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{8g}{27} &= \frac{8g}{17} - \frac{4F_2}{9m} \Rightarrow \frac{4F_2}{9m} = \frac{8g}{17} - \frac{8g}{27} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{4F_2}{9m} &= \frac{8g \cdot 10}{27 \cdot 17} \Rightarrow F_2 = \frac{8g \cdot 10 \cdot 9 \cdot m}{27 \cdot 17 \cdot 4} = \\
 &= \frac{20mg}{51}
 \end{aligned}$$

Значит найдем N_2 . По клин в покое, $N_2 = \frac{9m}{4} g \cdot \cos \alpha_2 =$
 $= \frac{9mg}{4} \cdot \frac{15}{17} = \frac{135mg}{68}$

4) Какие силы действуют на клин? По III закону Ньютона на него действуют силы реакции (перпендикулярные) со стороны шарика и бруска (+ сила тяжести). Также на него

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.

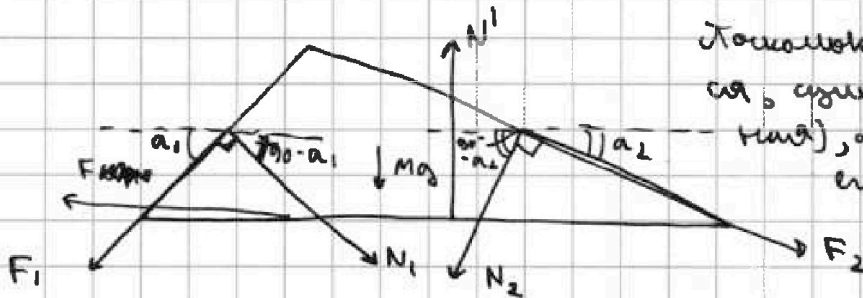


1 2 3 4 5 6 7

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!

действующая сила эффекта электростатического взаимодействия
 F_e - на электростатическую и сила тяжести:



Поскольку частица находится в равновесии, сумма сил (векторов) действующих на неё должна быть равна нулю:

$$F + F_1 \cdot \cos \alpha_1 + N_2 \cdot \sin \alpha_2 - N_1 \cdot \sin \alpha_1 - F_2 \cdot \cos \alpha_2 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F = N_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \cos \alpha_2 - F_1 \cdot \cos \alpha_1 - N_2 \cdot \sin \alpha_2 =$$

$$= \frac{4 \text{ мкг}}{5} \cdot \frac{3}{5} + \frac{20 \text{ мкг}}{51} \cdot \frac{15}{17} - \frac{26 \text{ мкг}}{85} \cdot \frac{4}{5} - \frac{135 \text{ мкг}}{68} \cdot \frac{8}{17} =$$

$$= \frac{12 \text{ мкг}}{25} + \frac{300 \text{ мкг}}{867} - \frac{104 \text{ мкг}}{425} - \frac{1080 \text{ мкг}}{1156}$$

$$= \frac{12 \text{ мкг}}{5 \cdot 5} + \frac{300 \text{ мкг}}{17 \cdot 5 \cdot 17} - \frac{104 \text{ мкг}}{5 \cdot 5 \cdot 17} - \frac{1080 \text{ мкг}}{17 \cdot 4 \cdot 17} =$$

$$= \frac{12 \text{ мкг} \cdot 17 - 104 \text{ мкг}}{5 \cdot 5 \cdot 17} + \frac{300 \text{ мкг} \cdot 4 - 1080 \text{ мкг} \cdot 3}{17 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 17} =$$

$$= \frac{100 \text{ мкг}}{5 \cdot 5 \cdot 17} - \frac{2040 \text{ мкг}}{17 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 17} = \frac{4 \text{ мкг}}{17} - \frac{10 \text{ мкг}}{17} =$$

$$= -\frac{6 \text{ мкг}}{17} \text{ (не согласен с направлением } F \text{)}.$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{26 \text{ мкг}}{85}$

2) $F_2 = \frac{20 \text{ мкг}}{51}$

3) $\frac{6 \text{ мкг}}{17}$

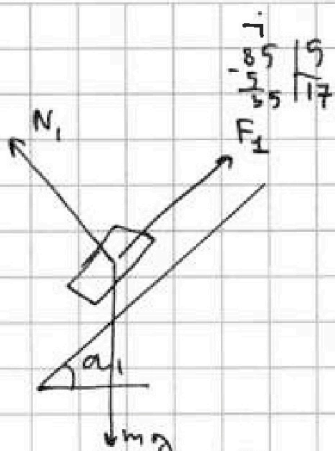
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
— ИЗ —

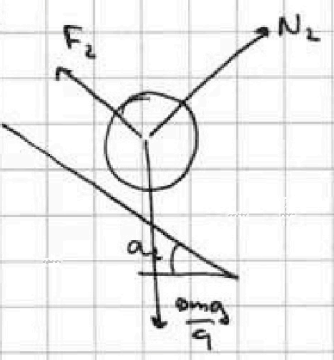
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$m a_1 = m g \cdot \sin \alpha_1 - F_1$$

$$a_1 = g \cdot \sin \alpha_1 - \frac{F_1}{m}$$

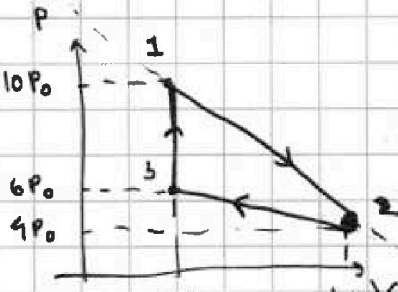
$$\frac{5g}{17} = g \cdot \frac{3}{5} - \frac{F_1}{m} \Rightarrow \frac{F_1}{m} = \frac{3g}{5} - \frac{5g}{17} = \frac{51g - 25g}{85} = \frac{26g}{85} \Rightarrow F_1 = \frac{26mg}{85}$$



$$\frac{9m}{4} \cdot a_2 = \frac{9mg}{4} \cdot \sin \alpha_2 - F_2$$

$$\Rightarrow a_2 = g \cdot \frac{8}{17} - \frac{4F_2}{9m}$$

$$\Rightarrow \frac{4F_2}{9m} = \frac{8g}{17} - \frac{8g}{27} = \frac{8g \cdot 27 - 8g \cdot 17}{17 \cdot 27} = \frac{8g \cdot 10}{17 \cdot 27}$$



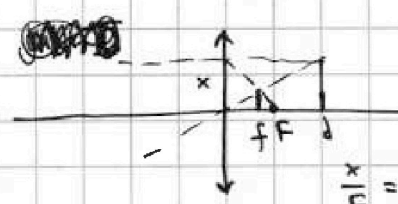
$$10P_0 \cdot 6V_0 = \gamma R T_1$$

$$4P_0 \cdot 12V_0 = \gamma R T_2$$

$$\frac{1}{h} = \frac{1}{f} - \frac{3}{2h} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{h} + \frac{3}{2h} = \frac{5}{2h}$$

$$B_0 + L I_1 + \frac{3}{2} \cdot 4B_0 + \frac{27 L I_1}{8} = \frac{380}{4} + L I_2 + \frac{27 L I_2}{8} + \frac{3}{2} \cdot \frac{380}{8}$$

$$7B_0 + \frac{35 L I_1}{8} = \frac{1980}{4} + \frac{55 L I_2}{8}$$



$$\frac{35 L I_2}{8} = \frac{380}{4} + \frac{35 L I_1}{8}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{8} = \frac{1}{f} - \frac{1}{8}$$

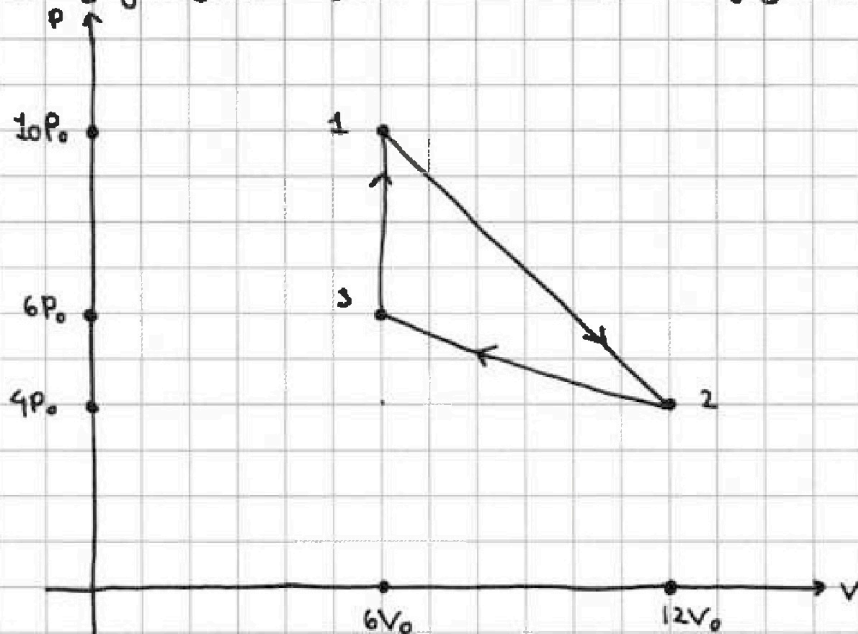
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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) Нарисуем цикл в $P(V)$ -координатах:



1) Найдем работу A цикла по циклу. Она равна площади под нарисованным выше графиком:

$$A = \frac{1}{2} \cdot 6P_0 \cdot 6V_0 - \frac{1}{2} \cdot 2P_0 \cdot 6V_0 = \frac{1}{2} \cdot 6V_0 \cdot 4P_0 = 3V_0 \cdot 4P_0 = 12P_0V_0$$

2) Пусть T_1 - температура газа в первом состоянии, T_2 - во втором, ν - к-во газа:

$$1: 10P_0 \cdot 6V_0 = \nu RT_1$$

$$2: 4P_0 \cdot 12V_0 = \nu RT_2$$

Газ одноатомный \Rightarrow его энергия U_1 в первом состоянии =

$$= \frac{3}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} \cdot 60P_0V_0 = 90P_0V_0, \text{ а энергия } U_2 \text{ во втором} =$$

$$= \frac{3}{2} \nu RT_2 = \frac{3}{2} \cdot 48P_0V_0 = 72P_0V_0$$

Изменение энергии внутренней энергии газа в пр-се

$$1 \rightarrow 2 = U_1 - U_2 = 90P_0V_0 - 72P_0V_0 = 18P_0V_0 = \sigma U$$

$$4) \frac{\sigma U}{A} = \frac{18P_0V_0}{12P_0V_0} = \frac{18}{12} = \frac{3}{2}$$

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!

5) Вывести уравнение, которому отвечает процесс 1-2. Зависимость $P(V)$ в нем линейная \Rightarrow
 $\Rightarrow P = kV + b$

$$10P_0 = k \cdot 6V_0 + b \quad \Rightarrow \quad 6P_0 = -6kV_0 \Rightarrow k = -\frac{P_0}{V_0} \Rightarrow$$

$$4P_0 = k \cdot 12V_0 + b$$

$$\Rightarrow 10P_0 = -\frac{P_0}{V_0} \cdot 6V_0 + b \Rightarrow 10P_0 = -6P_0 + b \Rightarrow b = 16P_0.$$

Снова \Rightarrow $P = -\frac{P_0}{V_0} \cdot V + 16P_0$

$PV = \nu RT \Rightarrow T$ в процессе 1-2 \Rightarrow зависит от V линейно-квадратично образом: $T = \frac{PV}{\nu R} = \frac{1}{\nu R} \cdot \left(-\frac{P_0}{V_0} \cdot V + 16P_0\right) \cdot V =$
 $= \frac{1}{\nu R} \cdot \left(-\frac{P_0}{V_0} \cdot V^2 + 16P_0 \cdot V\right).$

Вопрос этого уравнения $V=0$ и $V=16V_0 \Rightarrow$ максимальная температура достигается при $V=8V_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow T_{\max} = \frac{1}{\nu R} \cdot \left(-\frac{P_0}{V_0} \cdot 64V_0^2 + 16P_0 \cdot 8V_0\right) = \frac{1}{\nu R} \cdot \left(-64P_0V_0 + 128P_0V_0\right) = \frac{1}{\nu R} \cdot 64P_0V_0$$

6) Пусть T_3 - температура газа в состоянии 3.

$$6P_0 \cdot 6V_0 = \nu RT_3 \Rightarrow T_3 = \frac{36P_0V_0}{\nu R}.$$

$$7) \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{64P_0V_0 \cdot \nu R}{\nu R \cdot 36P_0V_0} = \frac{64}{36} = \frac{32}{18} = \frac{16}{9}.$$

$$8) Q_{11} = A_{11} + \nu U_{11} = 0 + \frac{3}{2} \cdot (10P_0 \cdot 6V_0 - 6P_0 \cdot 6V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6V_0 \cdot 4P_0 =$$

$$= 3 \cdot 6V_0 \cdot 2P_0 = 36P_0V_0$$

$$Q_{12} = A_{12} + \nu U_{12} = \frac{1}{2} \cdot (10P_0 + 4P_0) \cdot 6V_0 - 18P_0V_0 = 5V_0 \cdot 14P_0 - 18P_0V_0 =$$

$$= 42P_0V_0 - 18P_0V_0 = 24P_0V_0$$

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.



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!

В трубах $3 \rightarrow 1$ и $1 \rightarrow 2$ тепло производится \Rightarrow в трубе $2 \rightarrow 3$ оно отводится $\Rightarrow Q_{\text{своб.}} = Q_{31} + Q_{12} = 36 P_0 V_0 + 24 P_0 V_0 =$
 $= 60 P_0 V_0$

Сила тока, $\eta = \frac{A}{Q_{\text{своб.}}} = \frac{12 P_0 V_0}{60 P_0 V_0} = \frac{1}{5} = 0,2$

Ответ: 1) $\frac{3}{2} = 1,5$

2) $\frac{16}{9}$

3) $0,2$



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.

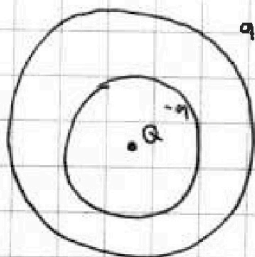
1 2 3 4 5 6 7

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. Печать QR-кода не допускается!

- 1) Из-за наличия создаваемого точечного заряда Q , на внешней поверхности сферы индуцируется отрицательный заряд $-q$, а на внешней - положительный заряд q .
- 2) Эти заряды q и $-q$ распределены по поверхности сферы равномерно.

3)



Эквивалент q через Q . Так как внутри сферы $\forall \epsilon$ раз меньше поля точечного заряда Q :

$$\frac{kQ}{\epsilon r^2} = \frac{kQ}{r^2} - \frac{kq}{r^2} \Rightarrow \frac{Q}{\epsilon} = Q - q \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q = Q - \frac{Q}{\epsilon} = Q \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$$

- 4) Ответим на первый вопрос.

$$\text{Если } r < \frac{11R}{12} : \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R} = \frac{kQ \cdot 12}{11R} - \frac{k \cdot Q \cdot (\epsilon - 1) \cdot 12}{\epsilon \cdot 11R} + \frac{kQ \cdot (\epsilon - 1)}{\epsilon R} = \frac{12kQ}{11R} - \frac{12kQ \cdot (\epsilon - 1)}{11\epsilon R} + \frac{kQ \cdot (\epsilon - 1)}{\epsilon R}$$

$$\text{Если } r > \frac{11R}{12} : \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{r} + \frac{kq}{R} = \frac{kQ \cdot 12}{11R} - \frac{kQ \cdot (\epsilon - 1)}{\epsilon r} + \frac{kQ \cdot (\epsilon - 1)}{\epsilon R}$$

- 5) Поскольку зависимость на графике линейная, на ней представлена зависимость $\varphi(x)$ внутри какой-то одной однородной области (внутри диэлектрика или внутри полости сферы).

Докажем, $r < \frac{R}{3}$ (то есть дана зависимость внутри диэлектрика).

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R}$$

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 6\varphi_0 = \frac{kQ \cdot 3}{R} - \frac{kq \cdot 3}{R} + \frac{kq}{R} = \frac{kq}{R} - \frac{3kq}{R} + \frac{3kQ}{R} = \frac{3kQ}{R} - \frac{2kq}{R}$$



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!

$$\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{kQ \cdot 3}{2R} - \frac{kq \cdot 3}{2R} + \frac{kq}{R} = \frac{3kQ}{2R} - \frac{3kq}{2R} + \frac{2kq}{2R} = \frac{3kQ}{2R} - \frac{kq}{2R} =$$

$$= 5\varphi_0$$

$$\frac{kq}{2R} = \frac{3kQ}{2R} - 5\varphi_0 \Rightarrow q = 3Q - \frac{2R \cdot 5\varphi_0}{k} = 3Q - \frac{10R\varphi_0}{k}$$

$$\frac{2kq}{R} = \frac{3kQ}{R} - 6\varphi_0 \Rightarrow q = \frac{3Q}{2} - \frac{3\varphi_0 R}{k}$$

$$\frac{3Q}{2} - \frac{3\varphi_0 R}{k} = 3Q - \frac{10R\varphi_0}{k} \Rightarrow \frac{3Q}{2} = \frac{7\varphi_0 R}{k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{kq}{2R} = \frac{k}{R} \cdot \frac{7\varphi_0 R}{k} - 5\varphi_0 = 2\varphi_0 \Rightarrow \frac{k}{2R} \cdot Q \cdot \frac{(E-1)}{E} = 2\varphi_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{Q \cdot (E-1)}{ER} \cdot \frac{7\varphi_0 R}{3k} = 2\varphi_0 \Rightarrow \frac{7 \cdot (E-1)}{3E} = 2 \Rightarrow 6E = 7E - 7 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = 7.$$

Допустим, $v > \frac{2R}{3}$ (выступы полностью находимся) \Rightarrow

$$\Rightarrow \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{v} + \frac{kq}{R}$$

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{kQ \cdot 3}{R} - \frac{kq}{v} + \frac{kq}{R} = 6\varphi_0$$

$$\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{kQ \cdot 3}{2R} - \frac{kq}{v} + \frac{kq}{R} = 5\varphi_0$$

$$\frac{3kQ}{2R} = \varphi_0$$

Из условия следует что дано поле выступов
электризации E . Стало быть, второй случай не
рассматриваем $\Rightarrow v < \frac{R}{3} \Rightarrow v < \frac{11R}{12}$.

Ответ: 1) $\frac{12kQ}{11R} - \frac{12kQ \cdot (E-1)}{11ER} + \frac{kQ \cdot (E-1)}{ER}$.

2) $E = 7$

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
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!

24

2) Пусть B_1 - внешнее поле внутри катушки 1 в какой-то момент, $B_{\text{сдв.1}}$ - соответствующее поле внутри катушки 1 в этот же момент.

B_2 и $B_{\text{сдв.2}}$ - внешнее и соответствующее поле катушки 2 в этот же момент соответственно.

2) Так известно, $B_{\text{сдв.1}} = L_1 I_1$, а $B_{\text{сдв.2}} = L_2 I_2$. Поскольку катушки соединены последовательно, то $B_{\text{сдв.1}} = LI$, а $B_{\text{сдв.2}} = \frac{9L}{4} I = \frac{9LI}{4}$ (I - ток через катушки в этот момент).

3) Поток через первую катушку в этот момент = $(B_1 + B_{\text{сдв.1}}) \cdot n_1 S = nS \cdot (B_1 + LI) = \Phi_1$

Поток через вторую катушку = $\Phi_2 = (B_2 + B_{\text{сдв.2}}) \cdot n_2 S = (B_2 + \frac{9L}{4} I) \cdot \frac{3n}{2} \cdot S$

$$4) \mathcal{E}_1 = - \frac{d\Phi_1}{dt} = - nS \cdot (\dot{B}_1 + L\dot{I})$$

$$\mathcal{E}_2 = - \frac{d\Phi_2}{dt} = - \frac{3nS}{2} \cdot (\dot{B}_2 + \frac{9L}{4}\dot{I}) = - \frac{3nS}{2} \cdot (\dot{B}_2 + \frac{9L}{4}\dot{I})$$

5) $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0$ (токовые катушки никак не связаны в цепи кем) \Rightarrow

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot (\dot{B}_1 + L\dot{I}) + \frac{3nS}{2} \cdot (-\dot{B}_2 + \frac{9L}{4}\dot{I}) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{B}_1 + L\dot{I} + \frac{3B_2}{2} + \frac{27LI}{8} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_1 + LI + \frac{3B_2}{2} + \frac{27LI}{8} = \text{const}$$

6) Известно на первом этапе. Изменения происходят так, что $B_2 = 0$, а $B_1 = -a$ \Rightarrow

$$\Rightarrow -a + L\dot{I} + \frac{27LI}{8} = 0 \Rightarrow a = \frac{35LI}{8} \Rightarrow \dot{I} = \frac{8a}{35L}$$



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!

7) Ответим на вторую задачу. Пусть \mathcal{E} самым малым изменением силы катушки энергии ток I_1 , а к катушке изменений \Rightarrow ток I_2 .

Сначала пусть,

$$\mathcal{E}_0 + LI_1 = \frac{3}{2} \cdot 4\mathcal{E}_0 + \frac{27LI_1}{8} = \frac{3\mathcal{E}_0}{4} + LI_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{8\mathcal{E}_0}{3} + \frac{27LI_2}{8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 7\mathcal{E}_0 + \frac{35LI_1}{8} = \frac{9\mathcal{E}_0}{4} + \frac{35LI_2}{8} \Rightarrow \frac{35LI_2}{8} = \frac{35LI_1}{8} + \frac{9\mathcal{E}_0}{4} - 7\mathcal{E}_0 = \frac{35LI_1}{8} - \frac{13\mathcal{E}_0}{4}$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 + \frac{18\mathcal{E}_0}{35L}$$

$$\Rightarrow \frac{35LI_1}{8} - 5\mathcal{E}_0 = \frac{35LI_2}{8} + \frac{3\mathcal{E}_0}{4} - 4\mathcal{E}_0 = \frac{35LI_2}{8} - \frac{13\mathcal{E}_0}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{35LI_2}{8} = \frac{35LI_1}{8} + \frac{13\mathcal{E}_0}{4} - 5\mathcal{E}_0 = \frac{35LI_1}{8} - \frac{7\mathcal{E}_0}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 - \frac{7\mathcal{E}_0}{4} \cdot \frac{8}{35L} = I_1 - \frac{2\mathcal{E}_0}{5L}$$

Ответ: $\pm) \frac{8a}{35L}$



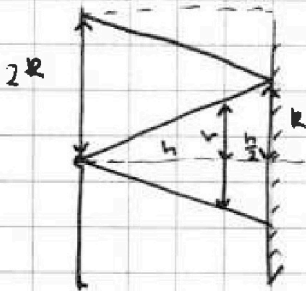
1 2 3 4 5 6 7

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!

25

а) Эти лучи, которые не попадают в линзу, доходят до зеркала и освещают его:

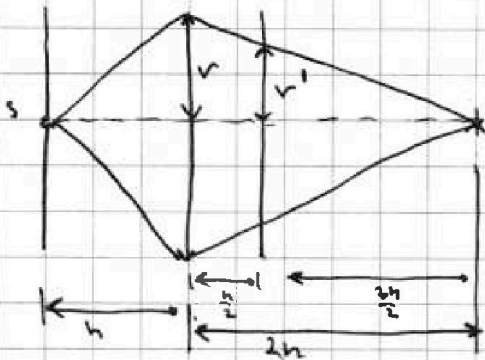


$$\frac{r}{h} = \frac{R \cdot 2}{3h} \Rightarrow R = \frac{3r}{2}$$

Затем эти лучи отражаются от зеркала и попадают на стелу, освещая её. Дело, что тогда на расстоянии (по вертикали) $2R$ и более стела будет освещена.

б) Пленка разбита с лучами, которые попадают в линзу. Поскольку предмет находится от линзы на расстоянии больше фокусного:

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{2h} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3-2}{2h} = \frac{1}{2h} \Rightarrow f = 2h \text{ (} f \text{ - расстояние между линзой и изображением предмета в линзе).}$$



Когда область зеркала займем S^* r' будет освещена:

$$\frac{r}{2h} = \frac{r' \cdot 2}{5h} \Rightarrow r' = \frac{3r}{4}$$

Сила света, необходимая будет часть ~~света~~ ^{зеркала} r' и R . Ее мощность $S = \pi R^2 - \pi r'^2 =$

$$= \pi \cdot \frac{9r^2}{4} - \pi \cdot \frac{9r^2}{16} = \pi \cdot \frac{9r^2}{4} \cdot \left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{\pi \cdot 9r^2}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27\pi r^2}{16} = \frac{27\pi}{16} \cdot 16 = 27\pi \text{ Вт}$$

в) Лучи, проходящие через линзу, попадают на зеркало и отражаются от него. А потом снова проходят через линзу.

г) S^* - минимальный предмет для зеркала. Его изображение S^{**} будет находиться на расстоянии $\frac{3h}{2}$ от зер-

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

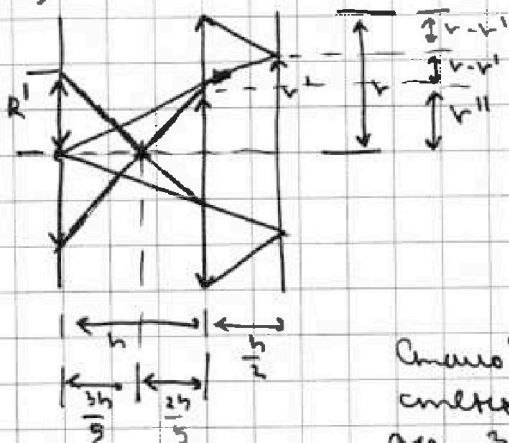
СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!

если (то есть не расстоянием h от линзы слева от неё). Это изображение S^{**} для линзы будет минимально \Rightarrow расстояние f' между линзой и изображением определится в системе можно найти как так:

$$\frac{1}{h} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f'} = \frac{1}{F} + \frac{1}{h} = \frac{3}{2h} + \frac{1}{h} = \frac{5}{2h} \Rightarrow f' = \frac{2h}{5}$$

5)



$$\Rightarrow v'' = v - 2 \cdot (v - v') = v - 2v + 2v' = 2v' - v = \frac{6v}{4} - v = \frac{3v}{2} - v = \frac{v}{2}$$

$$\frac{R' \cdot f'}{3h} = \frac{v'' \cdot 5}{2h} \Rightarrow R' = \frac{3v''}{2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v}{2} = \frac{3v}{4}$$

Самое главное, не будет обвешена сумма площадей между R' и $2R$, то есть между $\frac{3v}{4}$ и $3v$. Площадь этой части

$$\text{можно найти как } \pi \cdot 9v^2 - \pi \cdot \frac{9v^2}{16} = 9\pi v^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{16}\right) = 9\pi v^2 \cdot \frac{15}{16} = 9\pi \cdot 16 \cdot \frac{15}{16} = 135\pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1) 27π .

2) 135π .

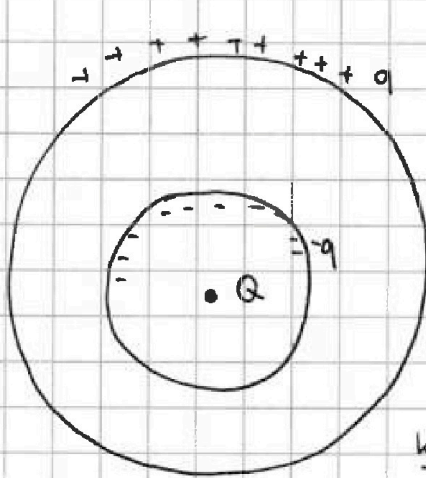


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$(LI + B_{\text{внеш}})hS +$$

$$\frac{kQ}{R} - \frac{kq}{r} = \frac{kQ}{\epsilon_0 R^2}$$

$$kq = kQ - \frac{kQ}{\epsilon_0 R} \cdot R^2 = \frac{kQ}{\epsilon_0} (\epsilon - 1)$$

$$q = \frac{Q \cdot (\epsilon - 1)}{\epsilon}$$

$$\frac{kQ}{R} - \frac{kq}{R} + \frac{kq}{R} = \frac{kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ \cdot (\epsilon - 1)}{\epsilon R} + \frac{kQ \cdot (\epsilon - 1)}{\epsilon R} = \frac{2kQ}{\epsilon R}$$

$$\Phi = (B_{\text{внеш}} + B_{\text{внут}})SN =$$

$$= (LI + B_{\text{внеш}}) \cdot S \cdot h$$

$$\mathcal{E} = \mu_0 NI$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\epsilon}$$

$$\Phi = BS \cdot N = \frac{\mu_0 NI}{\epsilon} \cdot SN = \frac{\mu_0 S}{\epsilon} \cdot N^2 \cdot I$$

$$L_1 I_1 + L_2 I_2 = \text{const} = 0$$

$$\frac{\mu_0 S \cdot h^2}{\epsilon_1} = L$$

$$L_1 = L_2$$

$$\frac{\mu_0 S}{\epsilon_2} \cdot \frac{q h^2}{4} = \frac{qL}{4}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{dB}{dt} \cdot S = aS$$

$$\Phi_1 = (LI + B_{\text{внеш}}) \cdot hS =$$

$$\Phi_2 = \left(\frac{qL}{4} \cdot I + B_{\text{внеш},2} \right) \cdot \frac{3h}{2} \cdot S$$

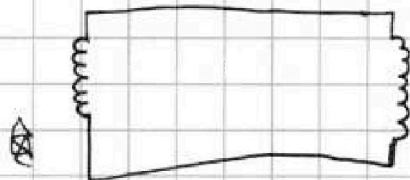
$$\mathcal{E}_1 = -\frac{d\Phi_1}{dt} = (LhS \cdot \dot{I} + hS \cdot \dot{B}_{\text{внеш},1})$$

$$\mathcal{E}_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt} = -\left(\frac{qL}{4} \cdot \frac{3h}{2} \cdot S \cdot \dot{I} + B_{\text{внеш}} \cdot \frac{3h}{2} S \right)$$

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0$$

$$LhS \dot{I} - hS a + \frac{27LhS}{8} \dot{I} = 0$$

$$\text{так } a = \frac{35LI}{8} \Rightarrow \dot{I} = \frac{8a}{35L}$$

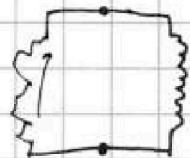


$$L_1 \dot{I} = -L_2 \dot{I}$$

$$LI = \Phi$$

$$\frac{+27}{35}$$

$$a = \frac{dB}{dt} = \frac{LI}{\epsilon_0} \frac{dI}{dt}$$





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!

$$\frac{1}{5} + \frac{1}{f} = \frac{1}{25} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3-2}{25} = \frac{1}{25} \Rightarrow f = 25$$

$$R/5 = \frac{f \cdot 2}{3f} \Rightarrow \frac{R}{5} = \frac{2}{3} \Rightarrow R = \frac{10}{3}$$

$$25 - \frac{5}{2} = \frac{45}{2}$$

$$v = \frac{36}{2 \cdot 24} = \frac{3}{4}$$

$$v' = \frac{36}{9} = 4$$

$$\pi R^2 - \pi v'^2 = \pi \cdot \frac{9v^2}{4} - \pi \cdot \frac{9v^2}{16} =$$

$$= \frac{9v^2}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27\pi v^2}{16}$$