



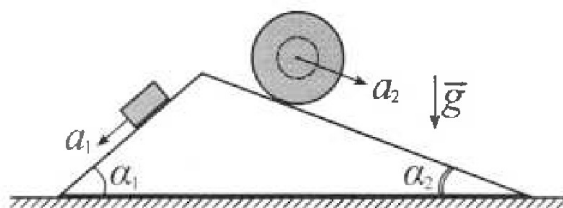
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



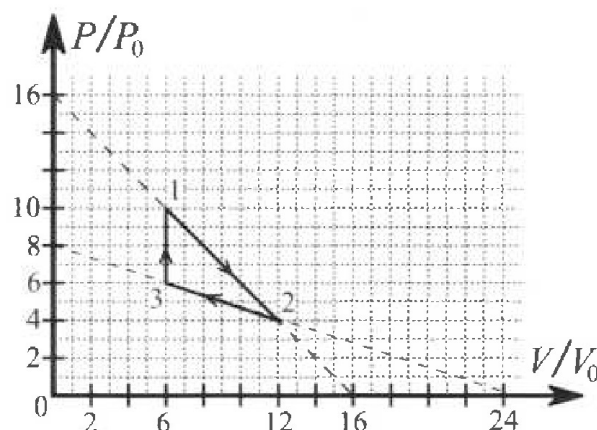
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1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

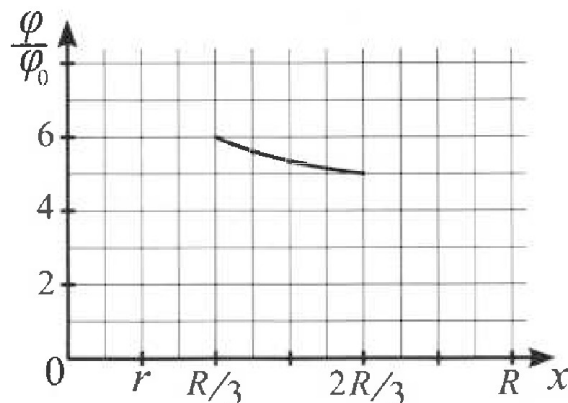
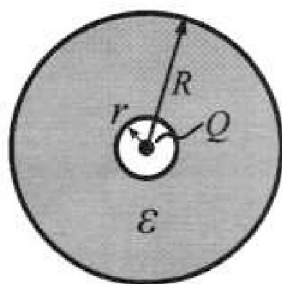


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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.

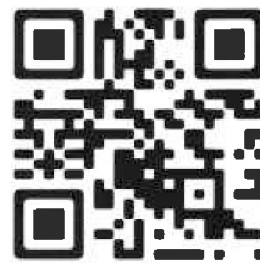
- 1) Считая известными r , R , Q , ϵ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 11R/12$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



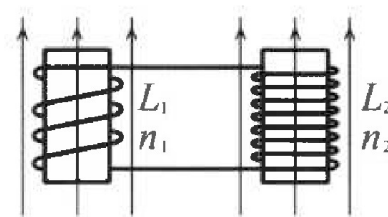
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

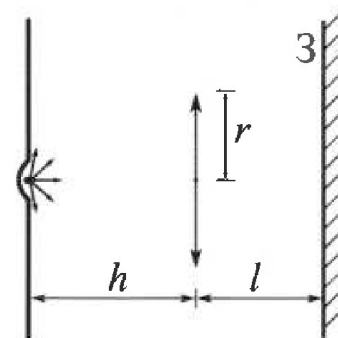


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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.



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 ☐

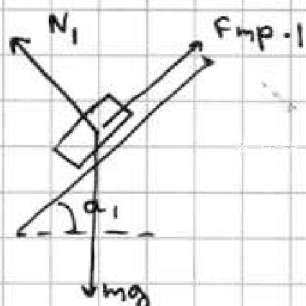
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

21

1) По Тл. о движении $m_{\text{киш}} \cdot a_{\text{киш}} = \sum \vec{F}_i$ состав.

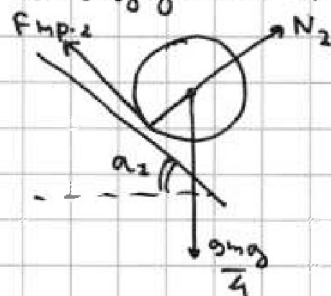
2) Какие внешние силы действуют на брусок? Сила тяжести, сила реакции и сила трения между шиной и клином:



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

Зная a_1 и N_1 . По шиной в покое, $N_1 = m g \cdot \cos \alpha_1 =$
 $= m g \cdot \frac{4}{5} = \frac{4mg}{5}$

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



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

Зная N_2 . По шиной покоится, $N_2 = \frac{9m}{4} g \cdot \cos \alpha_2 =$
 $= \frac{9mg}{4} \cdot \frac{15}{17} = \frac{135mg}{68}$

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



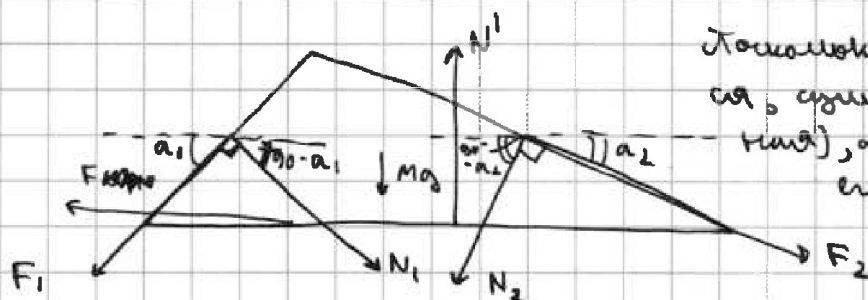
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

и действующая сила реакции опоры, нормальная сила
р - на опору и сила тяжести:



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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: 1) $F_1 = \frac{26mg}{85}$

2) $F_2 = \frac{20mg}{51}$

3) $\frac{6mg}{17}$

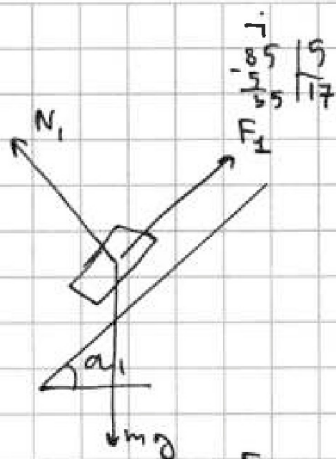


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
из

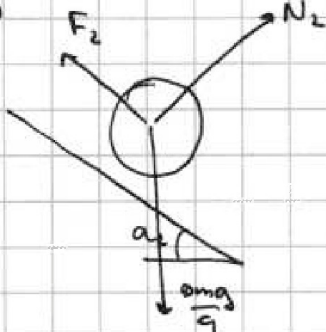
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



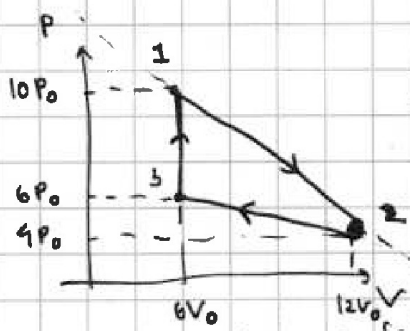
$$\begin{aligned} m a_1 &= m g \cdot \sin \alpha_1 - F_1 \\ a_1 &= g \cdot \sin \alpha_1 - F_1 \\ \frac{5g}{17} &= g \cdot \frac{3}{5} - F_1 \Rightarrow F_1 = \frac{3g}{5} - \frac{5g}{17} = \\ &= \frac{51g - 25g}{85} = \frac{26g}{85} \Rightarrow F_1 = \frac{26mg}{85} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 135 \\ \hline 1080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 280 + \\ \times 24 \\ \hline 72 \end{array}$$



$$\begin{aligned} \frac{9m}{4} \cdot a_2 &= \frac{9mg}{4} \cdot \sin \alpha_2 - F_2 \Rightarrow \\ a_2 &= g \cdot \frac{8}{17} - \frac{4F_2}{9m} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{4F_2}{9m} &= \frac{8g}{17} - \frac{8g}{27} = \frac{8g \cdot 10}{17 \cdot 27} \end{aligned}$$



$$\begin{array}{r} 2040 \mid 12 \\ \hline 84 \\ 39 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 17 \\ \hline 84 \\ 204 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1080 \\ \times 3 \\ \hline 3240 \end{array}$$

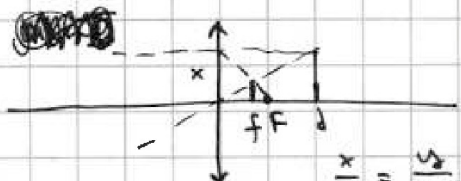
$$10P_0 \cdot 6V_0 = \nu R T_1$$

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

$$\begin{array}{r} 3240 \\ - 1200 \\ \hline 2040 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 8 \\ \hline 128 \\ 64 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{h} &= \frac{1}{f} - \frac{3}{2h} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{h} + \frac{3}{2h} = \frac{5}{2h} \\ B_0 + L I_1 + \frac{3}{2} \cdot 4B_0 + \frac{27 L I_1}{8} &= \frac{3B_0}{4} + L I_2 + \frac{27 L I_2}{8} + \frac{3}{2} \cdot \frac{2B_0}{8} \\ 7B_0 + \frac{35 L I_1}{8} &= \frac{19B_0}{4} + \frac{55 L I_2}{8} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \frac{1}{x} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{x'} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{f} - \frac{1}{x'} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \end{aligned}$$



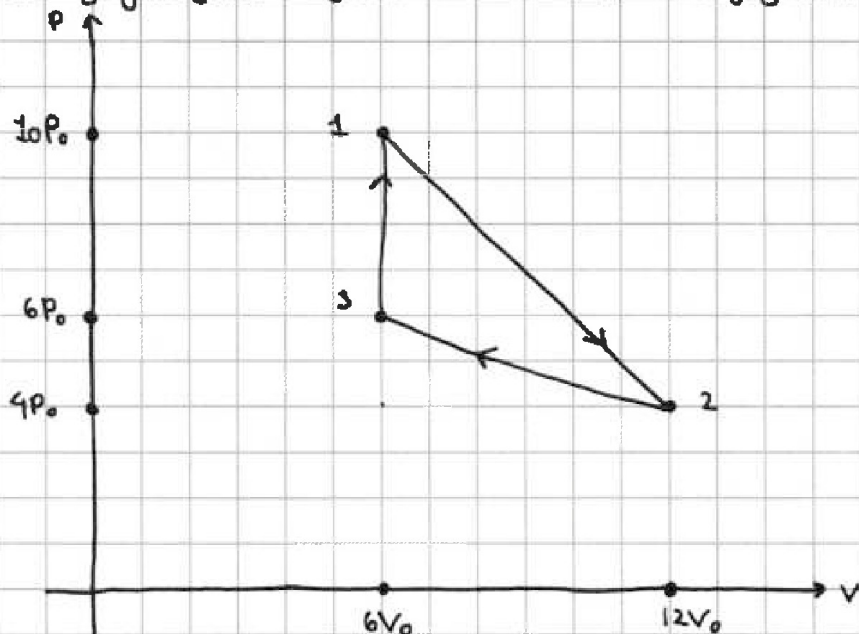
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

32

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



2) Найдем работу $A_{цикл}$ за цикл. Она равна площади под нарисованным выше графиком:

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

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

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

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

Заг. внутренняя 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 внутренней энергии газа в пр-се

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

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



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) Найти уравнение, которым описывается процесс 1-2. Зависимость $P(V)$ в нем линейная $\Rightarrow$
 $\Rightarrow P = kV + b$

$$10P_0 = k \cdot 6V_0 + b$$

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

$$\Rightarrow 6P_0 = -6kV_0 \Rightarrow k = -\frac{P_0}{V_0} \Rightarrow$$

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

Следовательно, $P = -\frac{P_0}{V_0} \cdot V + 16P_0$

$PV = \nu RT \Rightarrow T$ в процессе 1-2 зависит от V следующим образом: $T = \frac{PV}{\nu R} = \frac{1}{\nu R} \cdot \left(-\frac{P_0}{V_0} \cdot V + 16P_0\right) \cdot V =$
 $= \frac{1}{\nu R} \cdot \left(-\frac{P_0}{V_0} \cdot V^2 + 16P_0V\right).$

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

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

6) Найти T_3 - температуру 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 кр-сах $3 \rightarrow 1$ и $1 \rightarrow 2$ тепло производится $\Rightarrow$ в кр-се $2 \rightarrow 3$ оно отводится $\Rightarrow Q_{\text{отд.}} = Q_{31} + Q_{12} = 36 P_0 V_0 + 24 P_0 V_0 = 60 P_0 V_0$

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

Ответ: 1) $\frac{3}{2} = 1,5$

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

3) $0,2$



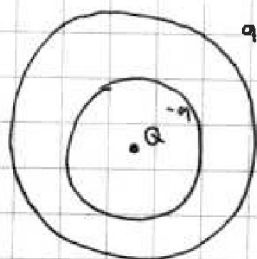
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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. Порча QR-кода недопустима!

- 1) Из-за наличия создаваемого электростатическим зарядом Q , на внутренней поверхности сферы индуцируется отрицательный заряд $-q$, а на внешней - положительный заряд q .
- 2) Эти заряды q и $-q$ распределяются по поверхности сферы равномерно.

3)



Эквивалент q заряд Q . Также внутри сферы E равна нулю, потому что электростатический заряд 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, то можно представить зависимость $\varphi(x)$ внутри сферы как линейную функцию (внутри сферы заряды распределены равномерно).

Допустим, $r < \frac{R}{3}$ (то есть точка находится внутри сферы).

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

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

$$= \frac{3kQ}{R} - \frac{2kq}{R}$$



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!

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

$$= 5\varphi_0$$

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow E = 7.$$

Допустим, $v > \frac{2R}{3}$ (второй цилиндр находится снаружи) $\Rightarrow$

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

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

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

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

Из условия известно что дано поле электрическое. Следовательно, второй цилиндр не заряжен $\Rightarrow v < \frac{R}{3} \Rightarrow v < \frac{11R}{12}$.

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

1) Пусть B_1 — внешнее поле внутри катушки 1 в какой-то момент, $B_{\text{св.1}}$ — собственное поле внутри катушки 1 в этот же момент.

B_2 и $B_{\text{св.2}}$ — внешнее и собственное поле катушки 2 в этот же момент соответственно.

2) Так известно, $B_{\text{св.1}} = L_1 I_1$, а $B_{\text{св.2}} = L_2 I_2$. Поскольку через катушки течет одинаковый ток, $B_{\text{св.1}} = LI$, а $B_{\text{св.2}} = \frac{9L}{4} I = \frac{9LI}{4}$ (I — ток через катушки в этот момент).

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

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

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

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

5) $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0$ (по условию никаких других элементов в цепи нет) $\Rightarrow$

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

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

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

6) Известно по условию, что ток I изменяется экспоненциально 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 второй вопрос. Пусть δ самым малым изменением через катушку энергии ток I_1 , а к концу изменений $\Rightarrow$ ток I_2 .

Сначала пусть,

$$B_0 + LI_1 = \frac{3}{2} \cdot 4B_0 + \frac{27LI_1}{8} = \frac{3B_0}{4} + LI_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{8B_0}{3} + \frac{27LI_2}{8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 7B_0 + \frac{36LI_1}{8} = \frac{9B_0}{4} + \frac{35LI_2}{8} \Rightarrow \frac{35LI_2}{8} = \frac{36LI_1}{8} + \frac{27B_0}{4} - \frac{9B_0}{4} = \frac{36LI_1}{8} + \frac{18B_0}{4}$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 + \frac{18B_0}{35L}$$

$$\Rightarrow \frac{35LI_1}{8} - 5B_0 = \frac{35LI_2}{8} + \frac{3B_0}{4} - 4B_0 = \frac{35LI_2}{8} - \frac{13B_0}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{35LI_2}{8} = \frac{35LI_1}{8} + \frac{13B_0}{4} - 5B_0 = \frac{35LI_1}{8} - \frac{7B_0}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 - \frac{7B_0}{4} \cdot \frac{8}{35L} = I_1 - \frac{2B_0}{5L}$$

Ответ: 1) $\frac{8a}{35L}$.



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 ☐

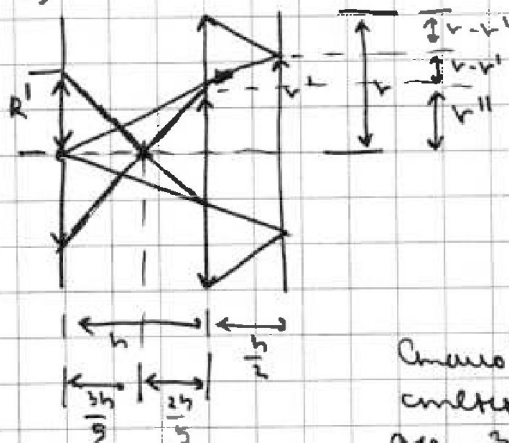
СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!

есть (то есть не расстоянием h от линзы слева от неё). Это изображение S^{**} для линзы будет минимальным $\Rightarrow$ расстояние f' между линзой и изображением определит в системе можно найти 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)



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

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

Самое главное, не будем обескуражены тем, что считали между R' и $2R$, но есть между $\frac{3v}{4}$ и $3v$. Поэтому 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 .

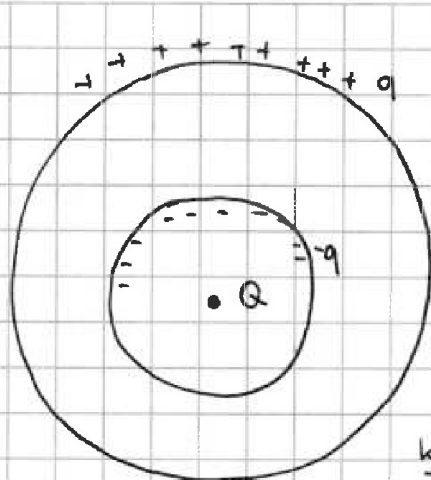


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$(LI + B_{\text{внеш}})hS +$$

$$\frac{kQ}{R} - \frac{kq}{r} = \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$kq = kQ - \frac{kQ}{\epsilon} = \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon}$$

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

$$\frac{kQ}{R} - \frac{kq}{R} + \frac{kq}{R} = \frac{kQ \cdot 2}{11R} - \frac{kQ(\epsilon - 1) \cdot 2}{\epsilon \cdot 11R} + \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon R} = \frac{2kQ}{11R}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$l_1 = l_2$$

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

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

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

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

$$\mathcal{E}_1 = -\frac{d\Phi_1}{dt} = \left(LhS \cdot \dot{I} + hS \cdot B_{\text{внут.1}}\right)$$

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

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

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

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



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

$$LI = 8$$

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

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

