



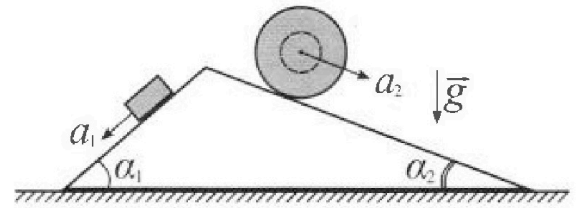
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

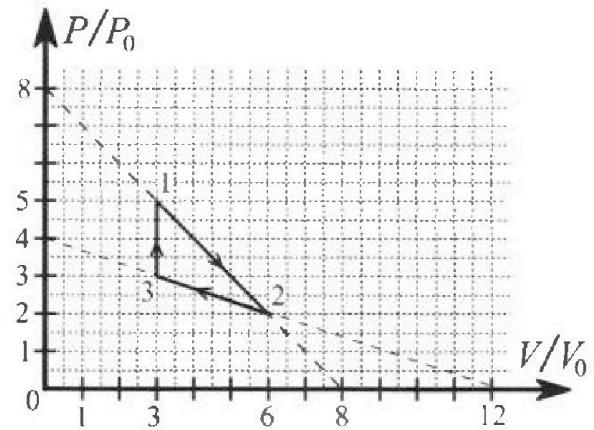
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 7g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $5m$  с ускорением  $a_2 = 8g/25$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 8/17$ ,  $\cos \alpha_2 = 15/17$ ). 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.

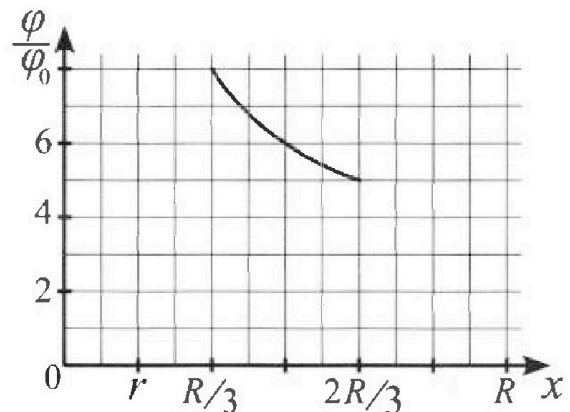
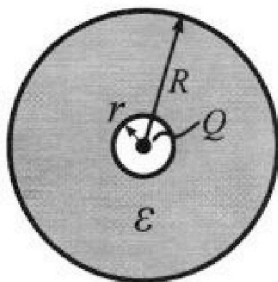


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

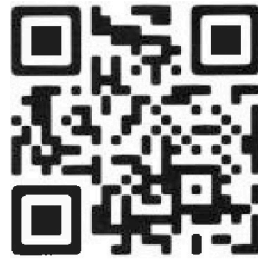
- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



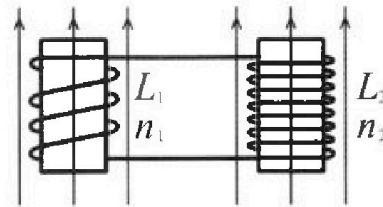
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

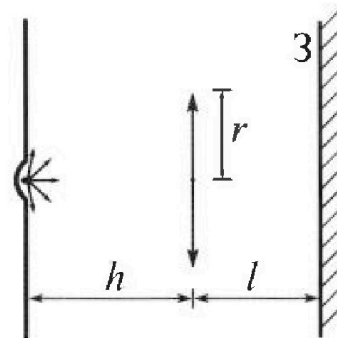


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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) начнет 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  $2B_0/3$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $B_0/3$  до  $B_0/12$ , 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  $F = 2h$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 2$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h$  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 неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

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

Handwritten calculations for problem 5:

$$16/85 + 3/5 = \frac{51 \cdot 4}{85 \cdot 3} = \frac{67}{35} = 1 \frac{32}{35}$$

$$4(67 \cdot 17 - 20 \cdot 25 \cdot 15) = 4(67 \cdot 17 - 7500) = 4(1139 - 7500) = 4(-6361) = -25444$$

$$2000 \cdot 3(20-3) = 6000 \cdot 17 = 102000$$

$$4r^2 - \frac{r^2}{4} = 4 \cdot 2^2 - \frac{2^2}{4} = 16 - 1 = 15$$

$$\frac{15 \cdot 500}{4} = \frac{7500}{4} = 1875$$

$$175 = 85 \cdot 5 + \frac{4 \cdot 3}{5 \cdot 5} = 85 \cdot 5 + \frac{12}{25}$$

$$\frac{64 + 12 \cdot 17}{17 \cdot 5 \cdot 5} = \frac{64 + 204}{425} = \frac{268}{425}$$

$$\frac{80 \cdot 15}{17^2} = \frac{1200}{289}$$

$$268 = 17^2 = 289$$

$$268 = 17^2 = 289$$



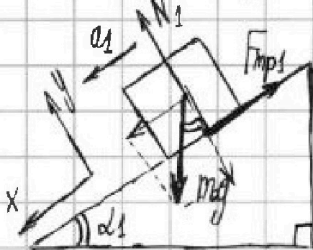
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Запишем второй  $\alpha_1$ -и Ньютона на брусок в системе координат, где ось  $x$  направлена параллельно левой стороне клина, а  $y$  — нормально к ней. Так как брусок не вдавливается в клин и не отрываемся от него, всё ускорение направлено по оси  $x$ :



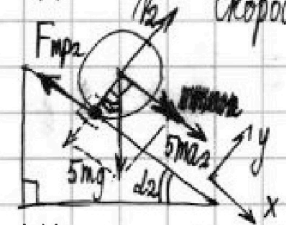
$x: m \cdot a_1 = m \cdot g \cdot \sin \alpha_1 - F_{тр1}$  (так как брусок можно заменить материальной точкой)

$F_{тр1} = m \cdot g \cdot \sin \alpha_1 - m \cdot a_1 = m \cdot g \cdot (3/5) - m \cdot (7g/17) = 16mg/85.$

( $N_1$  — сила реакции опоры,  
 $F_{тр1}$  — касательная сила трения, против движения)

2) Теперь рассмотрим покоящийся шар: к нему модель материальной точки неприменима. Но он катится без проскальзывания, значит скорость точки шара, касающейся клина, в любой момент времени равна нулю относительно земли.

~~Выведем систему координат, направив ось  $x$  вдоль правой стороны клина, а ось  $y$  — по нормали к ней. Если скорость со временем не меняется, то ускорение равно нулю:~~

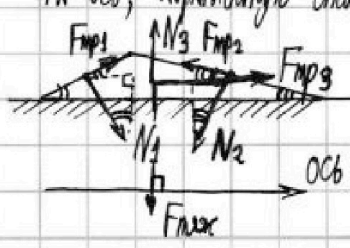


Второй  $\alpha_2$ -и Ньютона на ось  $x$ :  $0 = 5mg \cdot \sin \alpha_2 - F_{тр2} \Rightarrow$

$\Rightarrow F_{тр2} = 5mg \cdot \sin \alpha_2 = 5mg \cdot (8/17) = 40mg/17.$

( $N_2$  — сила реакции опоры,  
 $F_{тр2}$  — касательная сила трения)

3) Наконец, рассмотрим клин: он остаётся в покое, значит действие всех сил скомпенсировано. На него действуют сила реакции опоры  $N_3$  и сила трения  $F_{тр3}$  со стороны стола и по третьему закону Ньютона силы  $N_1, F_{тр1}$  со стороны бруска и  $N_2, F_{тр2}$  со стороны шара; если он имеет массу, то ещё и собственная сила тяжести. Будем смотреть проекции этих сил на ось, параллельную столу:



$0 = F_{тр1} \cdot \cos \alpha_1 + N_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_{тр2} \cdot \cos \alpha_2 - N_2 \cdot \sin \alpha_2 + F_{тр3}$

(из закона Ньютона на ось  $y$  в первых двух пунктах)

$N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1$  и  $N_2 = 5mg \cdot \cos \alpha_2$

(см. след. пункт)



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!

$$3 \text{ (продолжение)} \quad 0 = 16 \text{ mg} / 85 \cdot 4/5 + \text{mg} \cdot 4/5 \cdot 3/5 - 40 \text{ mg} / 17 \cdot 15/17 -$$

$$- 5 \text{ mg} \cdot 8/17 \cdot 15/17 + F_{\text{mp3}} \Rightarrow F_{\text{mp3}} = -6361 \text{ mg} / 9725, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |F_{\text{mp3}}| = 6361 \text{ mg} / 9725$$

Ответ: 1) ~~16 mg / 85~~ 16 mg / 85;

2) ~~40 mg / 17~~ 40 mg / 17;

3) ~~6361 mg / 9725~~ 6361 mg / 9725.



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) Для этих точек локальное приращение температуры  $dQ=0$ , что позволяет записать первое начало термодинамики:  $dQ=0 = dU + dA$ , где  $dA = p \cdot dV$  и  $dU = \frac{3}{2} (V p dT) = \frac{3}{2} ((p+dp)(V+dV) - pV) = \frac{3}{2} (p \cdot dV + dp \cdot V + dp \cdot dV) \approx \left. \frac{3}{2} (p \cdot dV + V \cdot dp) \right|_{dp, dV \rightarrow 0} \Leftrightarrow \frac{5}{2} p \cdot dV + \frac{3}{2} V \cdot dp = 0, \Leftrightarrow 5p = -3V \cdot (dp/dV)$ . Процесс 1-2 описывается уравнением  $p/p_0 = 8 - V/V_0, \Rightarrow dp/dV = -p_0/V_0, \Rightarrow 5(8p_0 - Vp_0/V_0) = -3V \cdot (-p_0/V_0), \Rightarrow V = 5V_0 \dots$



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) Согласно графику, значения  $x_1 = R/3$  и  $x_2 = 2R/3$  лежат в пределах от  $r$  до  $R$ ; найдём потенциалы в этих точках по аналитической (полученной) формуле:

$$\varphi(x_0) = (\dots) = (-Q/4\pi\epsilon_0 x) \Big|_R^\infty + (-Q/4\pi\epsilon_0 x) \Big|_{x_0}^R = (0 - (-Q/4\pi\epsilon_0 R)) +$$

$$+ ((-Q/4\pi\epsilon_0 R) - (-Q/4\pi\epsilon_0 x_0)) = Q/4\pi\epsilon_0 R \cdot (1 - 1/\epsilon + R/\epsilon x_0), \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi(x_1) = Q/4\pi\epsilon_0 R (1 - 1/\epsilon + R/(\epsilon \cdot R/3)) = Q/4\pi\epsilon_0 R (2/\epsilon + 1);$$

$$\varphi(x_2) = Q/4\pi\epsilon_0 R (1 - 1/\epsilon + R/(\epsilon \cdot 2R/3)) = Q/4\pi\epsilon_0 R (\frac{1}{2\epsilon} + 1).$$

С другой стороны, согласно графику  $\varphi(x_1) = 8\varphi_0$  и  $\varphi(x_2) = 5\varphi_0$ , откуда  $\varphi(x_1)/\varphi(x_2) = 8/5 = (2/\epsilon + 1) / (1/2\epsilon + 1)$ ,  $\Leftrightarrow 10 + 5\epsilon =$

$$= 4 + 8\epsilon, \Leftrightarrow 6 = 3\epsilon, \Leftrightarrow \epsilon = 2.$$

Ответ: 1)  $Q(1+3\epsilon)/12\pi\epsilon_0 R$ ;

2) 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 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!

1) Катушки представляют собой единую цепь: по правилу Кирхгофа (первому) токи в катушках одинаковы, а значит одинаковы и скорости их изменения.

В цепи возникает ЭДС индукции из-за изменения потока МП через первую катушку:  $\mathcal{E} = -d\Phi_1/dt = -d(B \cdot S_{\text{эфф}})/dt = (-S n_1) \cdot dB/dt = (-S n_1) \cdot (-\alpha) = \alpha S n_1$ , где  $\Phi_1$  - поток через первую катушку,  $S_{\text{эфф}}$  - эффективная площадь её витков. Но тогда по второму правилу Кирхгофа  $\mathcal{E} - (L I'(t)) - (9L) I'(t) = 0$ , где  $I'(t)$  - скорость изменения тока в катушках,  $\Rightarrow 10L \cdot I'(t) = \alpha S n_1 = \alpha S n$ ,  $\Rightarrow I'(t) = \alpha S n / 10L = |I'(t)|$  (так как  $\alpha > 0$ ).

2) Снова запишем (локально) второе правило Кирхгофа:  $\mathcal{E}(t) - L \cdot (dI(t)/dt) - 9L \cdot (dI(t)/dt) = 0$ ,  $\Leftrightarrow 10L \cdot dI = \mathcal{E}(t) \cdot dt$ ;  $\mathcal{E}(t) = -(d\Phi_1 + d\Phi_2)/dt$ , где  $\mathcal{E}(t)$  - ЭДС индукции,  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  - потоки в первой и во второй катушках,  $\Rightarrow 10L \cdot dI = -(d\Phi_1 + d\Phi_2)/dt \cdot dt = -(d\Phi_1 + d\Phi_2)$ . Просуммируем левую и правую части между начальным моментом времени (когда тока нет) и моментом, к которому поле в катушках больше не меняется:  $10L \cdot \int dI = 10L (I_{\infty} - 0) = -\int d\Phi_1 - \int d\Phi_2 = -n_1 S (2B_0/3 - B_0) - n_2 S (B_0/12 - B_0/3) = n S \cdot (13B_0/12)$ , где  $I_{\infty}$  - установившийся (искомый) ток,  $\Rightarrow I_{\infty} = 13B_0 S / 120L$ .

Ответ: 1)  $I'(t) = \alpha S n / 10L$ ; 2)  $I_{\infty} = 13B_0 S / 120L$ .



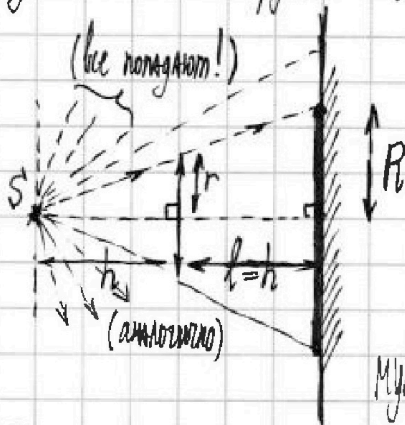
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Все лучи, не проходящие через линзу, попадают на зеркало без изменений. Соответствующая освещённая поверхность представляет собой всю плоскость зеркала без небольшой окружности, чей радиус определяется крайним лучом (см. рисунок):



Из подобных треугольников:  $r/h = R/(h+l)$ ,  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow R = (h+l)r/h = 2hr/h = 2r.$$

Теперь рассмотрим лучи, попадающие в линзу. По формуле тонкой линзы:  $1/h + 1/f = 1/F = 1/2h$ , где

$f$  - расстояние от линзы до изображения (отсчёт от линзы в сторону зеркала),  $\Rightarrow$

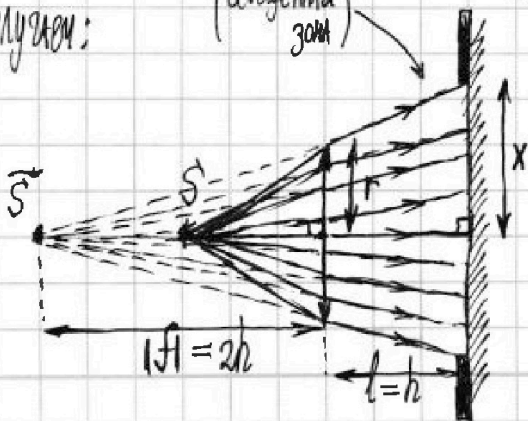
$\Rightarrow f = -2h$  - то есть изображение фокусируется где-то со стороны стены.

Вспомним, что изображение - точка сбора лучей (или их продолжений), пригём уже преломлённых.

Тогда лучи, исходящий из точки изображения и ограниченный линзой, будет создавать такое же распределение света, как и в нашей задаче.

Получаем:

(освещённая зона)



Из подобных треугольников:  $r/|f| = x/(|f|+l)$ ,  $\Rightarrow x = (1+l/|f|)r =$   
 $= 3r/2.$

Наконец, объединим эти два случая:  
(см. след. лист)





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!

1 (продолжение): Результирующая неосвещенная зона получается суперпозицией освещенной окружности радиуса  $x$  поверх темной радиуса  $R$ :  $S = \pi R^2 - \pi x^2 =$   
 $\pi(2r)^2 - \pi(3r/2)^2 = \pi \cdot (7r^2/4) = \pi \cdot (7 \cdot (20\text{см})^2/4) = (\pi \cdot 7) \text{см}^2$   
Объем: ~~7π~~ 7π.

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) В проводнике в установившемся режиме поля нету:  $E_0(x) = 0$  (при  $x \leq r$ ).

В силу симметрии поле одинаково по модулю для любых равноудалённых точек и всегда направлено радиально; тогда по теореме Гаусса поле в диэлектрическом шаре выражается следующим образом:  $E_1(x) \cdot 4\pi x^2 = Q/\epsilon\epsilon_0 \Rightarrow E_1(x) = Q/4\pi\epsilon\epsilon_0 x^2$  (при

$r \leq x \leq R$ ). Аналогично получим поле вне шара:  $E_2(x) \cdot 4\pi x^2 = Q/\epsilon_0 \Rightarrow E_2(x) =$

$= Q/4\pi\epsilon_0 x^2$ . По определению потенциала,  $-\varphi(x_0) + \varphi_\infty = \int_{x_0}^{\infty} E(x) \cdot dx$ , при этом  $\varphi_\infty = 0$ ,  $\Rightarrow -\varphi(x_0) = \int_{x_0}^{\infty} E(x) \cdot dx = \int_{x_0}^{\infty} E_2(x) \cdot dx + \int_{x_0}^R E_1(x) \cdot dx =$

$$= \int_{x_0}^{\infty} (Q/4\pi\epsilon_0 x^2) dx + \int_{x_0}^R (Q/4\pi\epsilon\epsilon_0 x^2) dx = (-Q/4\pi\epsilon_0 x) \Big|_{x_0}^{\infty} + (-Q/4\pi\epsilon\epsilon_0 x) \Big|_{x_0}^R =$$

$$= (-Q/4\pi\epsilon_0) \cdot (1/R - 0 + 4/3\epsilon R - 1/\epsilon R) = -Q(1+3\epsilon)/12\pi\epsilon\epsilon_0 R, \Rightarrow \varphi(3R/4) =$$

$$= -(-\varphi_0(3R/4)) = Q(1+3\epsilon)/12\pi\epsilon\epsilon_0 R.$$

Согласно графику, значения  $x_1 = R/3$  и  $x_2 = 2R/3$  лежат в пределах от  $r$  до  $R$ ; найдём потенциал в этих точках согласно аналитической формуле выше:

$$\varphi(x_1) = \int_{x_1}^{\infty} E_1(x) \cdot dx + \int_{x_1}^R E_2(x) \cdot dx = \int_{x_1}^{\infty} (Q/4\pi\epsilon\epsilon_0) (1/x^2) dx + K =$$

$$= K + (Q/4\pi\epsilon\epsilon_0) (-1/x) \Big|_{x_1}^{\infty} = K + (Q/4\pi\epsilon\epsilon_0) (1/x_1 - 1/R) \Big|_{x_1=R/3} =$$

$$= K + Q/2\pi\epsilon\epsilon_0 R, \text{ где } K = \int_R^{\infty} E_2(x) \cdot dx. \text{ Аналогично } \varphi(x_2) = K + (Q/4\pi\epsilon\epsilon_0) \cdot$$

$$(1/x_2 - 1/R) \Big|_{x_2=2R/3} = K + Q/4\pi\epsilon\epsilon_0 (3/2R - 1/R) = K + Q/8\pi\epsilon\epsilon_0 R.$$

$$\text{Согласно графику, } \varphi(x_1) = 8\varphi_0 \text{ и } \varphi(x_2) = 5\varphi_0, \Rightarrow 3\varphi_0 = \varphi(x_1) - \varphi(x_2) =$$

$$= (K + Q/2\pi\epsilon\epsilon_0 R) - (K + Q/8\pi\epsilon\epsilon_0 R) = 3Q/8\pi\epsilon\epsilon_0 R, \Leftrightarrow \epsilon =$$



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.

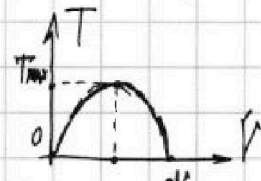
1  2  3  4  5  6  7

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) По уравнению Клайперона-Менделеева  $p \cdot V = \nu R \cdot T$ . Тогда приращение внутренней энергии в процессе 3-1 следующее:  $\Delta U = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_3)$  (примем  $i=3$ , ведь газ одноатомный)  $= \frac{3}{2} \cdot (p_1 V_1 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} ((5p_0) \cdot (3V_0) - (3p_0) \cdot (3V_0)) = 3p_0 V_0$ . Работа же газа за весь цикл определяется площадью под графиком  $p(V)$ , так как  $dA = p \cdot dV$ , заключенной в пределах графика:  $A_{\text{о}} = S(p, V) =$   
 $= (p_1 - p_2)(V_2 - V_1) \frac{1}{2} - (p_3 - p_2)(V_2 - V_1) \frac{1}{2} = (p_0 V_0 / 2)(6 - 3)(5 - 3) = 3p_0 V_0$ .  
 Отсюда  $|\Delta U| / A_{\text{о}} = 3p_0 V_0 / 3p_0 V_0 = 3$ .

2) ~~В~~ В процессе 1-2 цикл описывается уравнением  $p/p_0 = 8 - V/V_0$ . Тогда по Клайперону-Менделееву  $T = \frac{1}{\nu R} (pV) = \frac{p_0}{\nu R} (8 - V/V_0)V =$   
 $= -(p_0/\nu R V_0) \cdot V^2 + (8p_0/\nu R) \cdot V$  - квадратичная функция от  $V$ ; график - парабола ветвью вниз,  $\Rightarrow$  максимум достигается в вершине,  $\Rightarrow T_{\text{max}} = -(p_0/\nu R V_0) \cdot (4V_0)^2 + (8p_0/\nu R)(4V_0) = 16p_0 V_0 / \nu R$ . Температура в состоянии 2:  $T_2 = \frac{1}{\nu R} (p_2 V_2) = \frac{1}{\nu R} (2p_0)(6V_0) = 12p_0 V_0 / \nu R$ ,  $\Rightarrow T_{\text{max}} / T_2 = 16p_0 V_0 / \nu R \div 12p_0 V_0 / \nu R = 16/12 = 4/3$ .



3) Найдём тогда на линейных процессах 1-2 и 2-3, в которых теплота в систему ни поступит, ни уходит из неё. (см. след. лист)



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 (продолжение)). Результирующая неосвещённая зона получается добавлением поверх тёмной окружности радиуса  $R$  освещённой окружности радиуса  $x$ : получится тёмное кольцо площадью  $S = \pi R^2 - \pi x^2 = \pi (2r)^2 - \pi (3r/2)^2 = \pi \cdot (7r^2/4) = \pi \cdot (7 \cdot (2\text{см})^2/4) = (\pi \cdot 7) \text{см}^2$ .  
Ответ 1:  $7\pi$ .

2) Лучи, идущие очень близко к оптической оси, после отражения тоже будут близко к оси и попадут в точку на стене, близкую к лампочке. Таким образом вокруг лампочки будет светлое пятно, обрамляемое отражением крайнего луча.

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!

$N = mg \frac{4}{5}; ma_1 = mg \sin 2 - \mu N$   
 $ma_1 = mg \sin 2 - \mu mg \cos 2$   
 $5ma_2 = \dots$   
 $\frac{1}{2h} = \frac{2}{2h} + \frac{1}{f} \Rightarrow$   
 $f = -\frac{1}{2h} = -\frac{1}{F}$   
 $\frac{3}{5} - \frac{2}{19} = \frac{16}{85} = \frac{16}{125}$   
 $\frac{(F_{mp})}{m} \sin \alpha + 2ma = \dots$   
 $v_m \rightarrow v$   
 $v/2$



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.

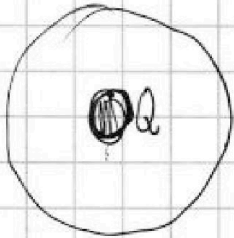
1  2  3  4  5  6  7

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!

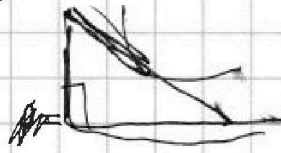
$$\frac{1}{2}(dpV + p dV) + p dV = 0$$

$$\frac{1}{2+dp}(V+dV) - pV$$



$$\frac{1}{r} = E = \varphi$$

$$\frac{p_0}{p_0} = k - m \frac{V}{V_0}$$



$$\frac{Q}{\epsilon_0} = E \cdot 4\pi R^2$$

$$\frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R^2} = E$$

$$\Delta\varphi = \int E \cdot dr =$$

$$= -\frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R} - \left(-\frac{Q}{2\pi \epsilon_0 R}\right)$$

$$= \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R}$$

$$\frac{p}{p_0} = -\frac{V}{V_0} + 8$$

$$pV = \nu RT_0$$

$$dU + dA = 0$$

$$4 - 3 + 3E$$

$$3\epsilon R$$

$$p = k$$

$$p = 2p_0$$

$$V = 5V_0$$

$$\frac{12p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\left(-\frac{V}{V_0} + 8\right) p_0 V = \nu RT_0$$

$$\frac{3}{2R} - \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{2R}$$

$p_0$

$$p = k \cdot \frac{V}{V_0 p_0}$$

$\int U$

$$10L \cdot I(t) =$$

$$-\frac{B_0}{3}$$

$$\frac{2+2}{\nu R^2} = \frac{B_0}{3}$$

$$\frac{8}{5}$$

$$\frac{4}{8} = 1$$

$$-\frac{3}{12} B$$

$$\frac{4}{12} B_0 - \frac{1}{12} \frac{13}{8} B_0$$

$$\frac{B_0}{4} \frac{8-13}{8}$$

$$\frac{3B_0}{4} + \frac{B_0}{3}$$

$$\frac{1}{2} dp \cdot V + \frac{1}{2} p \cdot dV = 0$$

$$p_0 \left(-k \frac{V_0}{V_0}\right) + 35$$

$$10L = \nu S B_0$$

$$\frac{13B_0}{3} \frac{B_0}{4}$$

$$\frac{B_0}{4}$$

$$\frac{3B_0}{4} + \frac{B_0}{3}$$