



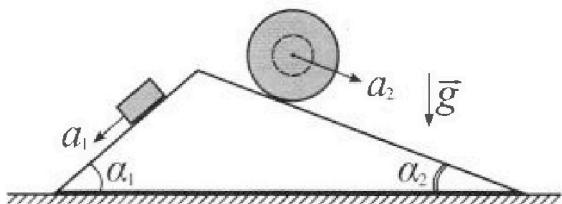
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024



## Вариант 11-02

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

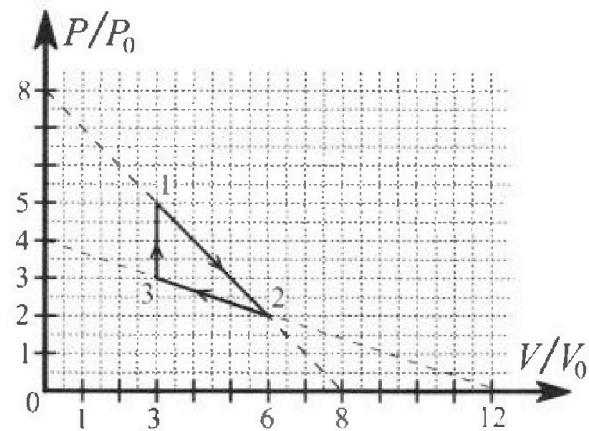
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 7g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $5m$  с ускорением  $a_2 = 8g/25$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1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

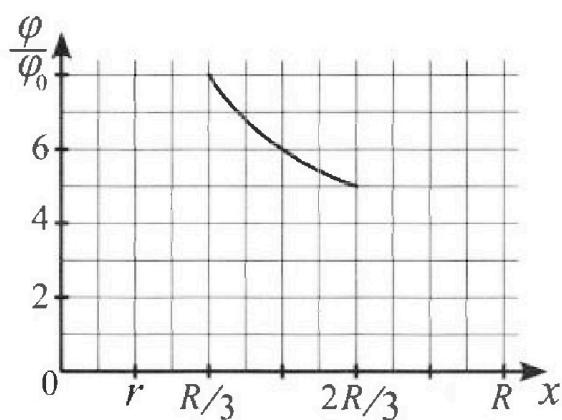
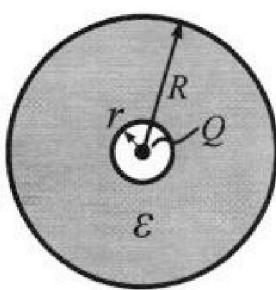
2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость  $P/P_0$  от  $V/V_0$ . Здесь  $V$  и  $P$  - объем и давление газа,  $V_0$  и  $P_0$  - некоторые неизвестные объем и давление.



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  $\phi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\phi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

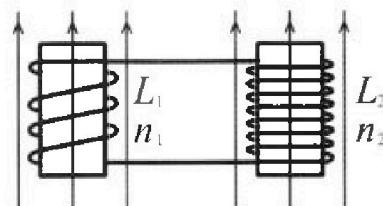
- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024**  
**Вариант 11-02**

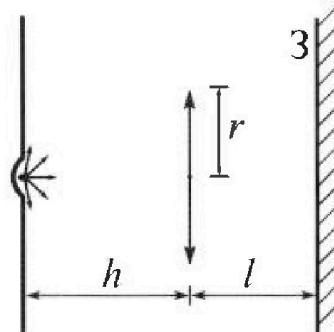
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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

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

$$\begin{aligned}
 & \frac{16}{185} + \frac{3}{5} \quad \frac{51 \cdot 4}{85 \cdot 3} \quad \frac{67}{20} \quad \frac{319 \cdot 25}{4(67 \cdot 17 - 20 \cdot 25 \cdot 15)} \quad \frac{1500}{225} - \frac{972}{(20-3)(20-3)} = \frac{4r^2}{4} - \frac{9r^2}{4} \\
 & \frac{160}{18} \quad = 1400 + 9 - 270 - 7500 \quad \frac{15 \cdot 500}{4} - \frac{3500}{4} \\
 & \frac{6361}{251717} \quad \frac{6361}{319 \cdot 25} \quad \frac{17 \cdot 50}{5100} = 300 \quad \frac{268 \cdot 1}{25} \quad \frac{6100}{175} = \frac{16 \cdot 4}{85 \cdot 5} + \frac{4 \cdot 3}{5 \cdot 5} - \frac{40 \cdot 15}{1719} - \frac{40 \cdot 15}{1719} \\
 & \frac{(20-3)^2}{= 400 - 120} \quad - \frac{6361}{251717} \quad \frac{1130}{1261} \quad \frac{1}{17} \left( \frac{67 \cdot 4}{25} - \frac{80 \cdot 15}{268 \cdot 1} \right) \quad \frac{67 \cdot 4 \cdot 17 - 80 \cdot 25 \cdot 15}{25 \cdot 17 \cdot 19} \quad \frac{64 + 12 \cdot 17}{175 \cdot 5} - \frac{80 \cdot 15}{17^2} = \\
 & 389 \quad - 6370 + 9 \quad \frac{50}{152} \quad \frac{152}{87 \cdot 4} \quad \frac{268}{175 \cdot 5} \quad \frac{120}{84} \quad \frac{204}{268} \\
 & 6361 \quad 25 \cdot 17 \cdot 19
 \end{aligned}$$



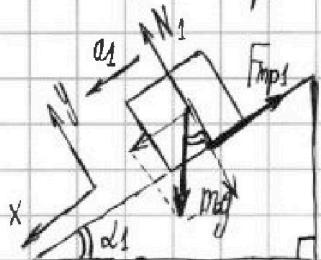
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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 з-и Ньютона на брусе в системе координат, где ось X направлена параллельно левой стороне клина, а Y - нормально к ней. Так как брусок не разъединяется с клином и не отрывается от него, все ускорение направлено по оси X:



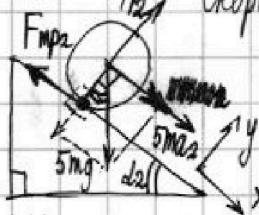
$$X: m \cdot a_1 = mg \cdot \sin \alpha_1 - F_{mp1} \quad (\text{так как бруск можно заменить материальной точкой})$$

$$F_{mp1} = mg \cdot \sin \alpha_1 - ma_1 = m \cdot (3/5) - m \cdot (7g/17) = 16mg/85.$$

(N1 - сила реакции опоры  
Fmp1 - сила трения, сила трения, уравновешивает (!))

2) Теперь рассмотрим полукруг: в нем модель материальной точки недопустима. Но он катится без проскальзывания, значит скорость точки шара, касающейся клина, в любой момент времени равна нулю относительно земли.

Введем систему координат, направив ось X вдоль правой оконечности клина, а ось Y - по нормали к Xней. Если скорость со временем не меняется, то ускорение равно нулю:



$$\text{Второй з-и Ньютона на ось X: } 0 = 5mg \cdot \sin \alpha_2 - F_{mp2}, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{mp2} = 5mg \cdot \sin \alpha_2 = 5mg (8/17) = 40mg/17.$$

(N2 - сила реакции опоры, Fmp2 - сила трения)

3) Наконец, рассмотрим клин: он остается в покое, значит действие всех сил скомпенсировано. На него действуют силы реакции опоры N1 и сила трения Fprz со стороны стола и по третьему закону Ньютона силы N3, Fprz со стороны бруска и N2, Fprz со стороны шара; если он имеет массу, то еще и собственная сила тяжести. Будем смотреть проекции этих сил на ось, параллельную склону:

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



(из закона Ньютона на ось Y первых двух пунктах)

$$N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1 \quad \text{и} \quad N_2 = 5mg \cdot \cos \alpha_2$$

(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                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

$$3 (\text{продолжение}) \quad 0 = 16mg/85 \cdot 4/5 + mg \cdot 4/5 \cdot 3/5 - 40mg/19 \cdot 15/17 - \\ - 5mg \cdot 8/17 \cdot 15/17 + F_{mp_3} \cancel{\text{_____}} \Rightarrow F_{mp_3} = - 6361mg/9725, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |F_{mp_3}| = 6361mg/9725$$

Ответ: 1) ~~16mg/85~~;

2) ~~40mg/17~~;

3) ~~6361mg/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 может локальное приращение температуры  $dQ=0$ , что подтверждаем записью первого начала термодинамики:  $dQ=0 = dU + dA$ , где  $dA = p \cdot dV$  и  $dU = \frac{3}{2} (\nu R dT) = \frac{3}{2} ((p+dp)(V+dV) - pV) = \frac{3}{2} (p \cdot dV + + dp \cdot V + dp \cdot dV)$  | $dp, dV \rightarrow 0$   $= \frac{3}{2} (p \cdot dV + V \cdot dp)$ ,  $\Leftrightarrow \frac{5}{2} p \cdot dV + \frac{3}{2} \cdot V \cdot dp = 0$ ,  $\Leftrightarrow 5p = -3V \cdot (dp/dV)$ . Процесс 1-2 описывается уравнением  $p/p_0 = 8 - V/V_0$ ,  $\Rightarrow dp/dV = -p_0/V_0$ ,  $\Rightarrow 5(8p_0 - Vp_0/V_0) = -3V \cdot (-p_0/V_0)$ ,  $\Rightarrow V = 5V_0$ ...



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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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 утверждению  $x_1 = R/3$  и  $x_2 = 2R/3$  лежат в пределе от  $r$  до  $R$ ; найдём потенциал в этих точках по аналитической (нагруженной) формуле:

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

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

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

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

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

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

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

2) 2.



- |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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 правому борту первому токи в катушках одинаковые, а значит одинаковы и скорости их изменения.

В цепи возникает ЭДС индукции из-за изменения потока МГ через первую катушку:  $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -\frac{d(B \cdot S_{\text{эдс}})}{dt} = (-S_{n1}) \cdot \frac{dB}{dt} = (-S_{n1}) \cdot (-\omega) = \omega S_{n1}$ , где  $\Phi_1$  - поток через первую катушку,  $S_{\text{эдс}}$  - эффективная площадь ее катушек. Но тогда по второму борту первому борту  $\mathcal{E} = (L)I'(t) - (2L)I'(t) = 0$ , где  $I'(t)$  - скорость изменения тока в катушках,  $\Rightarrow 10L \cdot I'(t) = 2S_{n1} = 2\omega S_n$ ,  $\Rightarrow I'(t) = \omega S_n / 10L = |I'(t)|$  (так как  $\omega > 0$ ).

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

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



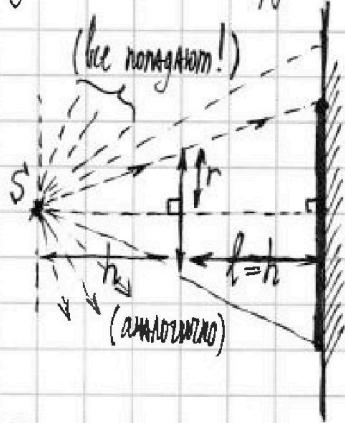
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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 толщину зеркала без небольшой окружности, чей радиус определяется крайним лучом (см. рисунок):



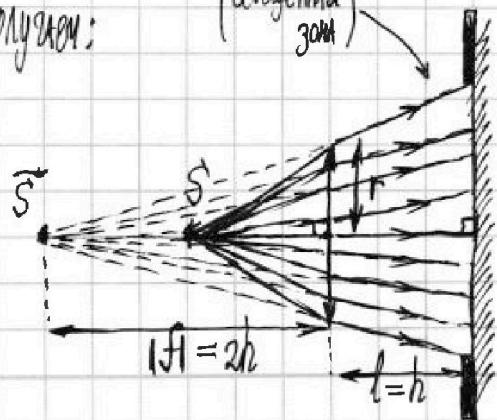
$$\text{Из подобных треугольников: } r/h = R/(h+l), \Rightarrow \\ \Rightarrow R = (h+l)r/h = 2hr/h = 2r.$$

• Теперь рассмотрим лучи, попавшие 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 - толка сбоя лучей (или их продолжений), приведённых уже преломлённых. Тогда лучок, исходящий из точки изображения и ограниченной линзой, будет создавать такое же распределение света, как и в иной задаче.

Получим:



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

• Наконец, обведём 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): Результатирующая неосвещенная зона получается суперпозицией освещенной окружности радиуса  $x$  поверх тёмной радиуса  $R$ :  $S = \pi R^2 - \pi x^2 = \pi(2r)^2 - \pi(3r/2)^2 = \pi \cdot (7r^2/4) = \pi \cdot (7 \cdot (2\pi))^2/4 = (7\pi^2) \text{ см}^2$ .

Ответ: ~~7π~~  $7\pi$ .



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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 установившемся режиме поля нету:  $E_0(x) = 0$  (при  $x < r$ ).

В симметрии поля относительно по модулю для любой радиус-диаметральной плоскости, и всегда направлена радиально; тогда по теореме Гаусса поле в диэлектрическом шаре выражается следующим образом:  $E_1(x) \cdot 4\pi x^2 = Q/\epsilon_0 \Rightarrow E_1(x) = Q/4\pi\epsilon_0 x^2$  (при  $r \leq x \leq R$ ). Аналогично получим поле вне шара:  $E_2(x) \cdot 4\pi x^2 = Q/\epsilon_0 \Rightarrow E_2(x) = Q/4\pi\epsilon_0 x^2$ .

$$\begin{aligned} \text{По определению потенциала, } -\varphi(x_0) + \varphi_\infty &= \int_{3R/4}^\infty E(x) dx, \text{ приём } \varphi_\infty = 0, \Rightarrow -\varphi(x_0) \\ &= \int_R^{x_0} E(x) dx = \int_R^\infty E_2(x) dx + \int_R^{x_0} E_1(x) dx = \\ &= \int_R^\infty (Q/4\pi\epsilon_0 x^2) dx + \int_R^{3R/4} (Q/4\pi\epsilon_0 x^2) dx = (-Q/4\pi\epsilon_0 x)|_\infty + (-Q/4\pi\epsilon_0 x)|_R = \\ &= (-Q/4\pi\epsilon_0) \cdot (1/R - 0 + 4/3\epsilon R - 1/\epsilon R) = -Q(1+3\epsilon)/12\pi\epsilon_0 R, \Rightarrow \varphi(3R/4) = \\ &= -(-\varphi_0(3R/4)) = Q(1+3\epsilon)/12\pi\epsilon_0 R. \end{aligned}$$

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 определению формуле:

$$\begin{aligned} \varphi(x_1) &= \int_R^{x_1} E_1(x) dx + \int_R^\infty E_2(x) dx = \int_R^{x_1} (Q/4\pi\epsilon_0 x^2) dx + K = \\ &= K + (Q/4\pi\epsilon_0) \cdot (-1/x)|_{x_1}^\infty = K + (Q/4\pi\epsilon_0)(1/x_1 - 1/R)|_{x_1=R/3} = \\ &= K + Q/2\pi\epsilon_0 R, \text{ где } K = \int_R^\infty E_2(x) dx. \text{ Аналогично } \varphi(x_2) = K + (Q/4\pi\epsilon_0) \cdot (1/x_2 - 1/R)|_{x_2=2R/3} = K + Q/4\pi\epsilon_0 (3/2R - 1/R) = K + Q/8\pi\epsilon_0 R. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Согласно графику, } \varphi(x_1) &= 8\varphi_0 \text{ и } \varphi(x_2) = 5\varphi_0, \Rightarrow 3\varphi_0 = \varphi(x_1) - \varphi(x_2) = \\ &= (K+Q/2\pi\epsilon_0 R) - (K+Q/8\pi\epsilon_0 R) = 3Q/8\pi\epsilon_0 R, \Leftrightarrow \epsilon = \end{aligned}$$



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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

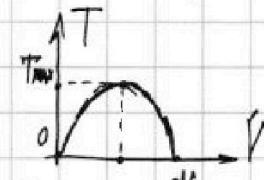
СТРАНИЦА  
1 из 2

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  $pV = \nu R \cdot T$ . Тогда приращение внутренней энергии в процессе 3-1 следующее:  $\Delta U = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_3)$  (причём  $\nu = 3$ , ведь из однодатомной)  $= \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} ((5p_0) \cdot (3V_0) - (3p_0) \cdot (3V_0)) = 9p_0 V_0$ . Работа же идёт за счёт изменения площадью под графиком  $p(V)$ , так как  $dA = p \cdot dV$ , заключенной в пределах графика:  $A_{\text{3-1}} = S(p, V) = (p_1 - p_2)(V_2 - V_1) \frac{1}{2} - (p_3 - p_2)(V_2 - V_1) \frac{1}{2} = (p_0 V_0 / 2)(6 - 3) - (3p_0 V_0 / 2)(6 - 3) = 3p_0 V_0$ .

$$\text{Отсюда } |\Delta U| / A_{\text{3-1}} = 9p_0 V_0 / 3p_0 V_0 = 3.$$

2) ~~1~~ В процессе 1-2 учитывается уравнением  $p/p_0 = 8 - V/V_0$ .  
По Клайперону-Менделееву  $T = \frac{1}{\nu R} (pV) = \frac{p_0}{\nu R} (8 - V/V_0)V = -(p_0/\nu R V_0) V^2 + (8p_0/\nu R) V$  – квадратичная функция от  $V$ ; график – парабола влево 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 токси на линейных процессах 1-2 и 2-3, в которых темпера-  
туру систему не постулат, но 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)). Регулирующая несветящая зона получается дополнением полукружности окружности радиуса  $R$  о светящейся окружности радиуса  $X$ : получается полукруглое кольцо площадью  $S = \pi R^2 - \pi X^2 = \pi (2r)^2 - \pi (3r/2)^2 = \pi \cdot (7r^2/4) = \pi \cdot (7 \cdot (2\text{cm})^2 / 4) = (\pi \cdot 7) \text{cm}^2$ . Объем 1:  $\pi r^3$ .

2) ~~Лучи, идущие очень близко к оптической оси, после отражения тоже будут близки к оси и попадут в точку на стене, близкую к лампочке. Таким образом вокруг лампочки будет световое пятно, образованное отражением краиного луча.~~

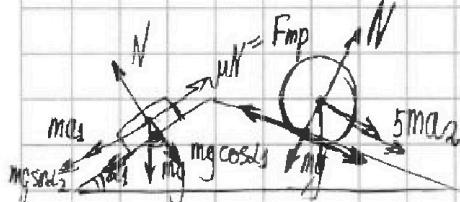


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

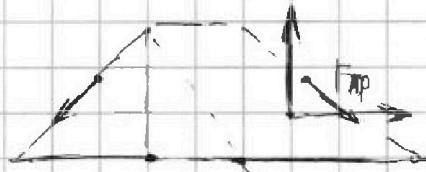
 1 2 3 4 5 6 7

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!



$$N = mg \frac{4}{5}; m\alpha_1 = m\cos\alpha_2 - \mu N$$



$$N = mg$$

$$5m\alpha_2$$

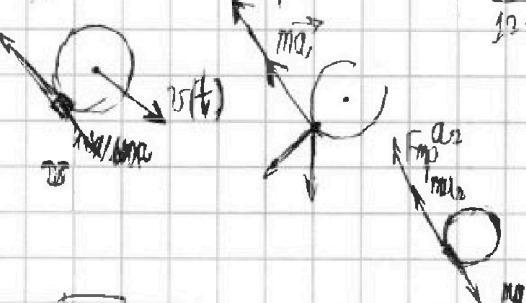
$$\frac{1}{2h} = \frac{2}{2h} + \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$f = -\frac{1}{2h} = -\frac{1}{F}$$

$$\frac{3}{5} - \frac{2}{19}$$

$$16$$

$$(F_{mp})_{\text{норм}} + F_{\text{норм}} = \frac{31 - 35}{85 - 16} = \frac{125}{125}$$



$$v_m \rightarrow v$$

$$x v/2$$



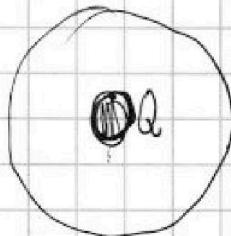
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                                       |                                       |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
ИЗ

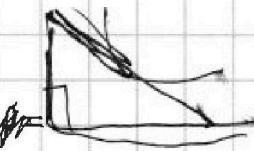
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{1}{2}(dp/dV + p dV) + \frac{pdV}{(p+dP)(V+dV)} - pV$$



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

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



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

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

$$\Delta V = \int E \cdot dR = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \left(-\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R}\right)$$

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

$$p = k$$

$$p = 2p_0$$

$$V = 5V_0$$

$$\frac{12p_0V_0}{2R}$$

$$f_R$$

$$10 \cdot f(t) =$$

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

$$\frac{4-3+3E}{3ER}$$

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

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

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

$$\frac{8}{5} \quad \frac{4}{8} \quad 1$$

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

$$\frac{4}{T_2} \frac{B_0}{R_0} \frac{-1}{2+4} \frac{13}{12} \frac{B_0}{R_0}$$

$$\frac{B_0}{4} \frac{3}{4} \frac{B_0}{12}$$

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

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

$$p_0 B \left(-k \frac{V_0}{V}\right) + 25($$

$$10L = nSB_0$$

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

$$\frac{B_0}{2}$$

