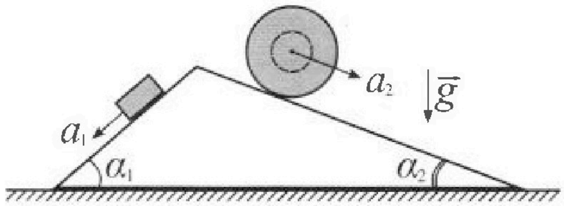
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

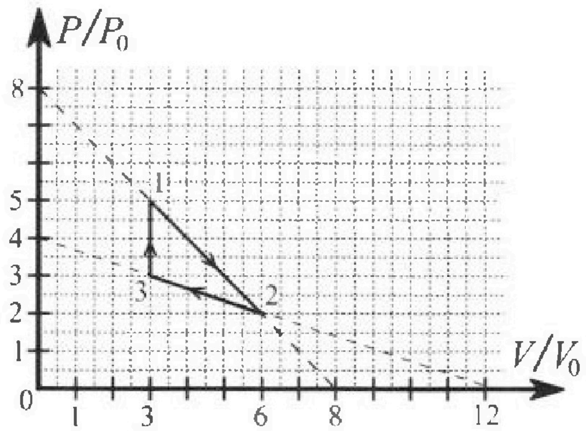
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 7g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $5m$ с ускорением $a_2 = 8g/25$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту $\alpha_1 (\sin\alpha_1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

Каж дый 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.

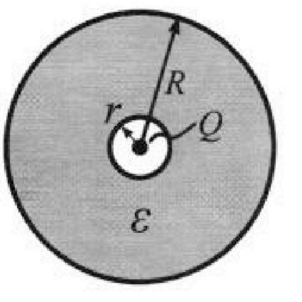


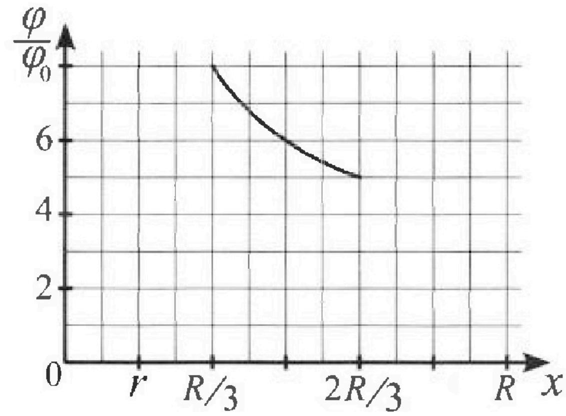
1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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 $x = 3R/4$.
2) Используя график, найти численное значение ε.



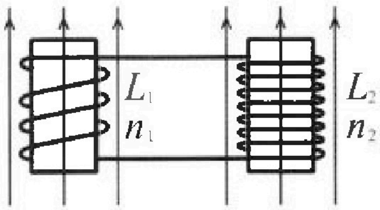


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02

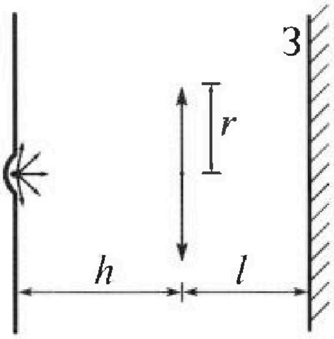
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 как ой 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 З. 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 [см^2] в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

$16/85 + 3/5$ $\quad \frac{51 \cdot 4}{85 \cdot 3}$ $\quad 67$ $\quad 389 \cdot 25$ $\quad 7500$ $\quad 972$ $\quad 15 \cdot 500$ $\quad 7500$

6000 160 18 $\quad$ 6278 20 $\quad 4(67 \cdot 17 - 20 \cdot 25 \cdot 15)$ $\quad$ 2000 225 $\quad (20-3)(20-3) = 4r^2 - \frac{9r^2}{4}$ $\quad \frac{16-9}{4}$ $\quad \frac{7}{4}$

$= 1400 + 9 - 270 - 7500$ $\quad \frac{r}{2}$ $\quad \frac{\sqrt{7}}{2}$

$\frac{6361}{25 \cdot 17 \cdot 17}$ $\quad \frac{6361}{389 \cdot 25}$ $\quad 17 \cdot 50 = 300$ $\quad 268 \cdot 1$ $\quad 5100$

5100 1261 1190 71

$17 \cdot 5 = \frac{16 \cdot 4}{85 \cdot 5} + \frac{4 \cdot 3}{5 \cdot 5} - \frac{40 \cdot 15}{17 \cdot 17} - \frac{40 \cdot 15}{17 \cdot 17}$

$(20-3)^2 =$
$= 409 - 120$
389

$-\frac{6361}{25 \cdot 17 \cdot 17}$ $\quad \frac{1}{17}\left(\frac{67 \cdot 4}{25} - \frac{80 \cdot 15}{268 \cdot 17}\right)$

$-6370 + 9$

$\frac{64 + 12 \cdot 17}{17 \cdot 5 \cdot 5} - \frac{80 \cdot 15}{17^2} =$

50 15 2

$\frac{67 \cdot 4 \cdot 17 - 80 \cdot 25 \cdot 15}{25 \cdot 17 \cdot 17}$ $\quad 67 \cdot 4$

$-6100 - 270 + 9$

6361

$268 = 17^2$ $\quad$ 120 84 $\quad$ 204 $\quad$ 268

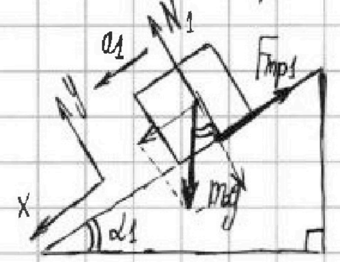
178 70 49 $\quad$ 210

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 ☐

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-н Ньютона на брусок в системе координат, где ось x направлена параллельно левой стороне клина, y — нормально к ней. Так как брусок не вдавливается в клин и не отрывается от него, всё ускорение направлено по оси x:

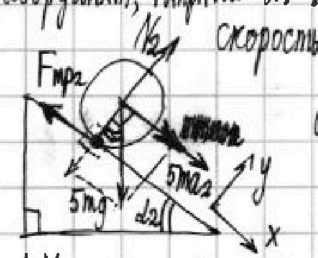


x: $ma_1 = mg\cdot\sin\alpha_1 - F_{тр1}$ (так как брусок можно заменить материальной точкой)

$$F_{тр1} = mg\cdot\sin\alpha_1 - ma_1 = mg\cdot(3/5) - m\cdot(7g/17) = 16mg/85.$$

(N_1 – сила реакции опоры, $F_{тр1}$ – искомая сила трения, против движения (!))

2) Теперь рассмотрим полый 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. Введём 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:

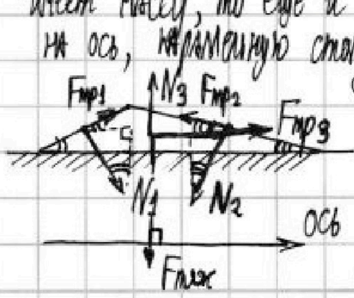


Второй з-н Ньютона на ось x: $0 = 5mg\cdot\sin\alpha_2 - F_{тр2}$, ⇒

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

(N_2 – сила реакции опоры, $F_{тр2}$ – искомая 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)

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

(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!

3 (продолжение)) $0 = 16mg/85 \cdot 4/5 + mg \cdot 4/5 \cdot 3/5 - 40mg/19 \cdot 15/17 -$

$- 5mg \cdot 8/17 \cdot 15/17 + F_{тр_3}$, $\Rightarrow F_{тр_3} = -6361mg/9725$, $\Rightarrow$

$\Rightarrow |F_{тр_3}| = 6361mg/9725$

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 ☐

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 теплоты $dQ=0$, что позволяет записать первое начало термодинамики: $dQ=0=dU+dA$, где $dA=p\cdot dV$ и $dU=\frac{3}{2}(\nu R dT)=\frac{3}{2}((p+dp)(V+dV)-pV)=\frac{3}{2}(p\cdot dV+dp\cdot V+dp\cdot dV)\Big|_{dp,dV\to 0}=\frac{3}{2}(p\cdot dV+V\cdot dp)$, $\Leftrightarrow \frac{5}{2}p\cdot dV+\frac{3}{2}\cdot V\cdot dp=0$, $\Leftrightarrow 5p=-3V\cdot(dp/dV)$. Процесс 1-2 описывается уравнением $p/p_0=8-V/V_0$, $\Rightarrow dp/dV=-p_0/V_0$, $\Rightarrow 5(8p_0-Vp_0/V_0)=-3V\cdot(-p_0/V_0)$, $\Rightarrow$
$\Rightarrow V=5V_0$...

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 ☐

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 пределе от r до R; найдём потенциалы в этих точках по аналитической (полученной) формуле:

$$\varphi(x_0) = (\ldots) = (-Q/4\pi\varepsilon_0 x)\Big|_R^\infty + (-Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0 x)\Big|_{x_0}^R = (0 - (-Q/4\pi\varepsilon_0 R)) +$$
$$+ ((-Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R) - (-Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0 x_0)) = Q/4\pi\varepsilon_0 R \cdot (1 - 1/\varepsilon + R/\varepsilon x_0), \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \varphi(x_1) = Q/4\pi\varepsilon_0 R\,(1 - 1/\varepsilon + R/(\varepsilon \cdot R/3)) = Q/4\pi\varepsilon_0 R\,(2/\varepsilon + 1);$$
$$\varphi(x_2) = Q/4\pi\varepsilon_0 R\,(1 - 1/\varepsilon + R/(\varepsilon \cdot 2R/3)) = Q/4\pi\varepsilon_0 R\,(1/2\varepsilon + 1).$$

С другой стороны, согласно графику $\varphi(x_1) = 8\varphi_0$ и $\varphi(x_2) = 5\varphi_0$, откуда $\varphi(x_1)/\varphi(x_2) = 8/5 = (2/\varepsilon + 1)/(1/2\varepsilon + 1), \Leftrightarrow 10 + 5\varepsilon = 4 + 8\varepsilon, \Leftrightarrow 6 = 3\varepsilon, \Leftrightarrow \varepsilon = 2.$

Ответ: 1) $Q(1+3\varepsilon)/12\pi\varepsilon\varepsilon_0 R$;

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 ☐

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 одинаковые, а значит одинаковы и скорости их изменения.

В цепи возникает ЭДС индукции из-за изменения потока МП через первую катушку: $\mathcal{E} = -d\Phi_1/dt = -d(B\cdot S_{эфф1})/dt = (-Sn_1)\cdot dB/dt = (-Sn_1)\cdot(-\alpha) = \alpha S n_1$, где Φ_1 – поток через первую катушку, $S_{эфф1}$ – 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, $\Rightarrow 10L\cdot I'(t) = \alpha S n_1 = \alpha S n$, $\Rightarrow I'(t) = \alpha Sn/10L = |I'(t)|$ (так как $\alpha > 0$).

2) Снова запишем (локально) второе правило Кирхгофа: $\mathcal{E}(t) - L\cdot\left(\frac{dI(t)}{dt}\right) - 9L\cdot(dI(t)/dt) = 0 \Leftrightarrow 10L\cdot dI = \mathcal{E}(t)\cdot dt$; $\mathcal{E}(t) = -(d\Phi_1 + d\Phi_2)/dt$, где $\mathcal{E}(t)$ – ЭДС индукции, Φ_1 и Φ_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 изначальным моментом времени (когда тока нет) и моментом, к которому поле в катушках больше не меняется: $10L\cdot\int dI = 10L(I_\infty - 0) = -\int d\Phi_1 - \int d\Phi_2 = -n_1 S(2B_0/3 - B_0) - n_2 S(B_0/12 - B_0/3) = nS\cdot(13B_0/12)$, где I_∞ – установившийся (искомый) ток, $\Rightarrow I_\infty = 13B_0 S/120L$.

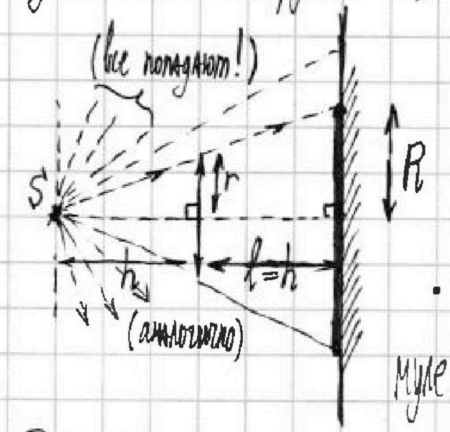
Ответ: 1) $I'(t) = \alpha Sn/10L$; 2) $I_\infty = 13B_0 S/120L$.

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 ☐

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):



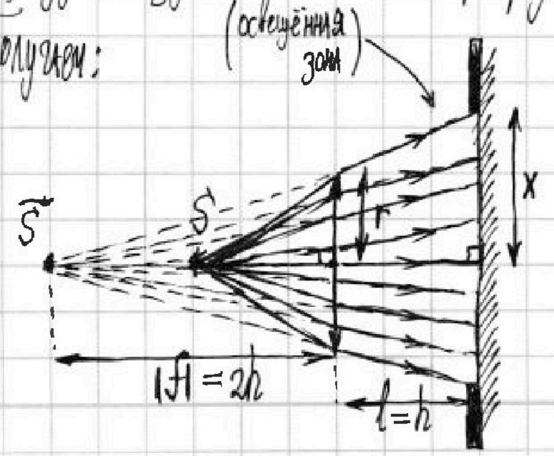
Из подобных треугольников: $r/h = R/(h+l)$, $\Rightarrow$

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

• 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), причём уже преломлённых. Тогда пучок, исходящий из точки изображения и ограниченный линзой, будет создавать такое же распределение света, как и в нашей задаче.

Получим:



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 ☐

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 получится суперпозицией освещённой окружности радиуса X поверх тёмной радиуса R: $S = \pi R^2 - \pi X^2 = \pi(2r)^2 - \pi(3r/2)^2 = \pi\cdot(7r^2/4) = \pi\cdot(7\cdot(2\text{см})^2/4) = (\pi\cdot 7)\,\text{см}^2$.

Ответ: 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 $x < r$).

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: $E_1(x)\cdot 4\pi x^2 = Q/\varepsilon\varepsilon_0, \Rightarrow E_1(x) = Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0 x^2$ (при $r \leq x \leq R$). Аналогично получим поле вне шара: $E_2(x)\cdot 4\pi x^2 = Q/\varepsilon_0, \Rightarrow E_2(x) = Q/4\pi\varepsilon_0 x^2$ (при $x > R$). По определению потенциала, $-\varphi(x_0) + \varphi_\infty = \int_\infty^{x_0} E(x)\cdot dx$, причём $\varphi_\infty = 0, \Rightarrow -\varphi(x_0)\Big|_{x_0=3R/4} = \int_\infty^{3R/4} E(x)\cdot dx = \int_\infty^{R} E_2(x)\cdot dx + \int_R^{3R/4} E_1(x)\,dx =$

$= \int_\infty^{R} (Q/4\pi\varepsilon_0 x^2)\,dx + \int_R^{3R/4} (Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0 x^2)\,dx = (-Q/4\pi\varepsilon_0 x)\Big|_\infty^R + (-Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0 x)\Big|_R^{3R/4} =$

$= (-Q/4\pi\varepsilon_0)\cdot(1/R - 0 + 4/3\varepsilon R - 1/\varepsilon R) = -Q(1+3\varepsilon)/12\pi\varepsilon\varepsilon_0 R, \Rightarrow \varphi(3R/4) =$

$= -(-\varphi_0(3R/4)) = Q(1+3\varepsilon)/12\pi\varepsilon\varepsilon_0 R.$

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

~~$\varphi(x_1) = \int_{x_1}^{R} E_1(x)\cdot dx + \int_R^\infty E_2(x)\cdot dx = \int_{x_1}^{R} (Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0)(1/x^2)\,dx + K =$~~

~~$= K + (Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0)\,(-1/x)\Big|_{x_1}^{R} = K + (Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0)(1/x_1 - 1/R)\Big|_{x_1=R/3} =$~~

~~$= K + Q/2\pi\varepsilon\varepsilon_0 R$~~, где $K = \int_R^\infty E_2(x)\cdot dx$. Аналогично ~~$\varphi(x_2) = K + (Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0)\cdot$~~

~~$(1/x_2 - 1/R)\Big|_{x_2=2R/3} = K + Q/4\pi\varepsilon\varepsilon_0\,(3/2R - 1/R) = K + Q/8\pi\varepsilon\varepsilon_0.$~~

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

~~$= (K + Q/2\pi\varepsilon\varepsilon_0 R) - (K + Q/8\pi\varepsilon\varepsilon_0 R) = 3Q/8\pi\varepsilon\varepsilon_0 R, \Leftrightarrow \varepsilon =$~~

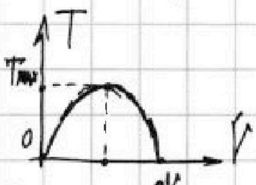
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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 $p_x \cdot V_x = \nu R \cdot T_x$. Тогда приращение внутренней энергии в процессе 3-1 следующее: $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R(T_1 - T_3)$ (причём $i = 3$, ведь газ одноатомный) $= \frac{3}{2}\cdot(p_1V_1 - p_3V_3) = \frac{3}{2}((5p_0)\cdot(3V_0) - (3p_0)\cdot(3V_0)) = 9p_0V_0$. Работа же газа за весь цикл определяется площадью под графиком $p(V)$, так как $dA = p\cdot dV$, заключенной в пределах графика: $A_{\circlearrowleft} = S(p,V) =$
$= (p_1 - p_2)(V_2 - V_1)\frac{1}{2} - (p_3 - p_2)(V_2 - V_1)\frac{1}{2} = (p_0V_0/2)(6-3)(5-3) = 3p_0V_0$.
Отсюда $|\Delta U| / A_{\circlearrowleft} = 9p_0V_0 / 3p_0V_0 = 3$.

2) 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 ветвями вниз, ⇒ максимум достигается в вершине, ⇒ $T_{MAX} = -(p_0/\nu R V_0)\cdot$
$\cdot(4V_0)^2 + (8p_0/\nu R)(4V_0) = 16p_0V_0/\nu R$. Температура в состоянии 2: $T_2 = \frac{1}{\nu R}(p_2V_2) = \frac{1}{\nu R}(2p_0)(6V_0) =$



$= 12p_0V_0/\nu R$, ⇒ $T_{MAX} / T_2 = 16p_0V_0/\nu R \div 12p_0V_0/\nu R = 16/12 = 4/3$.

3) Найдём точки на линейных процессах 1-2 и 2-3, в которых теплота в систему ни поступает, 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: получается тёмное кольцо площадью $S = \pi R^2 - \pi X^2 = \pi(2r)^2 - \pi(3r/2)^2 = \pi\cdot(7r^2/4) =$
$= \pi\cdot(7\cdot(2см)^2/4) = (\pi\cdot 7)\,см^2.$

Ответ 1: 7π.

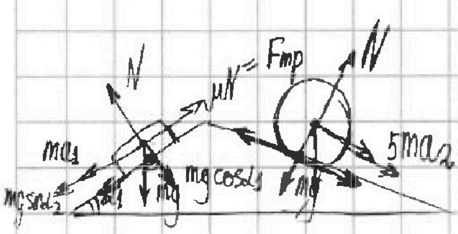
2) ~~Лучи, идущие очень близко к оптической оси, после отражения тоже будут близки к оси и попадут в точку на стене, близкую к лампочке. Таким образом вокруг лампочки будет светлое пятно, обрывающееся отражением крайнего луча.~~

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.

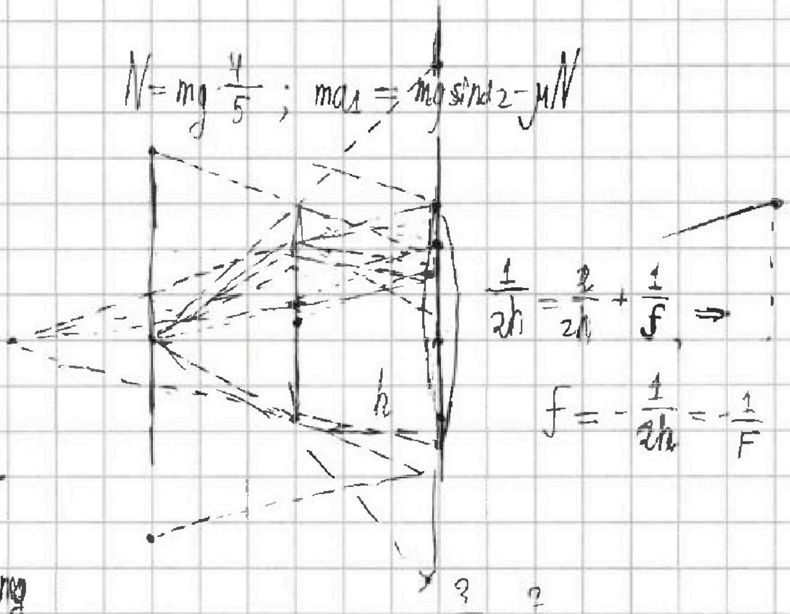
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐

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!



$N = mg\frac{4}{5}$; $ma_1 = mg\sin\alpha_2 - \mu N$



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

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

$N = mg$

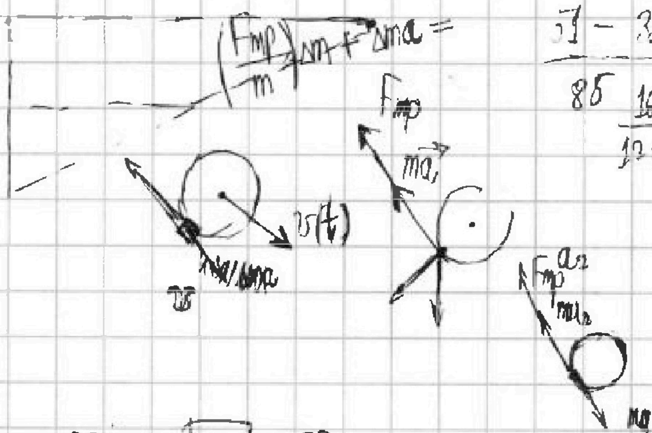
$\frac{3}{5} - \frac{7}{17}$

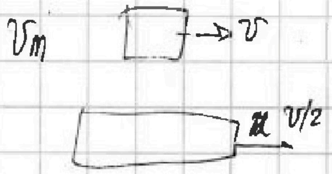
16

$\frac{51 - 35}{85}$ $\frac{16}{125}$

$5ma_2$

$\left(\frac{F_{тр}}{m}\right)$





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
☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐

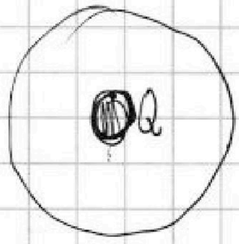
СТРАНИЦА __ ИЗ __

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!

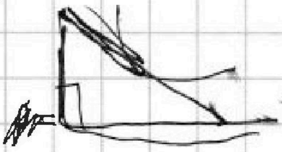
$\frac{i}{2}(dp\,V + p\,dV) + p\,dV = 0$

$(p+dp)(V+dV) - pV$

$\frac{Q}{\varepsilon\varepsilon_0} = E \cdot 4\pi R^2$



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



$\frac{Q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R^2} = E$

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

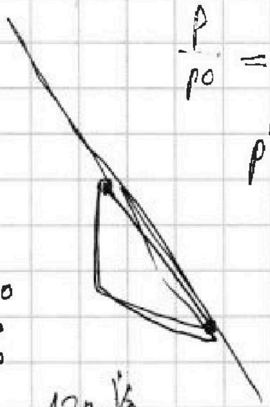
$\Delta\varphi = \int_\infty^{x} E \cdot dR =$

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

$dU + dA = 0$

$= -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R} - \left(-\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 R}\right)$

$pV = \nu RT_0$



$p = k$

$\frac{4 - 3 + 3\varepsilon}{3\varepsilon R}$

$\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

$p = 2p_0$

$V = 6V_0$

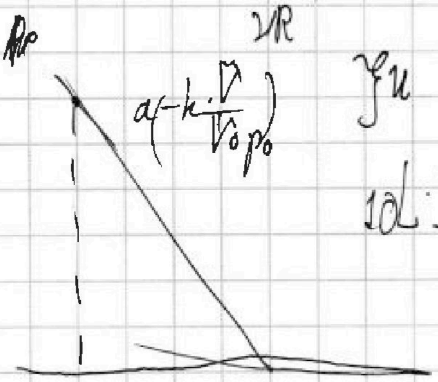
$\frac{12 p_0 V_0}{\nu R}$

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

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

$\frac{1}{2R}$

$\frac{5}{8}$



$a\left(-k\frac{V}{V_0 p_0}\right)$

$\int u$

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

$10L : I(t) =$

$\frac{2i+2}{i+2} =$

$8\pi\varepsilon_0\varepsilon$

$\frac{B_0}{3}$

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

$-\frac{B_0}{3}$

$\frac{4}{12}B_0 - \frac{1}{\cdot}\ \frac{13}{3}B_0$

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

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

$\frac{B_0}{4}3$ $\frac{9+4}{12}$

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

$10L = nSB_0$

13

B_0

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