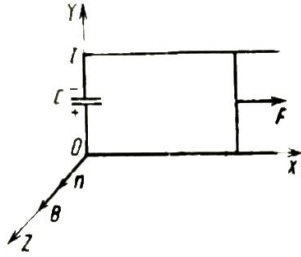
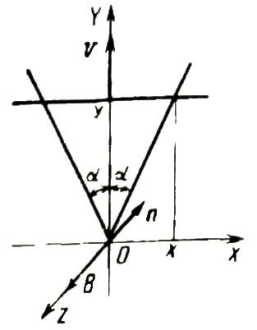
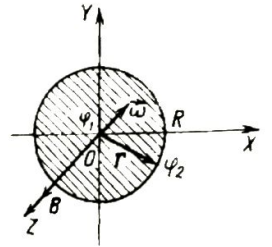


1. Прямой провод, единица длины которого имеет сопротивление ρ , изогнут под углом 2α . Переключатель из такого же провода перпендикулярен к биссектрисе этого угла и образует с согнутым проводом замкнутый треугольный контур. Этот контур помещен в однородное магнитное поле с индукцией B , перпендикулярное к его плоскости. Переключатель движется вверх так, что тепловая мощность, выделяемая в цепи, постоянна и равна P . Найдите зависимость $y(t)$ высоты подъема переключки от времени, если $y(0) = 0$. Сопротивлением в контактах пренебречь.

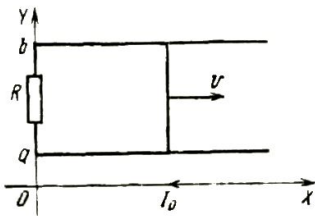


2. По двум параллельным металлическим проводникам, замкнутым на конденсатор емкостью C , без трения движется стержень длиной l и массой m . Вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярном плоскости контура. К стержню приложена постоянная сила F . Через какое время заряд на положительной обкладке конденсатора станет равным Q , если в начальный момент времени он был равен нулю?

3. В магнитном поле с большой высоты падает кольцо радиусом r и массой m . Плоскость кольца все время горизонтальна. Найти установившуюся скорость кольца, если магнитная индукция зависит от высоты по закону $\mathbf{B}(y) = B_0(1 + \alpha y)\mathbf{j}$, где B_0 и α – положительные постоянные. Ускорение свободного падения g , сопротивление кольца R , а его индуктивность пренебрежимо мала.



4. Изолированный металлический диск радиусом R вращается с угловой скоростью ω . Найти разность потенциалов между центром и краем диска при условии, что имеется перпендикулярное диску однородное магнитное поле с индукцией B .

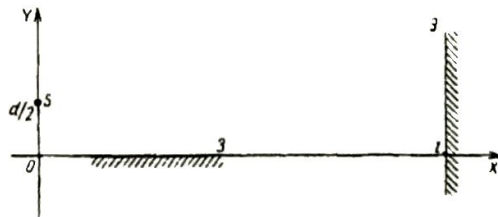


5. Имеется длинный прямой проводник с током силой I_0 . На расстояниях a и b от проводника расположены два параллельных ему провода, замкнутых на одном конце сопротивлением R . По проводам без трения перемещают с постоянной скоростью v стержень. Пренебрегая сопротивлением проводов, стержня и скользящих контактов, найдите величину и направление индукционного тока.

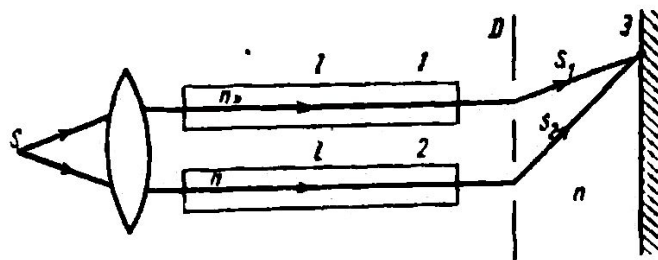
6. По жесткому непроводящему тонкому круговому кольцу массой m равномерно распределен заряд q . Кольцо может вращаться вокруг своего неподвижного центра. Вначале кольцо покоится, а магнитное поле равно нулю. Затем включается однородное магнитное поле B , перпендикулярное плоскости кольца. Найти угловую скорость вращения кольца.

7. Между круглыми полюсами электромагнита, питаемого переменным током с частотой $f = 1000\text{Гц}$, образуется синусоидально изменяющееся во времени магнитное поле с амплитудой $B_{\text{max}} = 5.0 \times 10^3\text{Тл}$. Считая магнитное поле однородным, определить максимальную напряженность электрического поля в зазоре между полюсами на расстоянии $r = 0.5\text{м}$ от центра.

8. В опыте Ллойда световая волна, распространяющаяся от источника S , интерферирует с волной, отраженной от зеркала Z . Найдите ширину интерференционных полос на экране \mathcal{E} . Длина волны света λ .



9. Для измерения показателей преломления прозрачных веществ используется интерферометр, схема которого показана на рисунке. S – узкая щель, освещаемая монохроматическим светом с длиной волны λ . 1 и 2 – две одинаковые трубки длиной l , наполненные воздухом. D – диафрагма с двумя щелями. При замене воздуха в трубке 1 некоторым газом интерференционная картина на экране \mathcal{E} сместилась вверх на N полос. Показатель преломления воздуха n . Определить показатель преломления газа.



10. На тонкую пленку с показателем преломления $n = 1.33$ падает под углом $i_1 = 52^\circ$ к нормали параллельный пучок белого света. При какой толщине пленки отраженный свет будет наиболее сильно окрашен в желтый свет ($\lambda = 600\text{нм}$).

11. Степень поляризации частично поляризованного света $P = 0.25$. Найти отношение поляризованной составляющей этого света к естественной составляющей.

16

$$1. y(t) = \left(\frac{9P\rho \cos \alpha (1 + \sin \alpha)}{8B^2 \sin^2 \alpha} \right)^{1/3} t^{2/3}$$

$$2. t = \frac{Q(m + CB^2 l^2)}{CBIF}$$

$$3. v = \frac{mgR}{(\pi a r^2 B_0)^2}$$

$$4. \delta\varphi = \frac{\omega R^2}{2} \left(B + \frac{m\omega}{e} \right)$$

$$5. \text{Против часовой стрелки, } I = \frac{\mu_0 I_0 v}{2\pi R} \ln \frac{b}{a}$$

$$6. \omega = \frac{qB}{2m}$$

$$7. E = 7.8 \times 10^2 \text{ В/м} \approx 7.85 \cdot 10^6 \text{ В/м}$$

$$8. \frac{l}{a} \lambda$$

$$9. n_x = n(1 + N\lambda/l) \quad n + N\lambda/l$$

$$10. b = \frac{\lambda}{4} (2m - 1) (n^2 - \sin^2 i_1)^{-1/2} = 0.14(2m - 1) \text{ мкм}$$

$$11. \gamma = \frac{P}{1-P} = \frac{1}{3}$$

1. Два металлических шара радиусом r каждый заряжены одинаковым зарядом q и окружены концентрическими сферическими проводящими оболочками, радиусы которых $R_1 = 2r$ и $R_2 = 3r$. Вычислить потенциалы шаров при условии, что оболочки соединены проводником пренебрежимо малой емкости.

2. Шар радиуса R из однородного изотропного диэлектрика равномерно заряжен сторонними зарядами. Найти отношение поверхностной и объемной плотностей связанных зарядов на шаре.

3. Определить модуль индукции магнитного поля, создаваемого тонким бесконечно длинным проводником с током I , изогнутым под углом $\pi/2$, в точке, лежащей на биссектрисе этого угла на расстоянии a от вершины.

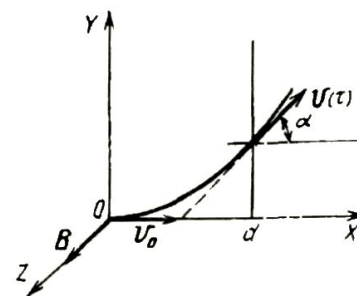
4. Коаксиальный проводник состоит из внутреннего сплошного цилиндра радиусом r_1 и концентрической с ним цилиндрической оболочки, внутренний и внешний радиусы которой равны соответственно r_2 и r_3 . По цилиндру и оболочке текут в противоположных направлениях равные токи силой I каждый. Найти модуль индукции магнитного поля как функцию расстояния r от оси проводника.

5. Эбонитовый шар радиусом R равномерно заряжен по поверхности с плотностью σ . Шар приводят во вращение вокруг своей оси с угловой скоростью ω . Найдите индукцию магнитного поля в центре шара.

6. По бесконечной плоскости шириной a и пренебрежимо малой толщиной проходит ток I . Определить модуль магнитной индукции на расстоянии R от плоскости на перпендикуляре, восстановленном к ее середине.

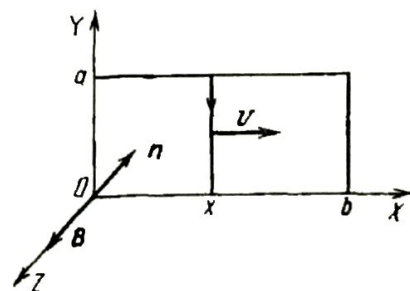
7. Частица с удельным зарядом q/m движется во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях с напряженностью $\mathbf{E} = (E, 0, 0)$ и индукцией $\mathbf{B} = (0, B, 0)$. Найти: 1) зависимость координат частицы от времени; 2) среднее значение проекции вектора скорости на ось OZ за очень большое время. Считать, что в момент времени $t = 0$ $\mathbf{r}_0 = (0, 0, 0)$ и $\mathbf{v}_0 = (0, 0, v_0)$.

8. Электрон, ускоренный разностью потенциалов U , пролетает поперечное магнитное поле с индукцией $\mathbf{B} = (0, 0, B(x))$, где $B(x) = B_0 \sin \frac{\pi x}{a}$, a – протяженность области с полем. Найти угол α отклонения электрона от первоначального направления движения.

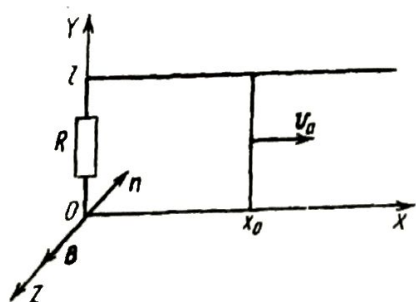


9. Нерелятивистские протоны движутся прямолинейно в области, где созданы однородные взаимно перпендикулярные электрическое и магнитное поля с напряженностью $E = 120 \text{ кВ/м}$ и индукцией $B = 50 \text{ мТл}$. Траектория протонов лежит в плоскости XOZ и составляет угол $\varphi = 30^\circ$ с осью OX . Найти шаг винтовой линии, по которой будут двигаться протоны после выключения электрического поля.

10. Прямоугольный контур со сторонами a и b , имеющий скользящую перемычку, находится в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярном к плоскости контура. Сопротивление перемычки равно R , скорость ее движения вдоль контура v . Найдите минимальный ток через перемычку. Удельное сопротивление материала контура ρ и сечение S .



11. Стержень длиной l и массой m , сопротивление которого пренебрежимо мало, скользит без трения по двум длинным



проводникам сечением S и удельным сопротивлением ρ каждый, расположенным на расстоянии l друг от друга. Проводники замкнуты сопротивлением R . Система находится в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярном плоскости контура. В момент времени $t = 0$ стержень находится в точке с координатой x_0 и ему сообщают начальную скорость v_0 в положительном направлении оси OX . Пренебрегая самоиндукцией, найти расстояние, пройденное стержнем до остановки.

15

$$1. \varphi_1 = \frac{9}{10} \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}, \varphi_2 = \frac{16}{15} \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$2. \frac{\sigma'}{\rho'} = -\frac{R}{3}$$

$$3. B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} (\sqrt{2} + 1)$$

$$4. B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \begin{cases} \frac{r}{r_1^2}, & 0 \leq r < r_1 \\ \frac{1}{r}, & r_1 \leq r < r_2 \\ \frac{(r_3^2 - r^2)}{r(r_3^2 - r_2^2)}, & r_2 \leq r < r_3 \\ 0, & r \geq r_3 \end{cases}$$

$$5. B = \frac{\mu_0 \sigma \omega R}{3\pi}$$

$$6. B = \frac{\mu_0 I}{\pi a} \arctan \frac{a}{2R}$$

$$7. x(t) = \frac{1}{\omega} \left(\frac{E}{B} - v_0 \right) (1 - \cos \omega t), y(t) = 0, z(t) = \frac{E}{B} t - \frac{1}{\omega} \left(\frac{E}{B} - v_0 \right) \sin \omega t, \omega = \frac{|q|B}{m},$$

$$\langle v \rangle_z = \frac{E}{B}$$

$$8. \alpha = \arcsin \frac{B_0 d}{\pi} \sqrt{\frac{2e}{mU}}, \text{ если } \frac{B_0 d}{\pi} \sqrt{\frac{2e}{mU}}, \text{ иначе частица не пролетает область поля}$$

$$9. h = \frac{2\pi m E}{eB^2} \tan \varphi = 6.0 \times 10^{-2} \text{ м}$$

$$10. I_{min} = \frac{Bav}{R + \frac{\rho(a+b)}{2S}}$$

$$11. s = \left(x_0 + \frac{SR}{2\rho} \right) \left[\exp \left(\frac{2mv_0\rho}{B^2 l^2 S} \right) - 1 \right]$$

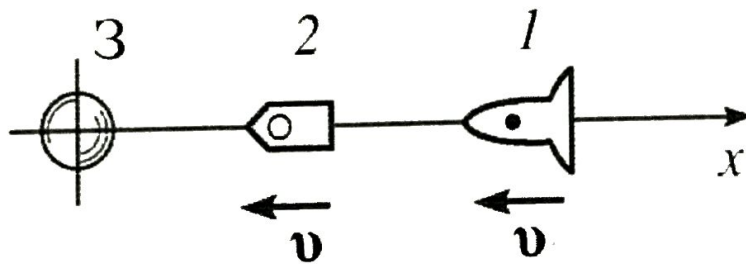
14

1. Профессор Комов совершает межзвездное путешествие на звездолете. В день, когда ему исполнилось 30 лет и звездолет находился вблизи планеты Пандора, он послал на Землю световой сигнал. Сигнал приняли на Земле через 12.5 лет. Когда Комову исполнилось 45 лет, и звездолет вновь оказался вблизи планеты Пандора, профессор принял отраженный от Земли сигнал. Вычислить скорость звездолета, считая часы звездолета и Земли синхронизированными. Скоростями планет пренебречь.

2. Две линейки, собственная длина каждой из которых равна l_0 , движутся навстречу друг другу параллельно общей оси x с релятивистскими скоростями. Наблюдатель, связанный с одной из них, зафиксировал, что между совпадениями левых и правых концов линеек прошло время τ . Найдите относительную скорость линеек.

3. Космический корабль летит со скоростью $v = 0.6c$ от одного космического маяка к другому. В тот момент, когда он находился посередине между маяками, каждый из них испускает в направлении корабля световой импульс. Найдите, какой промежуток времени пройдет на корабле между моментами регистрации этих импульсов. Расстояние между маяками свет проходит за 2 месяца.

4. Два космических корабля 1 и 2 направляются к Земле, двигаясь вдоль одной прямой с одинаковыми скоростями. В некоторый момент времени каждый корабль и Земля посылают друг другу короткие световые сигналы (корабль 1 посылает сигнал на корабль 2 и Землю, корабль 2 – на корабль 1 и Землю, и Земля – на корабль 1 и 2). Известно, что все сигналы посылаются одновременно в системе отсчета, связанной с Землей. Оказалось, что промежуток времени между принятыми сигналами по бортовым часам корабля 1 составил $\tau_1 = 1c$, а по бортовым часам корабля 2 – $\tau_2 = 0$. Какое время между принятыми сигналами τ_3 будет зарегистрировано на Земле?



5. Найти скорость частицы зарядом e и массой m , прошедшей разность потенциалов V без начальной скорости. Найти предельные выражения: 1) для классического случая $v \ll c$; 2) для ультрарелятивистского случая $v \approx c$.

6. При столкновении протонов p высоких энергий могут образовываться антипротоны \bar{p} согласно реакции $p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$. Какой минимальной кинетической энергией должен обладать протон, чтобы при его столкновении с покоящимся протоном была возможна такая реакция? Энергия покоя протона и антипротона равны $E_0 = 937 \text{ МэВ}$.

7. За распадом остановившегося в ядерной фотоэмульсии K^+ -мезона по схеме: $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ последовал распад π^0 -мезона по схеме $\pi^0 \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$, причем вершина пары e^+e^- находилась на расстоянии $l = 0.10 \text{ мкм}$ от места остановки K^+ -мезона. Оценить время τ_0 жизни π^0 -мезона, если известно, что энергия покоя K^+ -мезона $M_K c^2 = 494 \text{ МэВ}$, энергия покоя π^0 -мезона $M_{\pi^0} c^2 = 135 \text{ МэВ}$, энергия покоя π^+ -мезона $M_{\pi^+} c^2 = 140 \text{ МэВ}$.

14

$$1. v = c \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_0}{\tau}\right)^2} = \frac{4}{5}c. \tau = 25 \text{ лет}, \tau_0 = 15 \text{ лет}$$

$$2. v = \frac{2l_0\tau}{\tau^2 + l_0^2/c^2}$$

$$3. \tau = \frac{Lv}{c\sqrt{c^2 - v^2}} = 1.5 \text{ месяца}$$

$$4. \tau_3 = 0,5c$$

$$5. v = \sqrt{\frac{2eV}{m} \sqrt{\frac{1+eV/(2mc^2)}{[1+eV/(mc^2)]^2}}}$$

$$6. K = 6E_0 = 5.62 \text{ ГэВ}$$

$$7. \tau_0 \approx 2,2 \times 10^{-16}c$$

13

1. Постоянная Ридберга, найденная по спектру водорода, составляет $109677,6 \text{ см}^{-1}$, а по спектру гелия – $109722,3 \text{ см}^{-1}$. Определите по этим данным отношение массы протона к массе электрона.
2. На зеркальную поверхность площадью 10 см^2 падает под углом 45° пучок фотонов интенсивностью 1018 фотонов/с. Длина волны падающего света 400 нм . Определить величину светового давления на поверхность, если коэффициент отражения поверхности равен $0,75$.
3. Уединенный цинковый шарик облучается ультрафиолетовым светом длины волны $\lambda = 250 \text{ нм}$. До какого максимального потенциала зарядится шарик? Работа выхода для цинка $P = 3,74 \text{ эВ}$.
4. Фотон рубинового лазера ($\lambda = 6943 \text{ нм}$) испытывает лобовое соударение с электроном, имеющим кинетическую энергию $W = 500 \text{ МэВ}$. Определить энергию фотона, испускаемого в результате «обратного комптон-эффекта» и движущегося вдоль траектории электрона.
5. Оценить минимальный размер пятна D_{min} создаваемого на детекторе пучком атомов серебра, испускаемых печью с температурой $T = 1200^\circ \text{C}$. Расстояние от выходной щели печи до детектора равно $L = 1 \text{ м}$.
6. Параллельный пучок нейтронов с энергией $E = 0,025 \text{ эВ}$ проходит через коллимирующую щель шириной $d = 0,10 \text{ мм}$ и затем зазор в магните Штерна-Герлаха длиной $L = 1,0 \text{ м}$. Оценить значение градиента поля dB/dz , при котором угол магнитного отклонения компонент пучка равен углу дифракционного уширения. Магнитный момент нейтрона примерно в 700 раз меньше магнетона Бора.
7. В опытах Шалла наблюдалось расщепление пучка нейтронов на два пучка при преломлении на границе однородного магнитного поля. Найти угол θ между направлениями этих пучков. Индукция B однородного магнитного поля равна $2,5 \text{ Тл}$, а нейтроны с дебройлевской длиной волны $\lambda = 0,5 \text{ нм}$ падают под углом 30° к достаточно резкой границе магнитного поля. Магнитный момент нейтрона примерно в 700 раз меньше магнетона Бора.

1,23

13

1. 1850

2. $2,03 \times 10^{-6} \text{ H/m}^2$

3. $V_{\max} = \frac{1}{e} \left(\frac{hc}{\lambda} - P \right) = 1,22 \text{ B}$

4. $W' = 7,14 \text{ MэВ}$

5. $D_{\min} \approx \frac{2\sqrt{hL}}{\sqrt{3mk_B T}} = 2 \text{ мкм}$

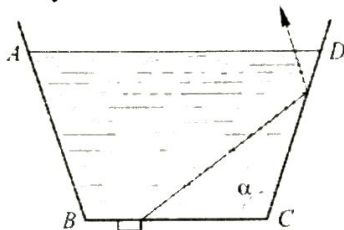
6. $\frac{dB}{dx} = \frac{h}{\mu_0 L d} \sqrt{\frac{2E}{m_n}} \approx 100 \text{ Гс/см}$

7. $\theta = \frac{\sqrt{3} m_n \lambda^2 \mu_B}{h^2} \approx \text{мкрад}$

1. Человек, стоящий на краю бассейна, смотрит на предмет, находящийся на дне. Глубина бассейна $h = 1$ м. На каком расстоянии h' от поверхности воды получится изображение предмета, если луч зрения составляет с нормалью к поверхности воды угол $\varphi = 60^\circ$. Показатель преломления воды $n = 1.33$.

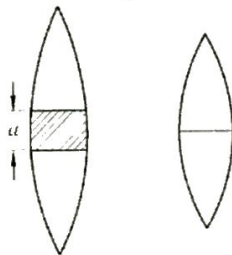
2. Чему равен угол наименьшего отклонения δ для линии D натрия в призме с преломляющим углом 60° ? Показатель преломления для этой линии натрия равен $n = 1.62$.

3. С каким углом α нужно взять трапециевидный сосуд с водой ABCD, чтобы сквозь его боковую поверхность не было видно предмета, подложенного под дно сосуда? Показатель преломления воды $n = 1.33$. Дно сосуда имеет форму прямоугольника.

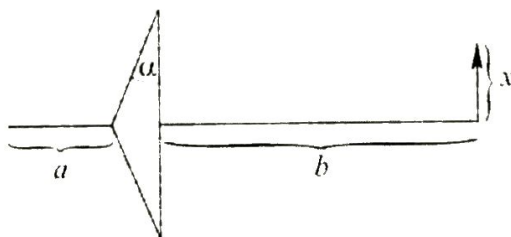


4. Расстояние от лампочки до экрана $L = 50$ см. Линза, помещенная между ними, дает четкое изображение лампы на экране при двух положениях, расстояние между которыми $l = 10$ см. Найти фокусное расстояние линзы.

5. Из линзы с фокусным расстоянием $f = 50$ см вырезана центральная часть ширины a . Обе половины сдвинуты до соприкосновения. По одну сторону линзы помещен точечный источник монохроматического света с $\lambda = 6000$ А. С противоположной стороны линзы помещен экран, на котором наблюдаются полосы интерференции. Расстояние между соседними светлыми полосами $\delta x = 0.50$ мм и не изменяется при перемещении экрана вдоль оптической оси. Найдите a .



6. Выразить расстояние x от центра интерференционной картины до m -й светлой полосы в опыте с бипризмой. Показатель преломления призмы n , длина волны λ , преломляющий угол α . Интерферирующие лучи падают на экран приблизительно перпендикулярно.



7. Пучок естественного света падает на систему из $N = 6$ поляризаторов, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол $\varphi = 30^\circ$ относительно плоскости пропускания предыдущего поляризатора. Какая часть светового потока проходит через эту систему?

12

$$1. h' = \frac{h}{n} \frac{\cos^3 \varphi}{\cos^3 \left(\arcsin \frac{\sin \varphi}{n} \right)} = 0.215 \text{ м}$$

$$2. \delta = 48^\circ 12'$$

$$3. \sin \frac{\alpha}{2} \geq \frac{1}{n}, \alpha \geq 97^\circ 30'$$

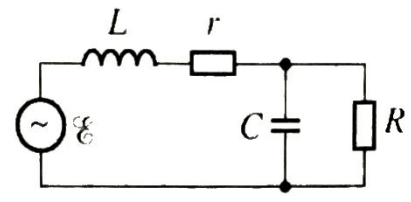
$$4. \frac{L^2 - l^2}{4L} = 12 \text{ см}$$

$$5. a = \frac{f\lambda}{\delta x} = 0.60 \text{ мм}$$

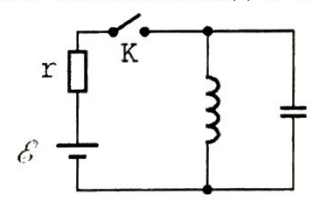
$$6. x = m\lambda \frac{a+b}{2a(n-1)\alpha}$$

$$7. \frac{1}{2} (\cos \varphi)^{2(N-1)} = 0.12$$

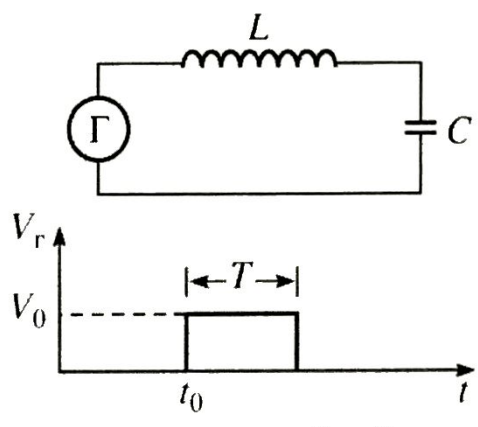
1. На рисунке показана цепь переменного тока. Определить сдвиг фазы между напряжением на сопротивлении R и ЭДС всей цепи.



2. Найдите амплитуду колебания, представляющего собой сумму N колебаний одинаковой частоты и амплитуды a , фазы которых составляют арифметическую прогрессию $\varphi_n = n\alpha$, $n = 0, 1, 2, \dots, N - 1$. При каких α амплитуда суммарного колебания максимальна?
3. Найти период вертикальных колебаний жидкости в U-образной трубке, если общая длина столба жидкости равна l . Ускорение свободного падения g , поверхностным натяжением пренебречь.
4. Колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности и конденсатора, через ключ подключен к источнику с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r . Первоначально ключ замкнут. После установления стационарного режима ключ размыкают, и в контуре возникают колебания с периодом T , при этом амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе в n раз больше ЭДС батареи. Найдите индуктивность катушки и емкость конденсатора.



5. Генератор с малым внутренним сопротивлением посылает в контур прямоугольный импульс напряжения. Пренебрегая затуханием, найдите: 1) при какой длительности импульса T в контуре отсутствуют колебания после прекращения импульса; 2) при какой длительности импульса T амплитуда колебаний после прекращения импульса максимальна и чему она равна. Для обоих случаев нарисуйте графики тока и напряжения как функции времени, начиная с t_0 .



6. Определить наименьшую резонансную частоту колебаний воздуха между двумя параллельными близко расположенными ($L = 20\text{м}$) высокими зданиями. Скорость звука в воздухе $V = 320\text{м/с}$.
7. С какой силой следует натянуть гитарную струну длины $L = 60\text{см}$ и линейной плотностью $\mu = 0,10\text{г/см}$, чтобы она звучала с частотой $\nu = 100\text{Гц}$ на первой гармонике.

(11)

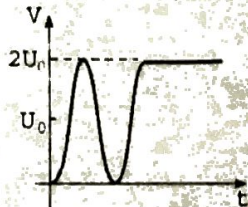
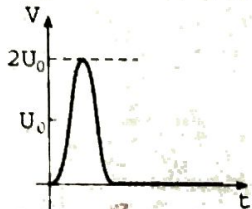
$$1. \tan \varphi = \frac{\omega(L+CrR)}{r+R(1-\omega^2CL)}$$

$$2. = a \frac{\sin \frac{N\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \alpha = 2\pi n, n = 1, 2 \dots$$

$$3. T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{2g}}$$

$$4. L = \frac{n\pi r}{2\pi}, C = \frac{T}{2\pi nr}$$

$$5. 1) T = \pi 2n\sqrt{LC}, 2) T = \pi(2n+1)\sqrt{LC}, U = 2U_0$$

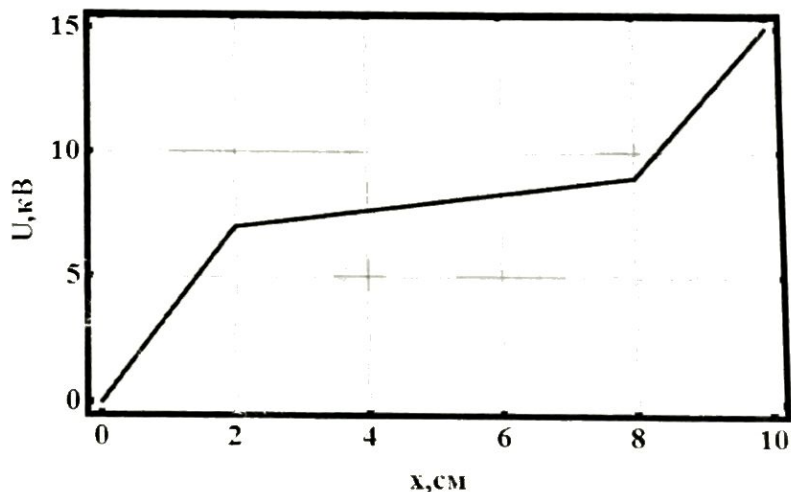


$$6. \frac{v}{2L} = 16\Gamma\mu$$

$$7. F = 4L^2v^2\mu = 144H$$

Контрольная работа 1

1. Свободно падающее тело за последнюю секунду пролетело $3/4$ всего пути. Определите время полета.
2. Один моль идеального одноатомного газа имеет начальную температуру $T = 300\text{ К}$. Над газом совершается процесс, в результате которого его температура возрастает в 3 раза, а объем уменьшается в 2 раза. При этом давление не падает ниже начального значения, а совершаемая работа минимальна. Найдите количество теплоты, подведенное к газу.
3. В циклотроне в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1\text{ Тл}$, ускоряются заряженные частицы по круговой орбите радиуса $R = 1\text{ м}$. Пучок этих частиц со средним током $I = 1\text{ мА}$ впрыскивается в охлаждаемую водой камеру с расходом $Q = 1\text{ л/с}$. На сколько градусов повышается температура воды. Частота ускоряющего напряжения циклотрона равна $f = 7.5\text{ МГц}$. Циклотрон представляет собой два немного раздвинутых полуцилиндра, помещенных в вакуумную камеру между полюсами электромагнита. Поле электромагнита искривляет траекторию частиц, а их ускорение происходит в тот момент, когда они проходят зазоры между полуцилиндрами.
4. Наблюдение за спутником ведется с помощью радиоприемника, расположенного на берегу озера на высоте $H = 3\text{ м}$ над поверхностью воды. При наблюдении за поднятием спутника над горизонтом обнаружены периодические изменения интенсивности принимаемого радиоприемником сигнала так, что первые максимумы соответствуют углам возвышения $\alpha_1 = 3^\circ$ и $\alpha_2 = 6^\circ$. Считая поверхность воды идеальной, найдите частоту радиосигнала спутника.
5. Пуля, летящая со скоростью $v_0 = 1800\text{ км/ч}$, упруго отскакивает от лобового щита танка, движущегося со скоростью $v = 54\text{ км/ч}$. Начальная скорость пули составляет угол $\varphi = 60^\circ$ с направлением движения танка. Найдите скорость отскачившей пули.
6. Аэростат, оболочка которого имеет объем $V = 500\text{ м}^3$, герметична и нерастяжима, заполняется на поверхности Земли гелием при давлении $p_0 = 1\text{ атм}$ и температуре $T = 300\text{ К}$. Оказалось, что максимальная высота подъема стратостата равна 1,5 км, а зафиксированная приборами плотность воздуха на 20% меньше, чем у поверхности Земли. Определите массу аэростата.
7. Газоразрядная трубка заполнена гелием, имеющем потенциал ионизации 24,5В. Ионизация атомов гелия электронным ударом начинается при напряжении на трубке 15кВ, а распределение потенциала между электродами при этом показано на рисунке. Вычислите длину свободного пробега электронов в гелии.



8. Передатчик и приемник радиосигналов расположены на поверхности Земли на расстоянии $L = 2000\text{ км}$ друг от друга. Радиоволны частотой $f = 30\text{ МГц}$ регистрируются приемником после отражения ионосферными слоями, находящимися на высотах $h_1 = 100\text{ км}$ и $h_2 = 300\text{ км}$ соответственно. Определите расстояние между двумя соседними максимумами фиксируемой приемником интенсивности сигнала, если он перемещается вдоль прямой, соединяющей его с передатчиком. Перемещение приемника мало по сравнению с расстоянием от него до передатчика.

Ответы к контрольной работе 1

1. $t = 2 \text{ с}$

2. $Q = 2.5 \cdot 10^{-3} RT \approx 6225 \text{ Дж}$

3. $\Delta T = \frac{\pi BIR^2 f}{CQ} \approx 6^\circ$

4. $f = \frac{c}{2H(\alpha_2 - \alpha_1)} \approx 10^9 \text{ Гц}$

5. $u = [v_0^2 \sin^2 \varphi + (v_0 \cos \varphi + 2v)^2]^{1/2} \approx 520 \text{ м/с}$

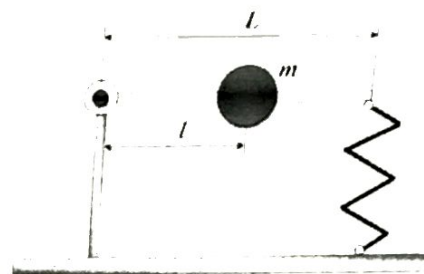
6. $M = (0.8\mu_2 - \mu_1) \frac{P_0 V}{RT} \approx 380 \text{ кг}$

7. $\lambda = 7.5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$

8. $\Delta X = \frac{cL^2}{2(h_2^2 - h_1^2)f} \approx 250 \text{ м}$

Контрольная работа 2

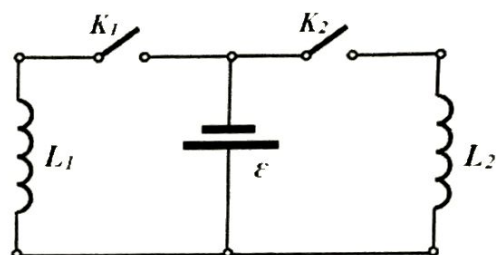
✦ 1. Один конец невесомой штанги длины L закреплен в шарнире, а другой конец опирается в пружине жесткости k . На штанге на расстоянии l от шарнира закреплен груз массой m . Найдите период малых колебаний штанги T .



✓ 2. Больным при простуде иногда ставят так называемые «банки». Найдите силу F , с которой банка прижимается к телу. Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па, температура окружающего воздуха $t_0 = 20^\circ\text{C}$.

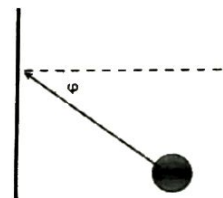
Считайте, что при прикладывании банки диаметром $D = 4$ см к телу воздух в ней прогревается до температуры $t = 80^\circ\text{C}$, а изменением объема воздуха в банке можно пренебречь.

✓ 3. Источник с постоянным э.д.с. ε и внутренним сопротивлением r подключен к катушкам индуктивности L_1 и L_2 через ключи K_1 и K_2 . Оба ключа в начальный момент времени разомкнуты. Сначала замыкают ключ K_1 и, когда ток через катушку L_1 достигает значения I_0 , замыкают ключ K_2 . Пренебрегая активными сопротивлениями катушек, найдите установившиеся значения токов через них.

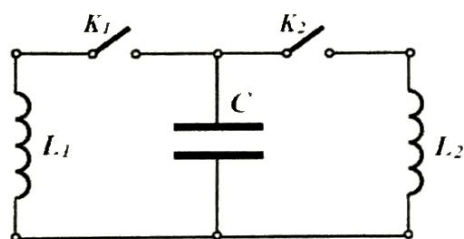


✓ 4. Видимое направление на звезду отличается от истинного вследствие преломления света в атмосфере земли. Пусть некоторая звезда видна с земли под углом 45° к вертикали. Найдите ошибку при фиксировании направления на звезду, считая, что показатель преломления воздуха равен 1.003,

✓ 5. По гладкой горизонтальной поверхности движется стальной шар и ударяется о вертикальную стену, коэффициент трения между ними равен μ . Найдите углы φ , при которых шар отскочит перпендикулярно к стене.

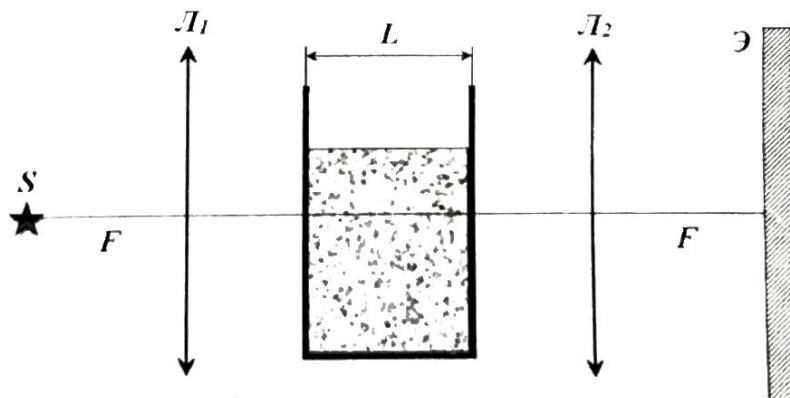


✓ 6. Под крышкой кастрюли кипит жирный бульон. Найдите отношение плотностей паров воды и паров масла. Давление насыщенных паров масла ($\mu_v = 80$) при температуре 100°C равно $p_v = 0.9$ мм. рт. ст.



✓ 7. Конденсатор емкостью C подключен к катушкам индуктивности L_1 и L_2 через ключи K_1 и K_2 . Оба ключа в начальный момент времени разомкнуты, а напряжение на конденсаторе равно V . Сначала замыкают ключ K_1 и, когда напряжение на конденсаторе обращается в ноль, замыкают ключ K_2 . Найдите максимальное I_{\max} и минимальное I_{\min} значения токов через катушку L_1 . Сопротивлением катушек пренебречь.

9. На рисунке показана оптическая схема, в которой точечный источник S находится в фокусе линзы L_1 , а в фокальной плоскости точно такой же линзы L_2 находится экран \mathcal{E} . В кювету шириной L наливается жидкость, коэффициент преломления которой меняется с высотой по закону $n = n_0 + Kh$. После того, как кювету поместили между линзами, изображение источника сместилось на величину δ . Найдите K .



Ответы к контрольной работе 2

$$1. T = 2\pi \frac{l}{L} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$2. F_{\max} \approx 21H$$

$$3. I_1 = I_2 = \frac{L_1 + L_2}{L_1} \left[\frac{\varepsilon}{r} - I_0 \right]$$

$$4. \Delta\alpha = 3 \cdot 10^{-4} \text{ радиан} \quad \text{☞}$$

$$5. \operatorname{tg} \varphi \leq 2\mu$$

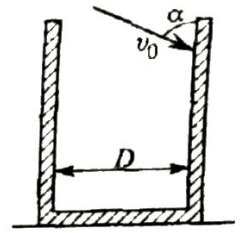
$$6. n = 190$$

$$7. I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L_1}} V, \quad I_{\min} = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2} \sqrt{\frac{C}{L_1}} V$$

$$8. K = \frac{\delta}{F} L$$

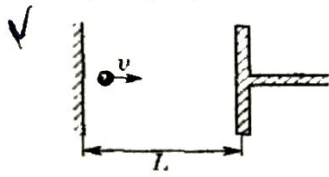
Контрольная работа 3

✓ 1. Шарик с начальной скоростью v_0 влетает в неподвижный цилиндр диаметром D . Считая удары шарика о стенки абсолютно упругими, найдите условие для угла α , при котором его траектория симметрична и он не покидает цилиндра.



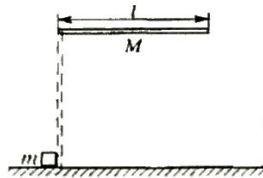
9 2. Лодке сообщили начальную скорость v_0 . Считая, что сила сопротивления движению пропорциональна квадрату скорости, найдите зависимость скорости лодки от времени. Определите время движения лодки и пройденный ею до остановки путь.

✓ 3. Двухступенчатая ракета полной массы M состоит из первой ступени массой m_1 , второй ступени массой m_2 и полезного груза массой m . $M = m_1 + m_2 + m$. Первая ступень работает так, что сначала отрабатывается топливо, которое составляет долю α_1 от всей ее массы, после чего без сообщения импульса отделяется остаток. Аналогично работает вторая ступень, но доля топлива в ней α_2 . Скорость истечения топлива в обеих ступенях одинакова. Выразите отношение масс ступеней m_1 / m_2 через отношение m / M , при котором конечная скорость ракеты максимальна.



4. Неподвижная стенка и очень массивный, но подвижный поршень расположены на расстоянии L друг от друга, образуя систему, показанную на рисунке. Между ними движется легкий, маленький шарик со скоростью v . Считая столкновения абсолютно упругими, найдите такую функцию $f(v, l)$, которая остается неизменной при медленных движениях поршня.

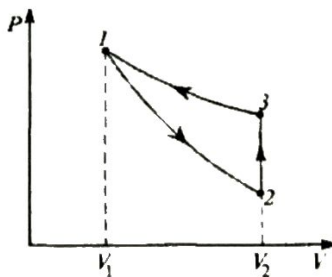
5. На гладком горизонтальном столе лежит тело массы m , которое ударяет стержень длины L и массы M , способный вращаться вокруг неподвижной горизонтальной оси, как показано на рисунке. Считая удар абсолютно упругим, найдите скорость тела после удара.



9 6. Температура атмосферного воздуха равна $t_2 = -10^\circ\text{C}$, а его плотность $\rho = 1.29 \text{ кг/м}^3$. Труба теплоэлектростанции имеет высоту $l = 50 \text{ м}$, а воздух внутри разогрет до $t_1 = 60^\circ\text{C}$. Найдите статическое давление P , обеспечивающее тягу в трубе.

7. С обеих сторон поршня, который может перемещаться внутри цилиндрического сосуда объемом $2V$, поместили по одному молю одноатомного газа. В начальный момент времени давление и температура газа всюду одинаковы и равны P_0 и T_0 соответственно. Поршень и стенки сосуда не проводят тепло. Найдите теплоемкость газа $C_1(V_2)$ в одном отсеке как функцию объема другого отсека V_2 . Начертите график полученной зависимости.

✓ 8. В качестве рабочего тела холодильной машины выбрали одноатомный газ, работающий по циклу, изображенному на рисунке. Он состоит из адиабаты, изотермы и изохоры. Найдите количество электроэнергии, необходимое для охлаждения 1 кг воды на 20°C . Машина идеальная, а $V_2 / V_1 = 4$.



Ответы к контрольной работе 3

1. $v_0^2 \sin 2\alpha = Dg$

2. $v(t) = \frac{mv_0}{m + rv_0 t}, \quad t = \infty, \quad S = \infty$

3. $\frac{m_2}{m_1} = \frac{\sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \frac{1-\alpha_1}{1-\alpha_2}} - \sqrt{\frac{m}{M}}}{1 - \sqrt{\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \frac{1-\alpha_1}{1-\alpha_2} \frac{m}{M}}} \sqrt{\frac{m}{M}}$

4. $f(v, L) = vL = \text{const}$

5. $v = \frac{2M\sqrt{3gl}}{M + 3m}$

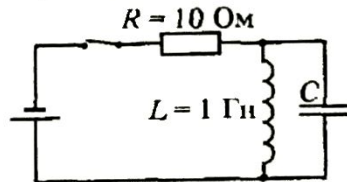
6. $P = \rho_0 gl \left(1 - \frac{T_1}{T_2} \right) = 133 \text{ Па}$

7. $C_1(V_2) = \frac{C_V}{1 - \frac{V_2}{5V}}$

8. $A = cm\Delta t \left\{ \left[(\gamma - 1) \ln \frac{V_2}{V_1} \right] \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right]^{-1} - 1 \right\} = 45 \text{ кДж}$

Контрольная работа 4

1. В тонкостенном сосуде создан высокий вакуум при давлении $P_1 = 10^{-4}$ мм.рт.ст. Оказалось, что в стенке имеется отверстие площадью $S = 10^{-6}$ см², размеры которого малы по сравнению с длиной свободного пробега. Снаружи атмосферное давление равно $P_0 = 760$ мм.рт.ст., а температура воздуха 20°C . Считая объем сосуда известным и равным $V = 1$ л, найдите время, через которое давление станет равным $P_2 = 10^{-2}$ мм.рт.ст..
2. Одна пластина плоского конденсатора заземлена, а другая поддерживается при потенциале φ_0 . Пространство между обкладками заряжено с объемной плотностью ρ . Найдите распределение потенциала внутри конденсатора, если расстояние между пластинами равно d .
3. Магнитный диполь, имеющий момент $\mu = 0.01 \text{ А} \cdot \text{м}^2$, движется со скоростью $v = 1 \text{ км/с}$ вдоль оси кругового витка. Радиус витка равен $R = 1 \text{ см}$, а его сопротивление $r = 0,001 \text{ Ом}$. Найдите силу тока в витке I в тот момент времени, когда расстояние до витка равно $L = 10 \text{ см}$.
4. В некоторой среде создано вертикальное магнитное поле, которое изменяется с высотой h по закону $B(h) = B_0(1 - ah)$, где B_0, a – константы. Кольцо массой m , сопротивлением R и радиусом r падает так, что его плоскость все время горизонтальна. Определите, как скорость кольца зависит от времени.
5. В схеме, изображенной на рисунке, ключ был замкнут в течении длительного времени. В некоторый момент времени ключ размыкают. Найдите емкость конденсатора, если амплитуда колебаний напряжения на нем в $n = 100$ раз превышает напряжение источника.



6. На дне пруда глубиной $h = 2$ м лежит камень. Человек, присевший на корточки у берега, смотрит под углом $\varphi = 60^\circ$ к поверхности и видит его четкое изображение. Найдите расстояние от земли до уровня глаз человека, если показатель преломления воды равен $n = 1.33$.
7. На очень тонкую клиновидную пластину, изготовленную из стекла с показателем преломления $n = 1.5$, падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 5800 \text{ А}$. Если смотреть на пластинку вдоль нормали, то в отраженном свете наблюдается интерференционная картина с расстоянием между соседними темными полосами $\Delta x = 5 \text{ мм}$. Найдите малый угол α между гранями пластинки.

Ответы к контрольной работе 4

$$1. \tau = \frac{4V}{S\bar{v}} \ln \left(\frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_2} \right) \approx \frac{4V}{S\bar{v}} \frac{P_2 - P_1}{P_0} = 1.17c$$

$$2. \varphi(x) = \left(\frac{\varphi_0}{d} + \frac{\rho d}{2\varepsilon_0} \right) x - \frac{\rho x^2}{2\varepsilon_0}$$

$$3. I = \frac{3\mu_0 \mu R^2 v}{2L^4 r} \approx 19. \text{мА}$$

$$4. v = -\frac{mRg}{(\pi r^2 a B_0)^2} \left[1 - \exp \left(-\frac{(\pi r^2 a B_0)^2}{mR} t \right) \right]$$

$$5. C = \frac{L}{R^2 n^2} = 1. \text{мкФ}$$

$$6. H = \frac{h \cos^3 \varphi}{n \cos^3 \psi} = 0.43. \text{м}$$

$$7. \alpha = \frac{\lambda}{2n\Delta x} \approx 8''$$

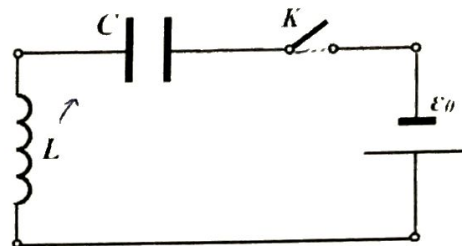
]

Контрольная работа 5

✦ 1. Бейсболист бросает мяч точно другому игроку с начальной скоростью 20 м/с. Известно, что мяч достиг высшей точки траектории через одну секунду после броска. Найдите расстояние, на котором игроки находятся друг от друга.

✓ 2. Предположим, что диаметр молекул воздуха равен $d = 3.7 \cdot 10^{-10}$ м. Вычислите длину свободного пробега молекул в воздухе при нормальных условиях.

✦ 3. К батарее с постоянной э.д.с. \mathcal{E}_0 подключили конденсатор емкостью C и катушку индуктивностью L . Вначале ключ K разомкнут, а конденсатор не заряжен. Найдите максимальный ток в цепи после замыкания ключа K .

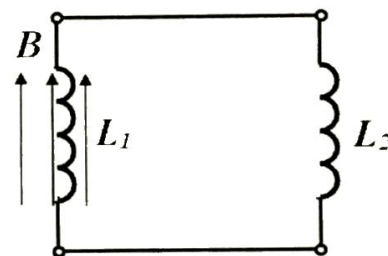


✓ 4. Плоская электромагнитная волна частотой $9.4 \cdot 10^9$ Гц излучается антенной в направлении, перпендикулярном отражающему экрану. В некоторой фиксированной точке между антенной и экраном наблюдается максимум интенсивности электромагнитной волны. Затем вплотную к экрану прикладывается диэлектрическая пластина с показателем преломления, равным 1,4. Найдите ее минимальную толщину, при которой в той же точке будет наблюдаться минимум интенсивности электромагнитной волны.

✦ 5. Скорость мяча после броска баскетболиста равна 8 м/с и составляет угол 60° с горизонтом. Найдите скорость мяча, с которой он попадает в кольцо, если время его полета составляет одну секунду.

✓ 6. При комнатной температуре кристаллическая решетка железа является кубической объемноцентрированной, то есть элементарной ячейкой является куб, во всех вершинах которого, а также в центре на пересечении главных диагоналей располагаются по одному атому железа. Определите, сколько атомов железа приходится на объем одной элементарной ячейки. Рассчитайте минимальное расстояние между атомами железа в кристалле, если его атомный вес $A = 56$ и плотность $\rho = 7870 \text{ кг/м}^3$.

✦ 7. В однородное магнитное поле с индукцией B внесли катушку, имеющую n_1 витков площадью S , так, что линии поля параллельны оси катушки. Первую катушку соединяют проводниками с другой катушкой, расположенной вне поля. Их индуктивности равны L_1 и L_2 соответственно. Найдите величину тока в катушках после того, как магнитное поле выключили.



✦ 8. На оптической оси на расстоянии L от тонкой собирающей линзы диаметром D находится точечный источник света. При этом из линзы выходит пучок расходящихся лучей с углом расхождения α . Собирающую линзу заменяют рассеивающей такого же диаметра и фокусного расстояния. Найдите новый угол расхождения лучей β .

Ответы к контрольной работе 5

1. $L = 35 \text{ м}$

2. $\lambda = \frac{kT}{P\pi d^2} \approx 9 \cdot 10^{-8} \text{ м}$

3. $I_{\max} = \varepsilon_0 \sqrt{\frac{C}{L}}$

4. $d_{\min} = \frac{c}{4f(n-1)} \approx 2 \text{ см}$

5. $V \approx 5 \text{ м/с}$

6. $n = 2 \quad d_{\min} = \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{nA}{\rho N_A} \right)^{1/3} \approx 2.5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$

7. $I = \frac{n_1 SB}{L_1 + L_2}$

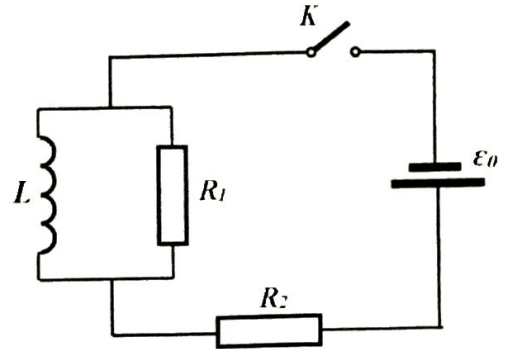
8. $\beta = 2 \arctan \left[\frac{D}{L} - \tan \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right]$

Контрольная работа 6

✓ 1. Известно, что только пучок электронов, прошедших ускоряющую разность потенциалов не менее $U_0 = 10.2 \text{ В}$, заставляет излучать фотоны первоначально невозбужденный водород. Найдите энергию ионизации атома водорода. Рассчитайте, какую минимальную ускоряющую разность потенциалов должен пройти пучок протонов для того, чтобы заставить излучать первоначально невозбужденный водород.

✦ 2. Теплоизолированный сосуд объемом $V = 22.4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ содержит $n_1 = 1 \text{ моль}$ водорода при температуре $T_1 = 200 \text{ К}$. В сосуд добавляют еще $m = 4 \text{ г}$ водорода, после чего в нем устанавливается давление $p = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Найдите температуру добавленного водорода.

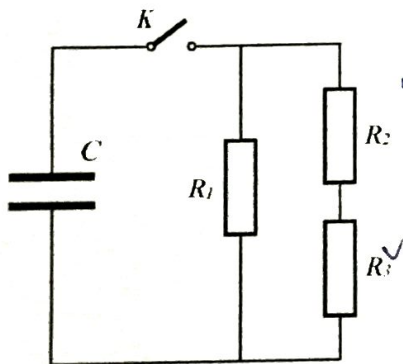
✓ 3. В схеме, показанной на рисунке, ключ K был долгое время замкнут, после чего его размыкают. Э.д.с. источника равно \mathcal{E}_0 , его внутреннее сопротивление равно нулю, индуктивность катушки равна L . Считая, что $R_1 = R_2 = R$, найдите количество теплоты, выделенное в сопротивлении R_1 после размыкания ключа K .



✓ 4. Тонкая линза дает изображение предмета на экране с увеличением $\Gamma_1 = 2$. Если предмет передвинуть на 1 см , то для получения четкого изображения придется передвинуть и экран, а увеличение станет равным $\Gamma_2 = 4$. Найдите расстояние, на которое передвинули экран.

✓ 5. О горизонтальную поверхность льда ударяется шайба, летящая под углом $\alpha = 45^\circ$. Считайте, что шайба движется поступательно, угол ее падения равен углу отражения, а действием силы тяжести во время удара можно пренебречь. Найдите относительную потерю кинетической энергии шайбы при ударе. Коэффициент трения шайбы о лед равен $\mu = 0.04$.

✓ 6. Кислород при нормальных условиях находится в сосуде объемом 67 л . Температуру газа повысили до 2700° С , при этом треть атомов кислорода диссоциировала. Найдите конечное давление кислорода в сосуде.



✓ 7. В начальный момент времени ключ K разомкнут, а конденсатор емкостью C заряжен до разности потенциалов V_0 в схеме, изображенной на рисунке. Найдите количество теплоты, которое выделяется в каждом сопротивлении после замыкания ключа K .

8. Трехкратно увеличенное изображение предмета получено на плоском экране. Если предмет передвинуть на 2 см , то для получения четкого изображения придется передвинуть и экран на 24 см . Найдите полученное при этом увеличение предмета.

Ответы к контрольной работе 6

1. $U_{\text{min}} = 20.4 \text{ В}$ $E_u = 13.6 \text{ В}$

2. $T = 310 \text{ К}$

3. $Q = \frac{L\varepsilon_0^2}{8R^2}$

4. $\Delta b = \Gamma_1 \Gamma_2 \Delta a = 8 \text{ см}$

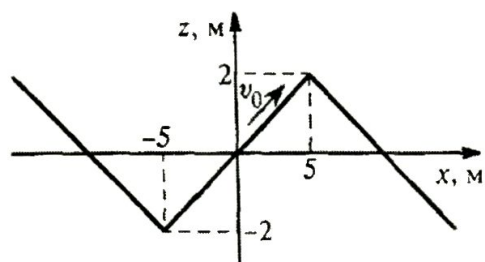
5. $\frac{4\mu}{(1+\mu)^2} = 0.15$

6. $P = \frac{4P_0 T}{T_0} = 13P_0$

7. $Q_1 = \frac{CV_0^2}{2} \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$ $Q_2 = \frac{CV_0^2}{2} \frac{R_1 R_2}{(R_2 + R_3)(R_1 + R_2 + R_3)}$ $Q_3 = \frac{CV_0^2}{2} \frac{R_1 R_3}{(R_2 + R_3)(R_1 + R_2 + R_3)}$

8. $\Gamma = 4$

Контрольная работа 1

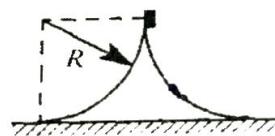


1. Горка имеет форму, изображенную на рисунке. Тело, находящееся в момент времени $t=0$ в точке $x=0, z=0$ движется по ней со скоростью $v=v_0$. Считая, что скорость принимает два значения $(v_0)_1 = 5\text{ м/с}, (v_0)_2 = 7\text{ м/с}$, изобразите траекторию тела в фазовой плоскости координат $z, dz/dt$.

2. На длинной доске массы M лежит груз массы m . После сильного и направленного горизонтально удара доска приобретает начальную скорость v_0 . Найдите время, через которое скорости груза и доски сравняются. Коэффициент трения между доской и землей равен k_1 , а между доской и грузом – k_2 .

3. Рассмотрим принцип работы водного скутера. Двигатель забирает воду со стороны борта и выбрасывает ее назад со скоростью u . Известно, что масса прогоняемой двигателем в единицу времени воды равна μ , масса скутера – M , а при его движении со скоростью v на него действует сила сопротивления воды, равная $-\alpha v$. Считая, что скутер начинает движение из состояния покоя, найдите зависимость его скорости от времени $v(t)$.

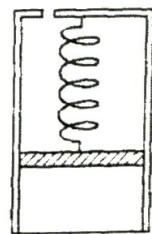
4. Клин имеет форму, показанную на рисунке, а его боковые стороны – четвертинки окружностей радиуса $R=1\text{ м}$. Небольшое тело, равное по массе с клином, поставили в верхнюю точку и оно начало скользить вниз без начальной скорости. Трение между клином и горизонтальной поверхностью отсутствует, а коэффициент трения между ней и телом равен $k=0.2$. Найдите расстояния, на которые сместятся оба тела по горизонтали к тому моменту, когда скольжение тела по горизонтальной поверхности прекратится.



5. Трубу с наружным диаметром D и тонкой стенкой положили на горизонтальную поверхность. По ней производят горизонтальный удар так, что расстояние от точки удара до горизонтальной поверхности равно $7D/8$ и она катится после этого без скольжения. Найдите толщину стенок.

6. На некоторой высоте в атмосфере висит аэростат, наполненный водородом при температуре $t_1 = 15^\circ\text{C}$. Из-за облаков выглянуло солнце и аэростат нагрелся до температуры $t_2 = 37^\circ\text{C}$. Давление атмосферы при этом не изменилось, а излишек водорода массой $M = 6.05\text{ кг}$ вышел через аппендикс. Считая плотность водорода равной $\rho_0 = 8.9 \cdot 10^{-5}\text{ г/см}^3$, найдите объем V аэростата.

7. В цилиндре под поршнем находится один моль идеального газа. Поршень удерживается в равновесии пружиной жесткости k , а начальный объем газа V_0 таков, что пружина находится в недеформированном состоянии и $P_0 S^2 = kV_0$. Здесь S – площадь поршня, а P_0 – атмосферное давление. Считая дно теплопроводящим, а стенки цилиндра и поршень – нет, найдите теплоемкость газа в цилиндре.



8. Известно, что удельная теплота плавления льда равна $q = 335\text{ кДж/кг}$ при плотности $\rho = 0.9\text{ г/см}^3$. Оцените, какую работу можно совершить с помощью глыбы льда объемом 1 км^3 , плавающей в океане.

Ответы к контрольной работе 1

1. Две прямые, параллельные оси z

$$2. t = \frac{v_0}{(k_1 + k_2)(1 + m/M)g}$$

$$3. v(t) = \frac{\mu u}{\mu + \alpha} \left[1 - \exp\left(\frac{\mu + \alpha}{M} t\right) \right]$$

$$4. l_{final} = \frac{R}{2} \left(1 + \frac{1}{k} \right) = 3 \text{ м}, l = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{k} \right) = 5.5 \text{ м}$$

$$5. d = \frac{D}{2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

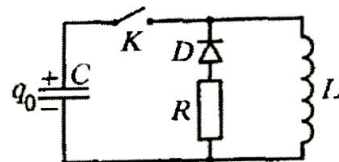
$$6. V = 1000 \text{ м}^3$$

$$7. C = C_V + \frac{R}{2}$$

$$8. 3 \cdot 10^{16} \text{ Дж}$$

Контрольная работа 2

1. Считая функцию распределения частиц одноатомного газа по скоростям максвелловской, вычислите полную кинетическую энергию молекул, ударяющихся в единицу поверхности стенки сосуда в единицу времени.
2. Бесконечно длинный проводящий цилиндр помещается во внешнее однородное электрическое поле, направление которого перпендикулярно оси и напряженность равна E . Пусть θ – угол в сечении цилиндра между направлением от центра к некоторой точке поверхности и вектором напряженности внешнего поля. Найдите поверхностную плотность индуцированных зарядов $\sigma(\theta)$.
3. Оси двух круговых витков радиусами R и $r \ll R$ совпадают, а расстояние между ними равно R . Электрический ток силой $i = i_0 \cos \omega t$ пропускается по маленькому витку. Считая сопротивление большого витка равным R_0 , найдите зависимость силы тока $I(t)$ в нем от времени.
4. Если в среде создать электрическое поле напряженностью E , то в результате действия силы трения установившаяся скорость заряженного шарика равна v_1 . Известно, что сила трения пропорциональна скорости движения. Перпендикулярно электрическому полю создали магнитное поле индукцией B . Найдите новую установившуюся скорость шарика.
5. В схеме, изображенной на рисунке, диод идеальный, а начальный заряд конденсатора емкостью C равен q_0 . Ключ K сначала замыкают и, когда ток разряда достигает максимального значения, его снова размыкают. Вычислите электрический заряд, протекший через сопротивление R .
6. Монету кладут на горизонтальную поверхность, а на нее ставят цилиндрический стакан. Найдите показатель преломления жидкости, которую надо налить в стакан, чтобы монета не была видна через его боковую поверхность.
7. Тонкая пленка с показателем преломления $m = 1,5$ освещается монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ м. Найдите минимальную толщину пленки, при которой на ней исчезают интерференционные полосы.



Ответы к контрольной работе 2

$$1. E = n \sqrt{\frac{2k^3 T^3}{\pi m}}$$

$$2. \sigma(\theta) = \frac{E_0}{2\pi} \cos \theta$$

$$3. I(t) = \frac{\mu_0 \pi r^2 \omega}{4\sqrt{2} R R_0} i_0 \sin \omega t$$

$$4. v = \frac{v_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{v_1 B}{E}\right)^2}}$$

$$5. \frac{q_0}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$6. n > \sqrt{2}$$

$$7. d = \frac{\lambda}{4n} = 10^{-5} \text{ см}$$

Контрольная работа 3

1. Известно, что энергия ионизации атома водорода равна 13,6 эВ, а частоты излучаемых им линий определяются выражением

$$\nu = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

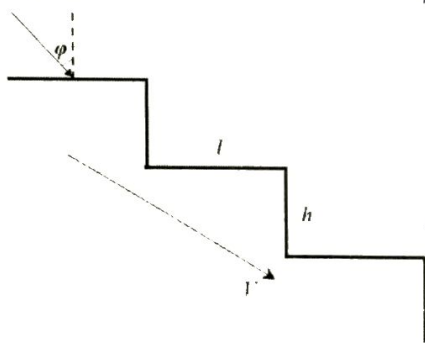
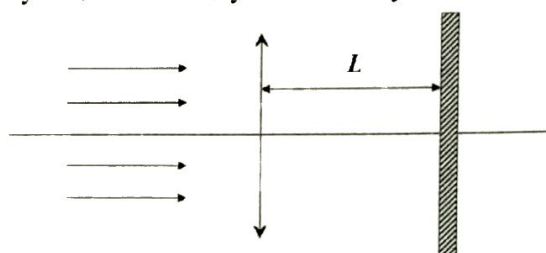
где R – постоянная, а n, m – целые числа.

Найдите минимальную кинетическую энергию движущегося невозбужденного атома водорода, который налетает на такой же неподвижный атом и вызывает излучений фотона.

2. Сосуд объемом V_1 отделен от сосуда объемом V_2 полупроницаемой перегородкой, которая пропускает молекулы водорода и непроницаема для гелия. В сосуд V_1 помещаются одинаковые по массе количества водорода и гелия. Оказалось, что по истечении длительного промежутка времени давление в сосуде V_1 упало в 2 раза. Найдите V_2 / V_1 .

3. Плоский конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения. В пространство между обкладками вводят диэлектрическую пластину с $\epsilon = 3$ и толщиной, равной половине расстояния между ними. Найдите, во сколько раз изменилась сила, действующая на каждую обкладку.

4. На некотором расстоянии L перед идеальным плоским зеркалом располагается собирающая линза диаметром $d = 2$ см и фокусным расстоянием $F = 20$ см. Система освещается широким параллельным пучком света так, что 25% светового потока, прошедшего через линзу и отраженного зеркалом, снова попадает на линзу. Определите L .

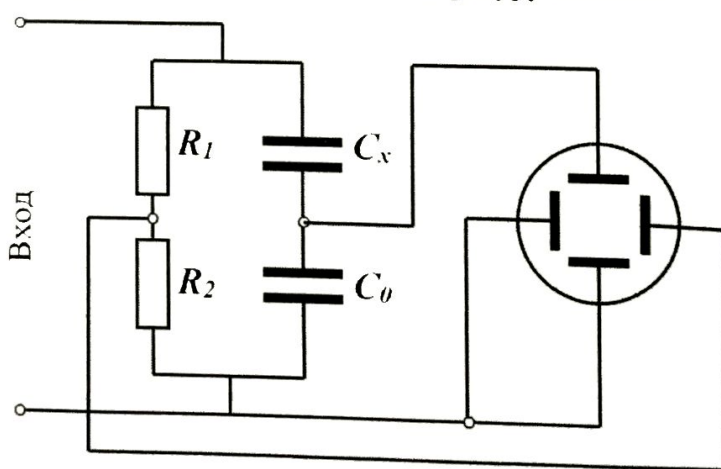


5. Очень длинный эскалатор имеет размеры ступенек $l = 20$ см, $h = 10$ см и движется вниз со скоростью $V = 0.67$ м/с. На верхнюю ступеньку бросают стальной шарик со скоростью v_0 под углом $\phi = 45^\circ$ и он прыгает вниз по лестнице, теряя при каждом ударе 30% вертикальной скорости. Найдите v_0 .

6. Иногда после грозы наблюдается шаровая молния, представляющая собой свободно плавающий в воздухе, слабо светящийся шар. Модель Стаханова шаровой молнии предполагает, она состоит из идеального газа комплексного

соединения иона азота, связанного с четырьмя молекулами воды. Найдите температуру молнии.

7. В схеме, изображенной на рисунке $R_1 = 6.1$ кОм, $R_2 = 10$ Ом, $C_0 = 10^4$ пФ, а конденсатор $C_x \ll C_0$ является плоским с площадью пластин $S = 4$ см² и расстоянием между ними $d = 0.1$ см. Из схемы видно, что на горизонтальные пластины осциллографа подается напряжение с сопротивления R_2 , а на вертикальные – с емкости C_0 . Считайте, что коэффициенты усиления обоих каналов осциллографа равны. При подаче на вход переменного напряжения, на экране осциллографа виден отрезок,



расположенный под углом $\alpha = 60^\circ$ к оси x . Найдите диэлектрическую проницаемость диэлектрика, полностью заполняющего пространство между обкладками конденсатора C_x .

8. В классическом опыте по фотоэффекту, катод вакуумного фотоэлемента освещается монохроматическим светом. Известно, что при длине волны $\lambda = 6200$ А между катодом и анодом необходимо приложить задерживающий потенциал ни меньше некоторого V_0 , при котором ток фотоэлемента обращается в нуль. V_0 уменьшается на 0,4В при увеличении длины волны света на 25%. Найдите постоянную Планка.

Ответы к контрольной работе 3

1. $E_{\text{min}} = 20.4 \text{ В}$

2. $V_2 / V_1 = 3$

3. $n = \frac{4\varepsilon^2}{(\varepsilon+1)^2} = 2.25$

4. $L = \frac{3}{2} F = 30 \text{ см радиан}$

5. $v_0 = 1.7 \text{ м/с}$

6. $T = 890 \text{ К}$

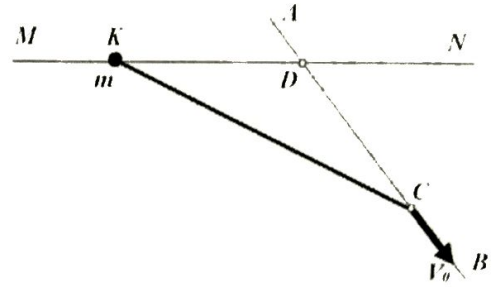
7. $\varepsilon = \frac{4\pi d \tan \alpha C_0 R_2}{R_1 S} = 8$

8. $h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

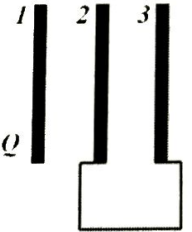
Контрольная работа 4

- ✓ 1. По прямой AB с постоянной скоростью V_0 бежит собака C .

Один конец горизонтально висящего троса длины l привязан к ошейнику собаки, а другой – к горизонтально натянутой проволоке MN , составляющей с углом $\alpha = 60^\circ$ с прямой AB , по которой может скользить без трения кольцо K массы m . Найдите силу натяжения троса в тот момент времени, когда собака и кольцо находятся на одинаковом расстоянии от точки D пересечения AB и MN .

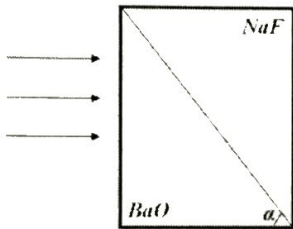


- ✓ 2. Один моль идеального газа нагревают при постоянном давлении, а затем переводят в состояние с температурой, равной начальной $T_0 = 300\text{ К}$ при постоянном объеме. В итоге газе было сообщено количество теплоты $Q = 5000\text{ Дж}$. Найдите отношение максимального и минимального объемов газа.



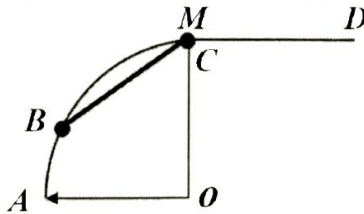
- ✓ 3. Плоские металлические пластины расположены параллельно и на одинаковом расстоянии так, как показано на рисунке. Пластине 1 сообщают заряд Q , а пластины 2 и 3 соединяют проводником. Найдите силу, действующую на пластину 2, если площади всех пластин равны S .

✓



- ✓ 4. Плоскопараллельная пластинка состоит из двух, плотно сложенных, прямоугольных призм, одна из которых изготовлена из NaF с показателем преломления $n_1 = 1.324$, а другая – из BaO с показателем преломления $n_2 = 1.958$. Найдите α , при котором свет не проходит через границу раздела призм.

- ✓ 5. Направляющая ACD расположена в горизонтальной плоскости и представляет собой часть дуги окружности AC радиуса l , которая переходит в прямолинейный участок CD . По направляющим движутся две материальные точки M и B , соединенные нерастяжимым тросом длины l , так, что скорость точки M все время равна V_0 . Считая массу точки B известной и равной m , найдите силу натяжения троса в тот момент времени, когда точка M выходит на прямолинейный участок CD .



6. При изотермическом расширении 1 моля идеального газа ему сообщили количество теплоты $Q = 1600\text{ Дж}$. Найдите работу, которую бы совершил бы газ расширяясь изобарически до того же объема, что и в первом случае. Вначале газ находился при нормальных условиях.

7. Плоский конденсатор с площадью пластин S и расстоянием между ними d заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ и удельным сопротивлением ρ . Считая, что через конденсатор течет ток $I = I_0 \cos \omega t$, найдите количества выделяемого в нем тепла в единицу времени.

- ✓ 8. На главной оптической оси тонкой линзы на расстоянии от нее в три раза большем фокусного находится точечный источник света. Линза дает действительное изображение предмета так, что один из лучей, испущенных источником, после преломления в линзе идет под углом 90° к своему первоначальному направлению. Определите, под каким углом к оптической оси был испущен этот луч.

Ответы к контрольной работе 4

$$1. F = \frac{4mV_0^2}{3l}$$

$$2. n = 1 + \frac{Q}{RT_0} \approx 3$$

$$3. F = \frac{Q^2}{8\epsilon S}$$

$$4. \alpha \leq \frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2}\right) \approx 47.5^\circ$$

$$5. F = \frac{2mV_0^2}{3l}$$

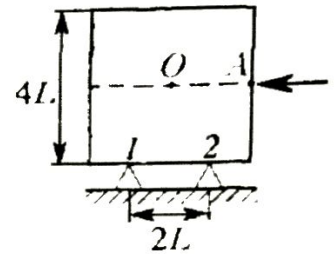
$$6. A = RT \left[\exp\left(\frac{Q}{RT}\right) - 1 \right] \approx 2300 \text{ Дж}$$

$$7. Q = \frac{I_0^2 \rho d}{2S \left[1 + \left(\frac{\epsilon \omega \rho}{4\pi} \right)^2 \right]}$$

$$8. \alpha = \arctan\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) \approx 35^\circ$$

Контрольная работа 5

- ✓ 1. По горизонтальной поверхности движется со скоростью v без проскальзывания колесо радиуса R . С обода колеса срываются капли. Считая выполненным условие $v^2 > gR$, найдите максимальную высоту от поверхности, которую могут достигнуть капли. Сопротивлением воздуха пренебречь
- ✓ 2. Пружина имеет массу M , жесткость k и начальную длину l_0 . Один конец пружины тянут с силой F вдоль гладкой горизонтальной поверхности, а к другому концу прикреплено тело массой m . Найдите относительное удлинение пружины, считая его малым.
3. Производят два выстрела. Один из безоткатного орудия, а второй из длинноствольной пушки. Масса снаряда $M = 10\text{ кг}$ и масса использованного пороха в обоих случаях одинакова. Считая, в пушке вся внутренняя энергия продуктов сгорания пороха используется для ускорения снаряда, найдите отношение скоростей снарядов в обоих случаях.
- ✓ 4. Две опоры расположены на расстоянии $2L$ друг от друга, как показано на рисунке. Сверху на них поставили куб массой M и длиной стороны $4L$ так, что его центр расположился посередине между ними. Куб начинают двигать с постоянной скоростью s с помощью горизонтальной силы. Коэффициенты трения куба об опоры отличаются и равны k_1 и $k_2 = 3k_1$. Найдите совершенную работу, необходимую для перемещения правого конца куба до опоры 2.
- ✓ 5. Стержень длины L стоит вертикально на гладкой горизонтальной поверхности. От незначительного толчка он начинает падать на стол. Найдите зависимость скорости центра масс стержня от высоты его конца над поверхностью.
- ✓ 6. Тонкостенный баллон массой $M = 1\text{ кг}$ изготовлен из стали в виде сферы. Плотность стали равна $\rho = 7.8\text{ г/см}^3$, а ее предел прочности – $\sigma = 50\text{ Н/мм}^2$. Найдите, какую максимальную массу азота при температуре $T = 300\text{ К}$ выдерживает баллон.
- ✓ 7. Внутри теплоизолирующей эластичной оболочке находится идеальный газ, имеющий температуру T_1 и давление P_1 . Давление снаружи оболочки резко изменяется до величины P_2 . Найдите установившуюся температуру газа T_2 .
- ✓ 8. В отличие от цикла Карно, цикл реального двигателя внутреннего сгорания состоит из двух изохор объемами V_1 и V_2 и двух адиабат. Цикл характеризуется коэффициентом сжатия $\alpha = V_1/V_2$. Найдите, во сколько раз изменится КПД, если α увеличить с 5 до 10. Рабочее тело – многоатомный идеальный газ.



Ответы к контрольной работе 5

$$1. h_{\max} = R + \frac{v^2}{2g} + \frac{gR^2}{2v^2}$$

$$2. \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{F}{kl_0} \left[1 - \frac{M}{2(M+m)} \right]$$

$$3. \frac{v_n}{v_{\text{до}}} = \sqrt{\frac{M}{m}} = 3.16$$

$$4. A = k_1 MgL \left(\frac{3}{2} + k_1 \right) \frac{1 - 2k_1}{1 + 2k_1}$$

$$5. v = (L - h) \sqrt{\frac{6g(L+h)}{4L^2 - 3h^2}}$$

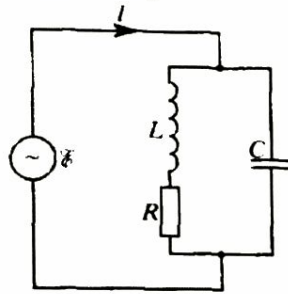
$$6. m = \frac{2M\sigma\mu}{3\rho RT} = 488 \text{ г}$$

$$7. T_2 = T_1 \left(1 + \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{P_2 - P_1}{P_1} \right)$$

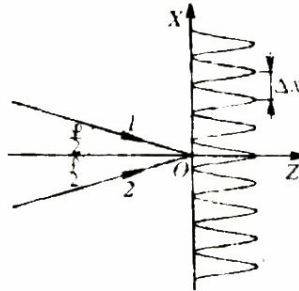
$$8. \frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{1 - \alpha_2^{1-\gamma}}{1 - \alpha_1^{1-\gamma}} \approx 1.29$$

Контрольная работа 6

1. В теплоизолированном сосуде находится неон при нормальных условиях. В стенке появляется отверстие, размеры которого малы по сравнению с длиной свободного пробега. Найдите температуру в сосуде в тот момент времени, когда в нем останется половина атомов.
- + ✓ 2. На расстоянии d заряженного шара радиуса R , изготовленного из проводника, поместили точечный заряд q . Известно, что сила взаимодействия шара и точечного заряда равна нулю. Найдите заряд шара.
3. Батарея с эдс \mathcal{E} подключена последовательно к сопротивлению R и катушке индуктивности, имеющей длину l , поперечное сечение S и число витков N . Внутри соленоида имеется сердечник из проводящего материала такой же длины, но сечением $S/2$. Сердечник очень быстро удаляют из соленоида. Найдите зависимость тока I цепи от времени.
- ✓ 4. По бесконечно длинному прямому проводу протекает ток I_0 . На расстоянии l от него помещают прямоугольную рамку со сторонами a и b , имеющую сопротивление R . Найдите импульс рамки после выключения тока в проводе.
- ✓ 5. В схеме, показанной на рисунке, найдите силу тока и разность фаз между переменным напряжением источника и силой протекающего через него тока.



- ✓ 6. Внутри фотоаппарата перпендикулярно его оптической оси поместили плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной $d = 6 \text{ мм}$ и показателем преломления $n = 1.5$. Найдите изменение фокусного расстояния.
- + ✓ 7. Направления распространения двух плоских волн одной и той же длины волны λ составляют угол $\varphi/2$ с нормалью к плоскости экрана, на котором наблюдаются интерференционная картина. Найдите расстояние Δx между соседними интерференционными полосами.



Ответы к контрольной работе 6

$$1. T = \frac{T_0}{2^{1/3}} = 217K$$

$$2. Q = q\alpha \frac{1-(1-\alpha^2)^2}{(1-\alpha^2)^2}, \quad \alpha = \frac{R}{d}$$

$$3. I(t) = \frac{E}{R} \left(1 - \frac{1}{2} e^{-t/\tau} \right), \quad \tau = \frac{\mu_0 N^2 S}{lR}$$

$$4. p = \frac{\mu_0^2 I_0^2 b^2}{2Rl} \frac{\ln(1-a/l)}{1+l/a}$$

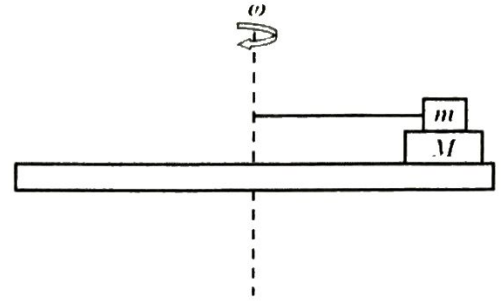
$$5. I = \frac{ERC\omega}{\sqrt{\omega^2 L^2 + R^2}}, \quad \tan \varphi = -\frac{R}{L}$$

$$6. d \frac{n-1}{n} = 2. \text{мм}$$

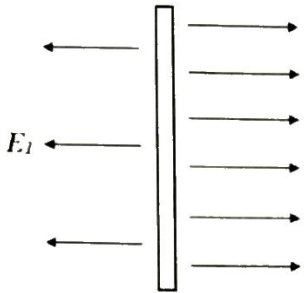
$$7. \Delta x = \frac{\lambda}{\varphi}$$

Контрольная работа 7

- ✓ 1. На вращающемся вокруг своей оси диске на расстоянии R от нее лежит небольшой брусок массы M . На брусок поставили шайбу массой m , которая прикреплена к оси с помощью нити. Коэффициент трения скольжения между бруском и шайбой равен k , а трение между бруском и диском отсутствует. Диск начинают медленно раскручивать. Найдите угловую скорость ω , при которой брусок начнет выскальзывать из-под шайбы.

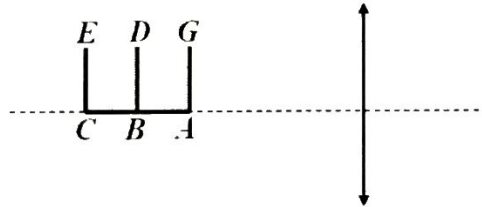


- ✓ 2. Плоское дно лодки покрыли слоем пластилина толщиной $d = 3\text{ см}$, после чего высота подводной части уменьшилась на величину $h = 1.8\text{ см}$. Вычислите по этим данным плотность пластилина.

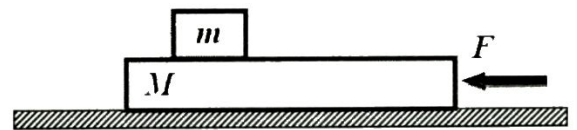


- ✓ 3. Бесконечно заряженная плоскость помещена в электрическое поле. Оказалось, что слева от пластины напряженность электрического поля равна E_1 , а справа – E_2 . Найдите величину силы f , действующую на единицу поверхности плоскости.

- ✓ 4. Тонкая линза дает изображение трезубца $ABCEDG$, у которого $AB=BC$ и основание лежит на оптической оси. Известно, что увеличение отрезка AB равно $\beta_1 = 6$, а отрезка BC – $\beta_2 = 3$. Найдите увеличение, с которым отображается отрезок BD .

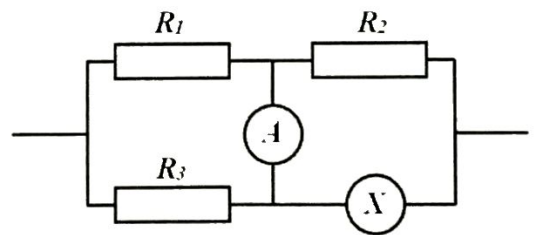


- ✓ 5. Брусок массой M лежит на гладком горизонтальном столе, а на него кладут шайбу массой m . Коэффициент трения между шайбой и бруском равен k . Найдите минимальную силу F , приложенную к бруску, при которой шайба будет проскальзывать относительно бруска.

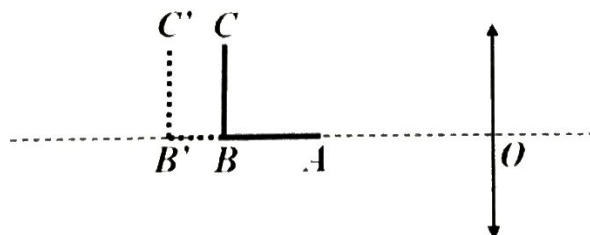


- ✓ 6. На поверхности воды плавает резиновый мяч так, что в воду погружена $1/8$ часть его объема. Другой мяч вдвое большего радиуса оказывается погруженным на $1/10$ часть своего объема. Найдите отношение толщин стенок первого и второго мяча.

- ✓ 7. Мост Уитстона состоит из сопротивлений $R_1 = 20\text{ Ом}$, $R_2 = 40\text{ Ом}$, $R_3 = 10\text{ Ом}$ и нелинейного элемента X , имеющего вольтамперную характеристику $I_x = AU_x^3$, где $A = 0.25\text{ А/В}^3$. Определите мощность N , расходуемую в нелинейном элементе при условии, что ток через амперметр отсутствует.



- ✓ 8. Угольник ABC изготовлен так, что сторона AB может раздвигаться, увеличиваясь в размерах. Тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 12\text{ см}$ дает действительное изображение предмета так, что увеличение сторон AB и BC не зависит от длины AB . Найдите OA , считая, что точка A неподвижна.



Ответы к контрольной работе 7

$$1. \omega = \sqrt{\frac{kmg}{MR}}$$

$$2. \rho = \rho_0 \frac{d+h}{d} = 1.6 \text{ г/см}^3$$

$$3. f = \frac{1}{2} \varepsilon_0 (E_2^2 - E_1^2)$$

$$4. \Gamma = \sqrt{\frac{2\beta_1\beta_2}{\beta_1 + \beta_2}}$$

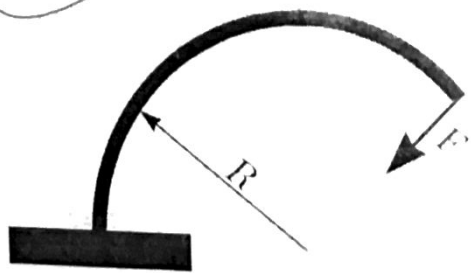
$$5. F = k(m+M)g$$

$$6. \Delta_2 / \Delta_1 = 1.6$$

$$7. N_x = \frac{1}{A} \left(\frac{R_1}{R_2 R_3} \right)^2 \approx 1 \text{ Вм}$$

$$8. OA = 2F = 24 \text{ см}$$

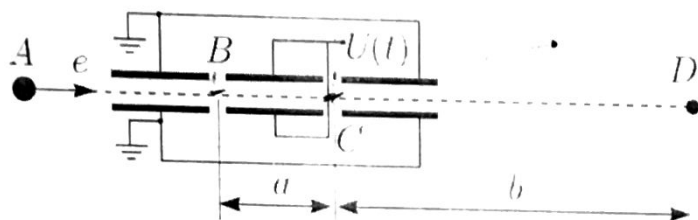
13

**Прут (7 баллов)**

Дан упругий прут, один конец которого закреплен как показано на рисунке. Полностью пренебрегайте массой и сжимаемостью (изменением длины) материала прута. Если приложить силу F к незакрепленному концу прута, то он примет форму сегмента окружности, радиус которой $R = k l$, где k — некий характерный коэффициент изгиба прута.

1) Прут зафиксирован вертикально, а к его концу прикреплен шарик массой m . Найдите период малых колебаний шарика, считая известными k , ускорение свободного падения g и длину прута l . При этом $mg l \ll k l$. (2 балла)

2) Найдите максимальную массу шарика M , при котором его вертикальное положение все еще стабильно. (4 балла)

Фокусировка электронов (10 баллов)

В точке A помещен источник электронов, ускоренных напряжением $U_0 = 36 \text{ В}$. Масса электрона m , его заряд e . На траектории электронов находятся два очень коротких анода, расположенных на расстоянии a

друг от друга, и способных ускорять или замедлять электроны поданным на них напряжением. Пусть эти аноды получают напряжения от генератора с регулируемым профилем так, что $U_B(t) = -U_C(t) = U(t) \ll U_0$. Необходимо собрать все электроны, вылетающие в разные моменты времени из точки A , в один и тот же момент времени на детекторе D , расположенном на расстоянии b от анода C .

1) Пусть $U(t) = 0$. Найдите время, затрачиваемое электроном на прохождение от анода B до детектора D . (1 балл)

2) Найдите это же время для $U(t) = U \ll U_0$ как линейную функцию от постоянного значения U . (2 балла)

3) Выведите функциональное уравнение для напряжения $U(t)$, подаваемого на аноды для того, чтобы электроны достигли детектора одновременно. Решите это уравнение для $U(t) = At^2 + Bt$, то есть найдите A и B , полагая $a \ll b, |U(t)| \ll U_0$. (3 балла)

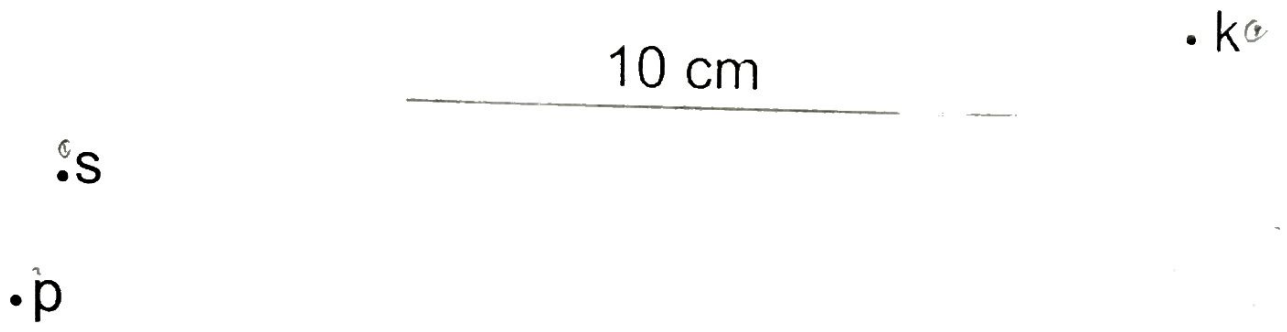
4) Генератор подает периодический сигнал с периодом T так, что оптимальный профиль напряжения выдерживается вплоть до напряжения U_m , затем напряжение резко падает до нуля и процесс повторяется. Найдите долю электронов, не попадающих во временной фокус в детекторе D . (4 балла)

Фотография лампочки (7 баллов)

На краю вращающегося диска прикреплена лампочка. Диск скользит по льду без трения, и лампа дает очень короткие световые вспышки с интервалом $\tau = 100 \text{ мс}$. Первая вспышка оранжевая (o), вторая синяя (s), за ними следуют красная (r), зеленая (z), желтая (k) и снова оранжевая, то есть процесс повторяется периодически. Диск сфотографирован сверху с выдержкой такой продолжительности, что на фотографии получилось ровно 4 вспышки.

1) На рисунке внизу отметьте цифрами 1-4 порядок, в котором вспышки фиксировались пленкой. В каком интервале лежит время выдержки? (1 балл)

2) Внизу приведен рисунок, на котором задан масштаб длины. Вычислите: радиус диска R ; скорость центра диска v и его угловую скорость вращения $\omega < 60$ рад/с. (6 баллов)



Ответы к заданию 13

Пруг

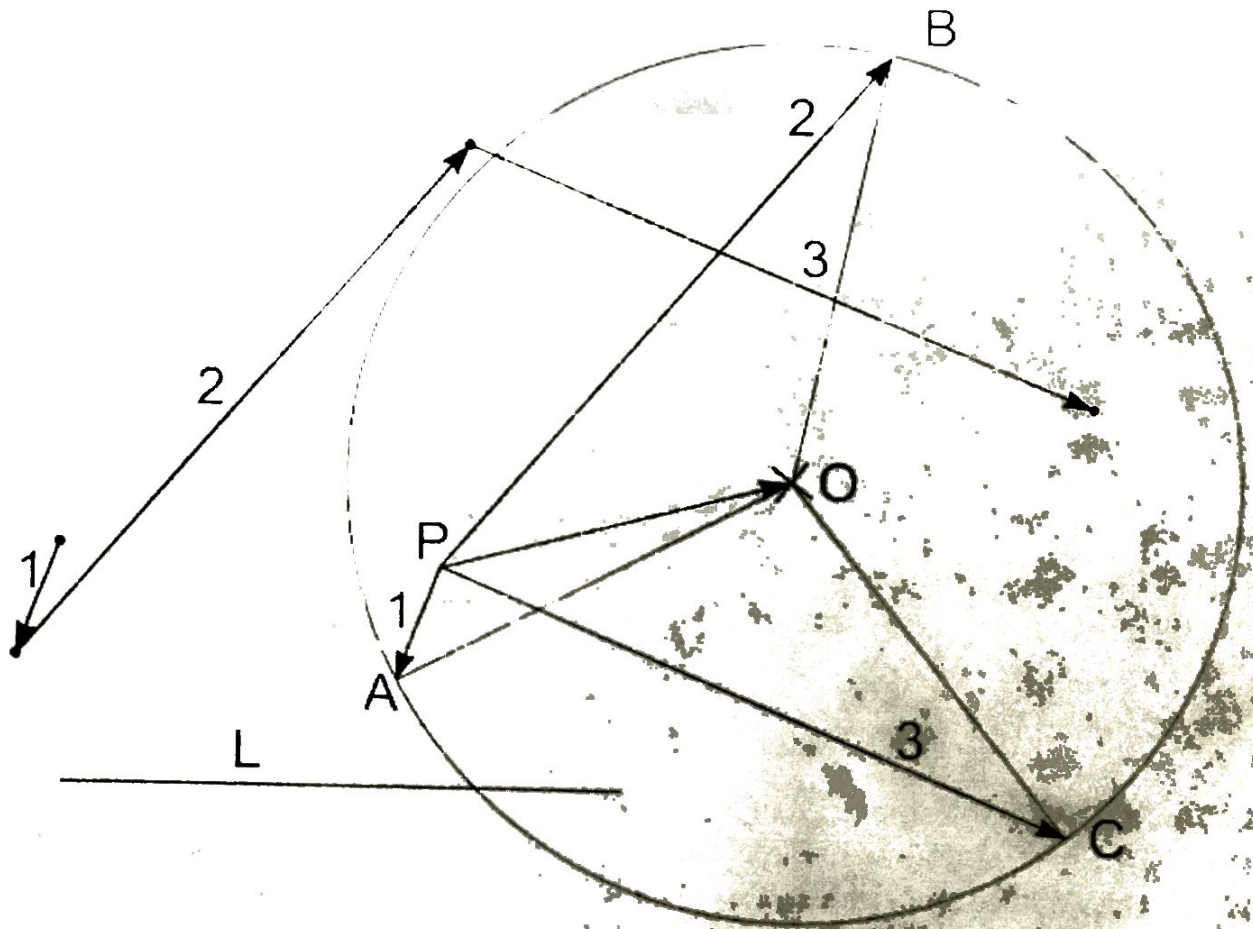
1. $T = \pi l \sqrt{2m/k}$
2. $M < 3k/2gl$

Фокусировка электронов

1. $t_0 = (a+b)\sqrt{m/2eU_0}$
2. $t = t_0 + \frac{U}{U_0} \frac{a}{2} \sqrt{\frac{m}{2eU_0}}$
3. $A = \frac{4eU_0^2}{mah}$, $B = -Aa\sqrt{m/2eU_0}$
4. $\frac{a}{T} \sqrt{m/2eU_0}$

Фотография лампочки

1. $300\text{мс} < t < 500\text{мс}$
2. $R \approx 5\text{см}$



Контрольная работа

Задача 1

а. Супер-мяч - это твердый сферический мяч радиусом a . Соударения супер-мячика с шероховатой поверхностью упругие и не проскальзывающие. Как нужно подбросить этот мяч с поверхности стола, чтобы он соударялся туда и обратно бесконечно (Рис. 1)?

б. На горизонтальных параллельных рельсах находится однородный вал с ниткой, на конце которой привязан груз. Сначала вал приторможен и система вал + груз не движется. Затем вал освобождают. Через некоторое время ось вала начинает двигаться с постоянным ускорением a (Рис. 2). Зная, что вала движется без проскальзывания, определить:

а) соотношение масс груза m и вала M ;

б) минимальный коэффициент трения движущегося вала о рельсы (трением качения вала пренебречь).

с. Некая планета состоит из материала с той же средней плотностью, что и Земля. Предположим, что атмосферное давление на поверхности этой планеты такое же, как и на поверхности Земли и равно P_0 . Температура атмосферы всюду постоянна. Каким должен быть радиус планеты R , чтобы человек, стоящий на ее поверхности, мог увидеть свой затылок? Коэффициент преломления атмосферы зависит от ее плотности следующим образом: $n(\rho) = 1 + \varepsilon\rho$, где ε – некоторая постоянная. Известно, что радиус Земли равен R_0 , ускорение свободного падения на поверхности Земли g , плотность атмосферы на поверхности планеты ρ_0 .

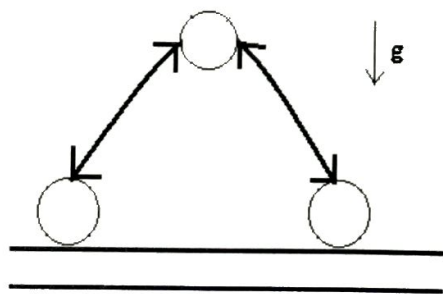


Рис. 1

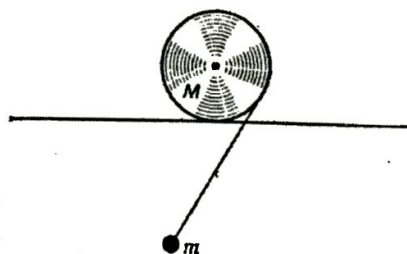


Рис. 2

Задача 2

Точечный заряд q находится в вакууме на расстоянии L от плоской поверхности однородного диэлектрика, заполняющего все полупространство. Проницаемость диэлектрика ε . Найти:

а) поверхностную плотность связанных зарядов как функцию расстояния r от точечного заряда q ;

б) суммарный заряд на поверхности диэлектрика;

в) модуль силы, действующей на заряд q со стороны связанных зарядов на поверхности диэлектрика;

г) приближая L к нулю, найти модуль напряженности E и потенциал ϕ как функции расстояния r и от заряда q ;

В этой части задачи, заземленный проводник имеет форму бесконечной пластинки за исключением полусферической выпуклости радиусом a . Заряд q помещен над центром выпуклости, на расстоянии r от пластинки (или на расстоянии $r - a$ от верхушки выпуклости). Найти:

д) силу F , которая действует на заряд со стороны проводника.

Задача 3

Герой романа Фрэд Хойлса, путешествует на очень большой скорости перпендикулярно плоскости нашей галактики (Рис. 3). В книге сказано, что герой направлен от галактики, с синими кольцами и красным телом (Рис.4). Фейнман поставил 25 центов, на то, что галактика не будет выглядеть таким образом. Мы хотим понять, кто оказался правым. Считайте, что относительная скорость равна $\beta=0.99$ и что угол ϕ в системе отсчета галактики равна 45 градусов в рассматриваемый момент (Рис. 4).

(а) Выведите выражение для релятивистского искривления, и используйте ее для вычисления направления, под которым лучи с края галактики видны для корабля (Рис. 4).

(б) Получите выражение для релятивистского эффекта Доплера, и используйте ее для вычисления отношении частот ν'/ν для лучей с самого края галактики.

(в) Вычисляя ϕ' и ν'/ν для достаточное количество раз для разных углов ϕ , найдите кто выиграл спор.

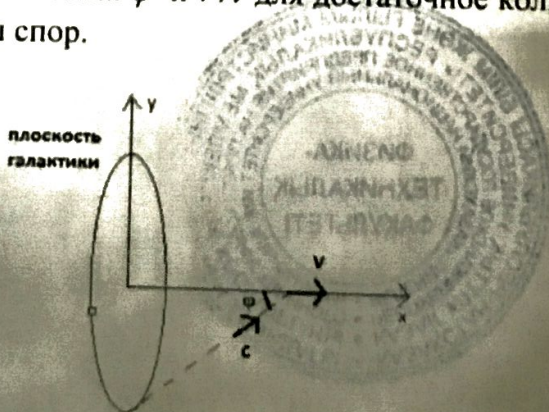


Рис. 3

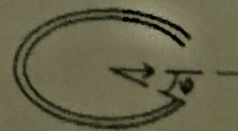


Рис. 4

Ответы к контрольной работе

Задача 1

$$\text{a. } v_i = \frac{2aw_i}{5}$$

$$\text{b. } \frac{m}{M} = \frac{3}{2} a \frac{\sqrt{a^2+g^2}}{(\sqrt{a^2+g^2}-a)^2}; k_{\min} = \frac{a}{g}$$

$$\text{c. } \frac{dn}{d\rho} = \frac{n}{\rho}$$

Задача 2

$$\text{a. } \sigma = -\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+1} \frac{ql}{2\pi r^3}$$

$$\text{b. } Q = -\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+1} q$$

$$\text{c. } F = \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+1} \frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 l^2}$$

$$\text{d. } E = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0(1+\varepsilon)r^2}; \phi = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0(1+\varepsilon)r}$$

$$\text{e. } F = -q^2 \left(\frac{ap}{(p^2-a^2)^2} - \frac{ap}{(p^2+a^2)^2} + \frac{1}{4p^2} \right)$$

Задача 3

$$\text{a. } \phi = 29.8^\circ$$

$$\text{b. } v'/v = 7.09$$

с. Фейнман проиграл спор