

Экзамен 2

1. Найти время столкновения сильно накачанного мяча со стенкой. Масса мяча $m = 0.5$ кг, радиус $R = 10$ см. Избыточное давление $P = 75$ кПа в мяче в процессе удара меняется незначительно. Скорость мяча перпендикулярна стенке.

2. Дробовик наклонили под углом α к горизонту, и выстрелили из него. Из дробовика вылетают множество маленьких пуль, имеющих одинаковую начальную скорость v_0 , но симметрично разлетающихся в пределах небольшого угла δ . Найдите координаты "фокуса" для данного дробовика, то есть точку приблизительного схождения пуль в полёте.

3. В тонкостенном сосуде, содержащем идеальный газ при температуре T , имеется очень маленькое отверстие, через которое молекулы вылетают в вакуум. Определить среднее значение $\bar{\varepsilon}$ кинетической энергии вылетевшей молекулы в предположении, что за время опыта изменения числа молекул и температуры газа в сосуде пренебрежимо малы.

4. Сферический конденсатор заполнен диэлектриком, проницаемость которого изменяется по закону

$$\varepsilon(r) = \varepsilon_1 R_1^2 / r^2,$$

где R_1 – радиус внутренней сферы. Найти объёмное распределение связанных зарядов в диэлектрике, если к обкладкам приложена разность потенциалов V_0 . Радиус внешней сферы $R_2 = 1.25R_1$.

5. Одним из условий стабильности дифракционной картины, полученной с помощью дифракционной решётки, является постоянство температуры. Оценить максимально допустимое изменение температуры ΔT решётки, при котором ещё практически полностью используется её разрешающая способность, если фотографирование спектров ведётся в 1-м порядке. Температурный коэффициент линейного расширения материала решётки $\alpha = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, полное число штрихов $N = 10^5$.

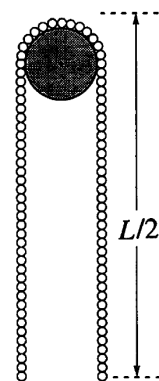
6. Как следует из общей теории относительности, статическое гравитационное поле по отношению к своему воздействию на электромагнитные волны эквивалентно неоднородной среде с показателем преломления

$$n = \frac{1}{1 + 2\varphi/c^2},$$

где φ – гравитационный потенциал. Используя эту аналогию, найти угол отклонения δ луча света при прохождении его вблизи края Солнца. Масса Солнца $M = 1.99 \cdot 10^{30}$ кг, радиус его фотосферы $R = 6.96 \cdot 10^8$ м. Гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$, скорость света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

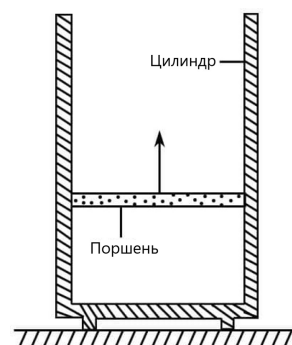
Экзамен 4

1. Тяжёлая, гибкая, неэластичная цепь длины L лежит симметрично на лёгком блоке, который может свободно вращаться вокруг своей оси. Затем цепь начинает соскальзывать с блока. Найдите скорость цепи v , которую она достигнет, когда потеряет контакта с блоком.



2. Сферическая частица радиуса r и плотности ρ движется в поле тяжести Солнца. Частица полностью поглощает излучение Солнца, испускающая его изотропно в собственной системе отсчета. В некоторый момент частица оказалась на круговой орбите радиуса R , много большем радиуса Солнца. Интенсивность излучения на данном расстоянии R равна I_0 . Считайте радиус частицы r таковым, что сила гравитационного взаимодействия частицы с Солнцем много больше силы ее взаимодействия с солнечным излучением. Влиянием других тел пренебречь. Скорость света в вакууме равна c . Найдите время падения T частицы на Солнце.

3. Как показано на рисунке, под поршнем в вертикальном теплоизолированном цилиндре массой M и площадью внутреннего сечения S находится некоторое количество идеального газа при температуре T_0 . Поршень не проводит тепло, а его массой и трением о стенки цилиндра можно пренебречь. Атмосферное давление равно P_0 , а ускорение свободного падения – g . Поршень начинают медленно поднимать, и в тот момент, когда поршень достигает верха цилиндра, последний отрывается от земли. Показатель адиабаты газа равен γ . Найдите температуру газа T , когда поршень достигнет верха цилиндра.



4. На сколько отличается от единицы диэлектрическая постоянная ε идеального газа, состоящего из большого количества проводящих шариков радиусом r ? Концентрация шариков n мала, так что $r^3 n \ll 1$.

5. Найти наименьшую толщину d пластинки кварца, вырезанной параллельно оптической оси, чтобы падающий плоско поляризованный свет ($\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ см) выходил поляризованным по кругу. Показатели преломления для обыкновенной и необыкновенной волн $n_o = 1.5442$ и $n_e = 1.5533$ соответственно.

6. Уединённый цинковый шарик облучается ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 250$ нм. До какого максимального потенциала зарядится шарик? Работа выхода электрона для цинка $A = 3.74$ эВ. Постоянная Планка $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Дж $\cdot$ с, скорость света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Экзамен 6

1. Один из подчинённых Фёдора Симеоновича – бакалавр чёрной магии Магнус Фёдорович Редькин – на протяжении многих лет пытался найти Белый Тезис, созданный Бен Бецалелем. И однажды Фёдору Симеоновичу удалось найти в манускрипте XVII века сведения об этом артефакте. Согласно манускрипту, Белый Тезис – это сгусток необычной субстанции массой 10 мин (что в метрической системе мер соответствует примерно 5 кг). В отношении свойств этой субстанции были сообщены следующие сведения (приведены в переводе на современный язык с современными единицами измерения):

- уравнение изотермы в координатах давление-объём $pV^2 = \text{const}$;
- уравнение изохоры в координатах давление-температура $\frac{p}{T + T_0} = \text{const}$, где $T_0 = 173 \text{ K}$;
- при постоянных температуре и объёме давление субстанции растёт пропорционально квадрату её массы;
- уравнение адиабаты в координатах плотность-температура является линейной функцией $\rho(T) = \rho_1 + \lambda(T - T_1)$, где коэффициент λ не был сообщён;
- Внутренняя энергия массы m субстанции как функция объёма и температуры определяется формулой $U(V, T) = \frac{\alpha m^2}{V} + \beta m T^2$, где $\alpha = 10^{-12} \text{ м}^2/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$, а $\beta = 10^{-10} \text{ м}^2/(\text{К}^2 \cdot \text{с}^2)$;

Пользуясь этими сведениями, ответьте: чему равен коэффициент λ ?

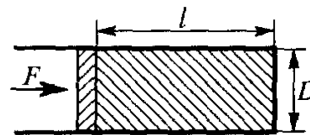
2. Илияс нашёл стальную линейку длиной $L = 1 \text{ м}$, шириной $b = 6 \text{ см}$ и толщиной $d = 1 \text{ мм}$, и свернул её в замкнутое кольцо правильной формы. Какую работу A он при этом совершил? Модуль Юнга для стали $E = 200 \text{ ГПа}$.

3. Досжан поместил заряженный шарик в газ, молекулы которого представляют собой упругие диполи с молекулярной поляризуемостью β_0 . Средняя концентрация частиц газа n_0 , температура T , заряд шарика Q . Найти поле $E(r)$ вне шарика. Считать, что возмущение концентрации полем $\delta n \ll n_0$.

4. Переохлажденный водяной пар находится при давлении $P_0 = 1 \text{ атм}$ и температуре $t_0 = 99^\circ\text{C}$ в сосуде с несмачиваемыми стенками. Каков минимальный размер капли, которую Маргулан должен внести в сосуд, чтобы произошла конденсация пара? Коэффициент поверхностного натяжения воды принять $\sigma = 70 \text{ мН/м}$, удельную теплоту испарения $\lambda = 2.3 \text{ кДж/г}$.

5. Альтаир освещает плоское зеркало плоской электромагнитной волной длиной λ_0 под углом α . Зеркало движется со скоростью v перпендикулярно своей плоскости навстречу волне. Какой угол φ отражения и длину λ отражённой волны измерит Альтаир?

6. Дамир поместил однородный круглый резиновый жгут длины l и диаметра D в стальную трубку с закрытым концом того же диаметра. На конец жгута со стороны открытого конца трубки Дамир начинает действовать с силой F , равномерно распределённой по всему сечению жгута. На сколько уменьшится при этом длина жгута? Модуль Юнга E , коэффициент Пуассона μ .



Экзамен 8

1. Амир установил на Земле лазер, луч которого ускоряет в космосе идеальное зеркало массой $m = 1$ кг. Какой должна быть мощность лазера, чтобы ускорить зеркало до скорости βc , где $\beta = 0.8$, за $T = 1$ год? Скорость света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

2. Короткоживущий K_S -мезон распадается на лету на два π -мезона по схеме

$$K_S \rightarrow \pi^+ + \pi^-.$$

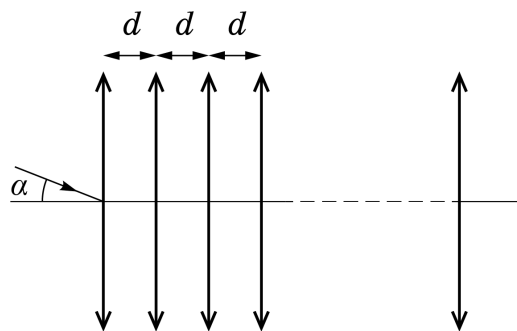
Найти энергию исходного K_S -мезона, если Нурбол в лабораторной системе зарегистрировал π^+ -мезон с кинетической энергией 26.66 МэВ, летящий перпендикулярно направлению движения K_S -мезона. Какой импульс второго π -мезона Нурбол наблюдал в лабораторной системе отсчёта? Масса K_S -мезона $M = 500$ МэВ/ c^2 , масса π -мезона $m = 140$ МэВ/ c^2 .

3. Артур отправляет релятивистский электрон со скоростью V по нормали в область поперечного магнитного поля $z \geq 0$, увеличивающегося в направлении z по закону

$$B = B_0 \left(1 + \frac{z}{a}\right).$$

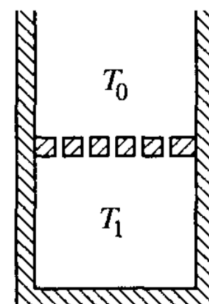
Какой радиус кривизны траектории электрона в дальней точке траектории Артур будет наблюдать?

4. Нургуль собрала оптическую систему, которая состоит из большого количества собирающих линз с фокусным расстоянием F с общей главной оптической осью. Центры соседних линз находятся на одинаковом расстоянии $d \ll F$ друг от друга, при этом толщиной линзы можно пренебречь по сравнению с d . Луч перед преломлением в центре первой линзы пересекает главную оптическую ось под углом $\alpha \ll 1$, и сразу после преломления в последней пересекает главную оптическую ось под тем же углом. Какое минимально возможное расстояние L между крайними линзами Нургуль могла установить?



5. Бекасыл, находясь на фотонной релятивистской ракете начальной массы M , изначально был в состоянии покоя относительно неподвижных звёзд вдалеке от всех планет. Бекасыл включает двигатель, и ракета начинает прямолинейное реактивное движение, сжигая σ массы топлива в единицу времени в собственной системе отсчёта. Найдите перемещение ракеты $x(v)$ как функцию от конечной скорости v , которую достигает Бекасыл к этому моменту.

6. Цилиндрический сосуд, стоящий вертикально (см. рисунок), отделён от атмосферы поршнем с массой $M = 1$ кг и площадью $S = 10$ см². Быстрый Ахмаджон мгновенно проделал в поршне множество мелких отверстий, линейные размеры которых заметно меньше длины свободного пробега газа; общая площадь сечения пор $\sigma = 0.01$ см². В сосуде находится воздух, температура которого поддерживается равной $T_1 = 400$ К, а в результате действий Быстрого Ахмаджона поршень начал изменять свою высоту. Какое изменение высоты поршня будет наблюдать Быстрый Ахмаджон за 10 с, если температура окружающего воздуха $T_0 = 300$ К? Воздух считать идеальным газом. Трением поршня о стенки пренебречь. Процесс считать квазистатическим. Универсальная газовая постоянная $R = 8.31$ Дж/(моль · К), молярная масса воздуха $\mu = 29$ г/моль.



Экзамен 10

1. Определить диэлектрическую проницаемость $\varepsilon(\omega)$ для разреженного газа из атомарного водорода. Полагайте, что электромагнитная волна частоты ω взаимодействует только с валентными электронами. Концентрация атомов n , масса электрона m , элементарный заряд e . При взаимодействии электрона с ядром водорода (протоном) полагайте, что электрон представляет собой однородно распределённое в пространстве облако, радиус которого равен радиусу первой боровской орбиты a_0 .

2. Спутник, круговая орбита которого расположена в экваториальной плоскости, “висит” неподвижно над некоторой точкой земной поверхности на расстоянии R от центра Земли. Спутник получает возмущающий импульс, сообщающий ему малую радиальную добавку к скорости ΔV . Найти траекторию спутника по отношению к земному наблюдателю после возмущения.

3. В некоторой точке A , находящейся на большом расстоянии от однородно заряженного отрезка длиной L , вектор напряжённости электрического поля образует малый угол α с прямой, параллельной отрезку. Найдите расстояние x между ближайшим к точке A концом отрезка и точкой пересечения отрезка с силовой линией, проходящей через точку A .

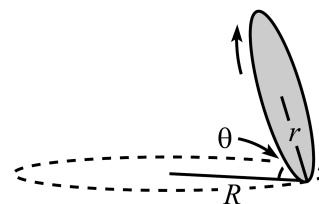
4. В цепь, состоящую из последовательно включенных сопротивления R , индуктивности L и ёмкости C , включен последовательно источник синусоидальной ЭДС постоянной амплитуды и перестраиваемой частоты. При настройке ЭДС на резонансную частоту f_0 амплитудная сила тока равна J_0 . Найти, чему будет равна амплитуда силы тока J при небольшом отклонении внешней частоты на Δf .

5. Частично поляризованный свет рассматривается через николю. При повороте николя на 60° от положения, соответствующего максимальной яркости, яркость пучка уменьшается в два раза. Найти степень поляризации пучка

$$\Delta = \frac{\mathcal{I}_{\max} - \mathcal{I}_{\min}}{\mathcal{I}_{\max} + \mathcal{I}_{\min}}$$

и отношение интенсивностей естественного и линейно поляризованного света ($\mathcal{I}_{\max}$ и $\mathcal{I}_{\min}$ – максимальная и минимальная интенсивности света, проходящего через николю).

6. Тонкая монетка радиусом r катится так, что она наклонена под постоянным углом θ к горизонту, а точка касания монетки со столом описывает окружность радиусом R . Какова угловая частота обращения Ω точки контакта? При каких значениях R (полагая θ постоянным) движение возможно в принципе?



Экзамен 12

1. Найти площадь сечения падения потока метеоритов на Землю. Радиус Земли R . На бесконечности метеориты имеют скорость V_∞ , направленную в сторону Земли.

2. В замкнутом сосуде находится вода в равновесии с насыщенным паром при температуре $t = 100^\circ\text{C}$. Отношение масс пара и воды равно $\beta = 0.1$. Удельная теплоёмкость воды $c_0 = 4.2 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$. Найти удельную теплоёмкость c такой системы. Пар считать идеальным газом, молярная масса которого $\mu = 18 \text{ г/моль}$; удельная теплота парообразования $\lambda = 2260 \text{ Дж/г}$.

3. Найти давление p_0 в центре жидкой планеты шаровой формы радиусом $R = 6400 \text{ км}$. Плотность жидкости на поверхности $\rho_0 = 5500 \text{ кг/м}^3$. Каким будет давление p , если учесть сжимаемость? Считайте, что плотность жидкости растёт линейно с расстоянием к центру с коэффициентом $\Delta\rho/\Delta x = \alpha$. Гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$, для расчётов положите $\alpha = 3\rho_0/R$.

4. Для некоторого атомного ядра известны его масса в основном состоянии m_0 и разница энергий основного и возбуждённого состояния ΔE . Известны также постоянная Планка h и скорость света в вакууме c .

- Возбуждённое ядро свободно и находится в состоянии покоя. В некоторый момент времени оно переходит в основное состояние, излучая фотон. Найдите длину волны λ_0 излученного фотона.

Вследствие теплового движения возбуждённые атомы зачастую не находятся в состоянии покоя, а движутся со всевозможными скоростями во всевозможных направлениях. В данной задаче считайте, что атомы движутся только вдоль одной прямой. Максимальная скорость атомов равна u . Обозначим $\Delta\lambda$ разность наибольшей и наименьшей длин волн, испускаемых этими атомами.

- Найдите, чему равно отношение $\Delta\lambda/\lambda_0$

5. Определить максимальный угол $\theta_{\max}$ между направлениями луча и волновой нормали в кристалле исландского шпата. Отношение показателей преломления для обыкновенной волны к необыкновенной $n_o/n_e = 1.1157$.

6. Над плоскостью, зачернённой с обеих сторон, на высоте h расположен центр шара радиусом $a \ll h$, являющийся источником равновесного теплового излучения с температурой T_0 . Найти стационарное распределение температуры на плоскости. Считать, что система находится в вакууме, фон теплового излучения отсутствует и теплопроводностью вдоль плоскости можно пренебречь.

Экзамен 2: ответы и марк-схемы

- $F = -2\pi RP x$, где x – деформация мяча. (3 балла)
- Колебания $m\ddot{x} = F$ гармонические; угловая частота $\omega = \sqrt{\frac{2\pi RP}{m}}$. (3 балла)
- Время столкновения $\tau = \frac{\pi}{\omega} = \sqrt{\frac{\pi m}{2RP}} \approx 10^{-2}$ с. (4 балла)

- $y = x \tan(\alpha + \delta) - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2(\alpha + \delta)}$. (2 балла)
- $\tan(\alpha + \delta) = \tan \alpha + \frac{\delta}{\cos^2 \alpha} + O(\delta^2)$. (2 балла)
- $x_0 = \frac{v_0^2}{g} \cot \alpha$. (3 балла)
- $y_0 = \frac{v_0^2}{2g} (1 - \cot^2 \alpha)$. (3 балла)

- $\varepsilon = nkT \sqrt{\frac{2kT}{\pi m}}$ из $\int_0^\infty \frac{mv^2}{2} \frac{dnv}{4}$. (4 балла)
- $z = \frac{1}{4} n \langle v \rangle$. (3 балла)
- $\langle \varepsilon \rangle = 2kT$. (3 балла)

- $V_0 = \frac{q(R_2 - R_1)}{4\pi\varepsilon_1\varepsilon_0 R_1^2}$. (3 балла)
- $|\vec{P}| = \frac{\varepsilon_0 V_0}{R_2 - R_1} \left(\frac{\varepsilon_1 R_1^2}{r^2} - 1 \right)$. (3 балла)
- $\rho'(r) = \frac{8\varepsilon_0 V_0}{R_1 r}$. (4 балла)

- $\lambda/\Delta\lambda = Nm$. (5 баллов)
- $\Delta T \leq \frac{1}{Nm\alpha} = 1$ К. (5 баллов)

- $\varphi = -\frac{GM}{r}$. (1 балл)
- Дифференцирование закона Снеллиуса: $\cot \alpha d\alpha = \frac{d}{dr} \ln(n(r))$. (4 балла)
- $\delta = -\frac{4GM}{c^2 R} \int_{\pi/2}^0 \sin \alpha d\alpha = \frac{4GM}{c^2 R} = 8.4 \cdot 10^{-5}$ рад. (5 баллов)

Экзамен 4: ответы и марк-схемы

- Внутренняя сила натяжения $F = \rho v^2$. (2 балла)
- ЗСЭ $\rho x^2 g = \frac{1}{2} \rho L v^2$. (2 балла)
- Движение левой части цепи $F - \rho \left(\frac{L}{2} - x \right) g = \rho \left(\frac{L}{2} - x \right) a$. (2 балла)
- Движение правой части цепи $\rho \left(\frac{L}{2} + x \right) g - F = \rho \left(\frac{L}{2} + x \right) a$. (2 балла)
- $x = \frac{L}{2\sqrt{2}}$. (1 балл)
- $v = \frac{\sqrt{gL}}{2}$. (1 балл)

- Абберрация излучения; поворот направления фотонов на $\varphi = v/c$ в системе частицы. (2 балла)
- Тормозящая сила $F_\tau(l) = -\frac{I_0 R^2 \pi r^2 v}{l^2 c^2}$. (5 баллов)
- $T = \frac{\rho r c^2}{3I_0}$. (3 балла)

- $P = P_0 - Mg/A$. (3 балла)
- $PV^\gamma = \text{const}$. (2 балла)
- $T = T_0 \left(1 - \frac{Mg}{p_0 A} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$. (5 баллов)

- Дипольный момент шара во внешнем поле $\vec{E}$ равен $\vec{p} = 4\pi\epsilon_0 r^3 \vec{E}$. (5 баллов)
- $\vec{P} = n\vec{p}$. (1 балл)
- $\vec{P} = \epsilon_0(\epsilon - 1)\vec{E}$. (1 балл)
- $\epsilon = 1 + 4\pi n r^3$. (3 балла)

- Разность фаз между двумя поляризациями на выходе $\pi/2$ (3 балла)
- $\varphi_1 = k_e d$. (2 балла)
- $\varphi_2 = k_o d$. (2 балла)
- $d = \frac{\lambda}{4(n_e - n_o)}$. (2 балла)
- $d = 1.37 \cdot 10^{-5}$ м. (1 балл)

- $U = hc/\lambda$. (2 балла)
- $eV = U - A$ (5 баллов)
- $V = 1.23$ В (3 балла)

Экзамен 6: ответы и марк-схемы

- Нахождение константы $C(V) = \frac{\alpha m^2}{V^2 T_0}$ изохорического процесса; уравнение состояния: $P = \frac{\alpha m^2}{V^2 T_0} (T_0 + T) = \alpha \rho^2 \left(1 + \frac{T}{T_0}\right)$. (5 баллов)
- $PdV + dU = 0$ (dU продифференцирован верно). (1 балл)
- $\frac{dT}{dV} = -\frac{m}{\lambda V^2}$ из $\rho = m/V$ и дифференцирования адиабаты. (2 балла)
- $\lambda = 2\beta T_0/\alpha = 34600 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$. (2 балла)

- $w(x) = \frac{E\varepsilon(x)^2}{2}$. (3 балла)
- $\varepsilon(x) = 2\pi x/L$. (3 балла)
- $A = \int_{-d/2}^{+d/2} w(x)bLdx$. (2 балла)
- $A = \frac{\pi^2 d^3 b E}{6L} \approx 20 \text{ Дж}$. (2 балла)

- $D(r) = \frac{Q}{4\pi r^2}$. (1 балл)
- $n \approx n_0 \left(1 + \frac{\beta_0 E^2}{2kT}\right)$ из распределения Больцмана. (3 балла)
- $D = \varepsilon_0 E(1 + \beta_0 n(r))$ (2 балла)
- $E(r) \approx \frac{D(r)/\varepsilon_0}{1 + n_0\beta_0} \left(1 - \frac{D(r)^2/\varepsilon_0^2}{(1 + n_0\beta_0)^3} \frac{n_0\beta_0^2}{2kT}\right)$. (4 балла)

- $P = P_0 \exp \frac{2\mu\sigma}{\rho_{\text{ж}} r RT} \Rightarrow \Delta P = \frac{2\mu P_0 \sigma}{\rho_{\text{ж}} r RT}$ (см., например, Сивухин, т.2 (5), §118). (4 балла)
- $\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{\lambda \rho_{\text{п}}}{T}$. (3 балла)
- $r = \frac{2\mu\sigma P_0}{\lambda \rho_{\text{ж}} \rho_{\text{п}} R \Delta T} = \frac{2\sigma T}{\rho_{\text{ж}} \lambda \Delta T} = 2.25 \cdot 10^{-8} \text{ м}$. (3 балла)

- Идея замены движущегося зеркала на эквивалентное неподвижное. (2 балла)
- Ответ для $\varphi = \alpha - 2 \arctan \left(\frac{v \sin \alpha}{c + v \cos \alpha} \right)$. (4 балла)
- Закон сохранения проекции импульса. (1 балл)
- Ответ для $\lambda = \lambda_0 \cdot \frac{\sin(\varphi)}{\sin \alpha} = \lambda_0 \cdot \frac{1 - v^2/c^2}{1 + v^2/c^2 + 2v \cos \alpha/c}$. (3 балла)

- $T_x = 4F/\pi D^2$. (1 балл)
- $T_{y,z} - \mu(T_x + T_{z,y}) = 0$. (4 балла)
- $\varepsilon_x = \frac{T_x}{E} - \frac{\mu}{E}(T_y + T_z)$. (2 балла)
- $\Delta l = \frac{4Fl}{\pi D^2 E} \frac{1 - \mu - 2\mu^2}{1 - \mu}$. (3 балла)

Экзамен 8: ответы и марк-схемы

- $2N = \frac{\dot{p}c}{1-\beta} + \frac{\dot{E}}{1-\beta}$ или эквивалент для движения зеркала. (4 балла)
- $N = \frac{mc^2}{2T} \left(\gamma\beta - \frac{2}{3} + \frac{2}{3}\gamma^3(1+\beta^3) \right) = \frac{8mc^2}{3T} = 7.6 \cdot 10^9 \text{ Вт. (6 баллов)}$

- $E_K = \frac{(Mc^2)^2}{2E_+} = 750 \text{ МэВ. (6 баллов)}$
- $p_{-c} = \sqrt{E_K^2 + E_+^2 - (Mc^2)^2 - (mc^2)^2} = 566 \text{ МэВ. (4 балла)}$

- $\cos \theta d\theta = \frac{eB(z)}{p} dz. (4 \text{ балла})$
- $z_0 = a \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2p}{eB_0 a}} - 1 \right). (3 \text{ балла})$
- $R(z_0) = \frac{\gamma m V}{eB_0} \left(1 + \frac{2\gamma m V}{eB_0 a} \right)^{-1/2}. (3 \text{ балла})$

- $\alpha_{i+1} - \alpha_i = -y_i/F. (3 \text{ балла})$
- $\frac{d\alpha}{dx} = -\frac{y}{Fd} (2 \text{ балла})$
- $\alpha = dy/dx. (1 \text{ балл})$
- $y'' + y/Fd = 0. (1 \text{ балл})$
- $y(L) = 0. (1 \text{ балл})$
- $L_{\min} = \pi\sqrt{Fd}. (2 \text{ балла})$
- Дискретное рассмотрение углов/высот: если уравнения $y(x)$ или $\alpha(x)$ не сводятся к синусоиде, то не больше 5 баллов!

- $m = M\sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}. (6 \text{ баллов})$
- $\frac{\sigma dt}{M} = \frac{d\beta}{(1+\beta)(1-\beta^2)}. (2 \text{ балла})$
- $x(t) = \frac{Mc}{\sigma} \left(\frac{1}{4} \ln \frac{1+\beta}{1-\beta} + \frac{\beta/2}{1+\beta} \right). (2 \text{ балла})$

- $kT_1 dN = pSdh. (3 \text{ балла})$
- $dN = \frac{n\sigma}{4} (\langle v_0 \rangle - \langle v_1 \rangle) dt. (4 \text{ балла})$
- $\Delta h = \frac{\sigma}{S} \sqrt{\frac{RT_1}{2\pi\mu}} \left(\frac{p_0}{p_1} \sqrt{\frac{T_1}{T_0}} - 1 \right) \Delta t = 6.75 \text{ см. (3 балла)}$

Экзамен 10: ответы и марк-схемы

- $\omega_0^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m a_0^3}$. (2 балла)
- $x(t) = \frac{e/m}{\omega_0^2 - \omega^2} \cdot E \cos \omega t$. (2 балла)
- $\epsilon = 1 + n\beta$, где $\epsilon_0 \beta \vec{E} = e\vec{x}$. (2 балла)
- $\epsilon = 1 + \frac{ne^2/m\epsilon_0}{\omega_0^2 - \omega^2}$. (4 балла)

- $\omega^2 = GM/R^3$. (1 балл)
- $m\ddot{x} = -\frac{GMm}{(R+x)^2} + m\omega^2(R+x) + 2m\omega\dot{y}$. (2 балла)
- $m\ddot{y} = -\frac{GMm}{R^3}y + m\omega^2y - 2m\omega\dot{x}$. (2 балла)
- $x = \frac{\Delta V}{\omega} \sin \omega t$. (2 балла)
- $y = \frac{2\Delta V}{\omega} (\cos \omega t - 1)$. (2 балла)
- Эллипс с полуосями $\Delta V/\omega$ и $2\Delta V/\omega$. (1 балл)
- За решение **не** в системе неподвижного наблюдателя даётся не больше 6 баллов!

- Теорема Гаусса для поверхности, получаемой вращением силовой линии. (3 балла)
- Заряд внутри поверхности $q = Qx/L$. (2 балла)
- $x = \alpha^2 L/4$. (5 баллов)

- $L\ddot{q} + \dot{q}R + q/C = U_0 \cos \omega t$ и решение для амплитуды J . (4 балла)
- Переход в действительные величины: $J = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$. (3 балла)
- $J = \frac{J_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{2Q\Delta f}{f_0}\right)^2}} \approx J_0 \left(1 - \frac{8\pi^2 L^2 \Delta f^2}{R^2}\right)$, $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$. (3 балла)

- При первом прохождении $\mathcal{J} = \mathcal{J}_\pi + \frac{\mathcal{J}_e}{2}$. (2 балла)
- При втором прохождении $\mathcal{J}_\pi \cos^2 60^\circ + \frac{\mathcal{J}_e}{2} = \frac{\mathcal{J}_\pi}{4} + \frac{\mathcal{J}_e}{2}$. (2 балла)
- $\mathcal{J} = \mathcal{J}_\pi + \frac{\mathcal{J}_e}{2} = 2 \left(\frac{\mathcal{J}_\pi}{4} + \frac{\mathcal{J}_e}{2}\right)$. (2 балла)
- $\Delta = 1/2$. (2 балла)
- $\mathcal{J}_{\max}/\mathcal{J}_{\min} = 3$. (2 балла)

- $\omega' r = \Omega R$. (1 балл)
- $L_x = \frac{mr^2}{4} \cdot \Omega \sin \theta \cdot \cos \theta - \frac{mr^2}{2} \cdot (-\Omega(R/r - \cos \theta)) \sin \theta$. (4 балла)
- $M = mgr \cos \theta - m(R - r \cos \theta)\Omega^2 \cdot r \sin \theta$. (2 балла)
- $\Omega^2 = g \left(\frac{3}{2}R \tan \theta - \frac{5}{4}r \sin \theta\right)^{-1}$. (2 балла)
- $R > \frac{5}{6}r \cos \theta$. (1 балл)

Экзамен 12: ответы и марк-схемы

- Сохранение энергии между $r = \infty$ и $r = r_{\min}$. (1 балл)
- Равенство моментов импульса между $r = \infty$ и $r = r_{\min}$. (2 балла)

$$\bullet \ r_{\min} = \frac{R}{2} \left(\frac{V_2}{V_\infty} \right)^2 \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4b^2}{R^2} \left(\frac{V_\infty}{V_2} \right)^4} \right). \text{ (4 балла)}$$

$$\bullet \ b^2 \leq R^2 \left(1 + \left(\frac{V_2}{V_\infty} \right)^2 \right). \text{ (2 балла)}$$

$$\bullet \ \sigma = \pi R^2 \left(1 + \frac{2GM}{V_\infty^2 R} \right). \text{ (1 балл)}$$

$$\bullet \ dU/dT = \left(\lambda - \frac{RT}{\mu} \right) \frac{dm_{\text{п}}}{dT} + \frac{3R}{\mu} m_{\text{п}} + c_{\text{в}} m_{\text{в}}. \text{ (4 балла)}$$

$$\bullet \ \frac{dP}{dT} = \frac{\lambda m_{\text{п}}}{TV_{\text{п}}}. \text{ (2 балла)}$$

$$\bullet \ \frac{dm_{\text{п}}}{dT} = \frac{m_{\text{п}}}{T} \left(\frac{\lambda \mu}{RT} - 1 \right). \text{ (2 балла)}$$

$$\bullet \ c = \frac{1}{1 + \beta} \left(c_0 + \beta \frac{R}{\mu} \left(3 + \left(\frac{\lambda \mu}{RT} - 1 \right)^2 \right) \right) = 10.1 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{К}). \text{ (2 балла)}$$

$$\bullet \ p_0 = \frac{\rho_0 g_0 R}{2} = \frac{2\pi G \rho_0^2 R^2}{3} = 173 \text{ ГПа}. \text{ (2 балла)}$$

$$\bullet \ M(r) = \frac{4\pi \rho_0 r^3}{3} \left(1 + \frac{\alpha R}{\rho_0} - \frac{3\alpha r}{4\rho_0} \right). \text{ (3 балла)}$$

$$\bullet \ p = \frac{2\pi G \rho_0^2 R^2}{3} \left(1 + \frac{5}{6} \frac{\alpha R}{\rho_0} + \frac{5}{24} \frac{\alpha^2 R^2}{\rho_0^2} \right). \text{ (4 балла)}$$

$$\bullet \ p = \frac{43}{8} p_0. \text{ (1 балл)}$$

$$\bullet \ \lambda_0 = \frac{2hc}{\Delta E} \frac{m_0 c^2 + \Delta E}{2m_0 c^2 + \Delta E}. \text{ (6 баллов). За решение при } m_0 c^2 \gg \Delta E \text{ не больше 1 балла!}$$

$$\bullet \ \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} = \frac{2u}{\sqrt{c^2 - u^2}}. \text{ (4 балла)}$$

$$\bullet \ \text{Разложение } \vec{D} = \hat{\varepsilon} \varepsilon_0 \vec{E} \text{ в двух проекциях. (4 балла)}$$

$$\bullet \ \text{Угол между } \vec{D} \text{ и осью } \tan \beta = \left(\frac{n_o}{n_e} \right)^2 \tan \gamma, \text{ где } \gamma - \text{угол между } \vec{E} \text{ и осью. (3 балла)}$$

$$\bullet \ \tan \delta = \frac{n_o^2 - n_e^2}{n_o^2 + n_e^2 \tan^2 \beta}, \quad \delta_{\max} = \arctan 0.1097 = 6^\circ 15' 46''. \text{ (3 балла)}$$

$$\bullet \ I(r) = \sigma T_0^4 \frac{a^2}{r^2 + h^2}. \text{ (2 балла)}$$

$$\bullet \ d\Omega = \frac{2\pi r dr}{h^2 + r^2} \cdot \frac{h}{\sqrt{h^2 + r^2}}. \text{ (2 балла)}$$

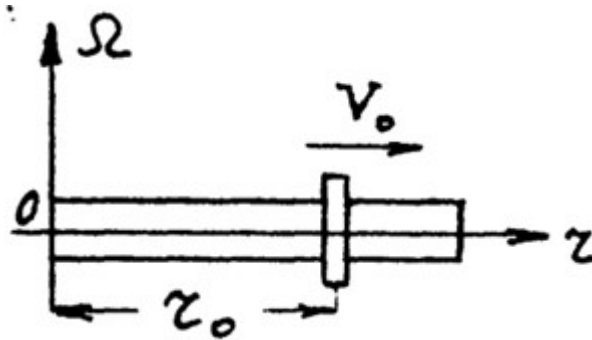
$$\bullet \ d\Phi = I(r)(r^2 + h^2)d\Omega. \text{ (2 балла)}$$

$$\bullet \ \text{Переизлучение } d\Phi = 2\pi r dr \cdot 2\sigma T^4(r). \text{ (2 балла)}$$

$$\bullet \ T(r) = T_0 \sqrt[4]{\frac{a^2 h}{2(h^2 + r^2)^{3/2}}}. \text{ (2 балла)}$$

Экзамен 1

Задача 1. На горизонтально расположенный стержень надета небольшая муфта, которая может перемещаться вдоль него. Стержень вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью Ω . Начальное расстояние муфты от оси - r_0 , начальная скорость v_0 направлена от оси. При каком коэффициенте трения муфты её скорость может зависеть при дальнейшем движении от расстояния как $v = \frac{v_0}{r_0} r$



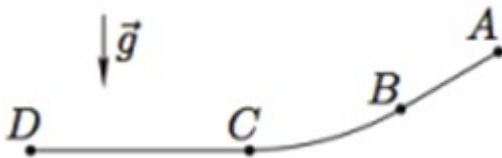
Задача 2. Цилиндр объёма $V = 1$ л разделён на два отдела подвижным поршнем. В левый отдел введено $m_1 = 1$ г воды, в правый $m_2 = 2$ г азота. Каковы объёмы левого и правого отдела $t = 100^\circ \text{C}$? То же для $m_1 = 0,1$ г, $m_2 = 0,5$ г. То же для $m_1 = 0,5$ г, $m_2 = 0,5$ г.

Задача 3. Точечный заряд q находится в вакууме на расстоянии l от границы раздела с полупространством диэлектрика, проницаемость которого ε . Найдите:

- а) поверхностную плотность связанных зарядов на границе раздела, как функцию расстояния до точечного заряда q ; исследуйте результат при $l \rightarrow 0$
- б) величину силы, действующей на заряд q со стороны связанных зарядов диэлектрика

Задача 4. Плоский воздушный конденсатор с обкладками в форме диска радиуса $R = 5$ см, подключен к переменному синусоидальному напряжению с частоты $\nu = 3$ кГц. Каково отношение средних значений магнитной и электрической энергии конденсатора?

Задача 5. Из точки А по гладкой соломинке начинает скользить муравей. Прямолинейный участок АВ соломинки плавно переходит в дугу ВС радиуса R , а она плавно переходит в горизонтальный прямолинейный участок CD. $AB:BC:CD=1:2:3$. Длина каждого участка намного меньше R . Найдите время скольжения муравья от А до D.



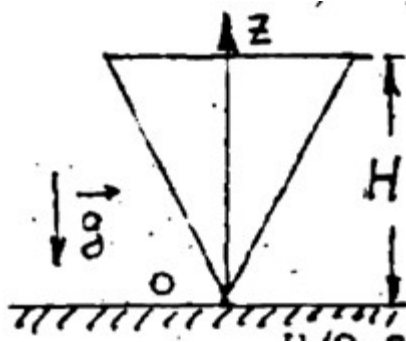
Задача 6. Объектив и окуляр зрительной трубы имеют фокусные расстояния $F_1 = 57$ см и $F_2 = -4$ см соответственно. На расстоянии $b = 12$ см от окуляра расположен белый экран. При каком расстоянии L между окуляром и объективом получится чёткое изображение солнца? Каков его размер, если угловой диаметр солнца $\alpha = 30'$. То же для $F_1 = 40$ см, $F_2 = 3$ см, $b = 15$ см

Экзамен 3

Задача 1. Шайба радиуса R и массы m скользит со скоростью V по гладкому горизонтальному столу и упруго ударяется о стержень длины L и массы M , который может свободно вращаться вокруг закреплённого конца. Точка удара расположена на расстоянии a от закреплённого конца. Скорость шайбы направлена до удара под углом α к стержню и под углом β после. Рассчитайте скорость шайбы после удара, а также угловые скорости шайбы и стержня. Проскальзывание в момент удара не прекращается.

Задача 2. Уравнение состояния резинового стержня имеет вид: $F = aT[\frac{L}{L_0} - (\frac{L_0}{L})^2]$, где F – растягивающая сила, $a = 0,013$ Н/К, T – температура, L – длина, $L_0 = 1$ м – начальная длина. Состояние стержня проходит замкнутый цикл, состоящий из трёх обратимых процессов: 1) изотермического растяжения при $T_1 = 300$ К до конечной длины $L = 2$ м; 2) нагревания при $L = \text{const}$; 3) адиабатического сокращения длины стержня до L_0 . Вычислите количество тепла, поглощённого и отданного стержнем при деформации. Теплоёмкость стержня $C = 1,2$ Дж/К не зависит от температуры и деформации. Вычислите отданное и полученное количества теплоты.

Задача 3. Конический сосуд высотой H , заполненный идеальным газом, помещён в однородное поле тяжести g . Масса молекулы m . При какой температуре газа наиболее вероятное положение молекулы газа находится на высоте $H/2$?



Задача 4. На параллельные проводящие пластины подано напряжение U . Расстояние между пластинами h . Пространство между ними заполнено средой, проводимость которой линейно меняется от γ_1 до γ_2 . Найти распределение потенциала и объёмного заряда в среде.

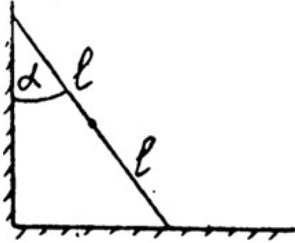
Задача 5. а) Фотоаппарат, объектив которого, имеет фокусное расстояние $F = 20$ см, наведён на предмет, находящийся на расстоянии $a_1 = 4$ м. До какого диаметра нужно задиафрагмировать объектив, чтобы размытость предметов, находящихся на расстоянии $a_2 = 5$ м от фотоаппарата, не превышала $0,2$ мм?

б) Удалённый точечный источник из-за невысокого качества объектива и фотопластинки выдает на фотогографии кружок диаметром $d = 0,1$ мм. С какого расстояния можно сфотографировать в тех же условиях два точечных источника, расположенных на расстоянии $l = 1$ см, чтобы на фотографии их изображения не перекрывались? Фокусное расстояние объектива $F = 5$ см.

Задача 6. Дан чёрный ящик с двумя внешними клеммами, содержащий внутри себя одну катушку индуктивности, один резистор и один конденсатор. Если подать на клеммы постоянное напряжение 1 В, ток через ящик будет равен 1 мА. При переменном напряжении 1 В, на частоте 50 Гц ток равен 10 мА. С ростом частоты ток растёт и достигает максимума на частоте 500 Гц затем падает. Нарисуйте схему чёрного ящика и рассчитайте параметры его составляющих.

Экзамен 5

Задача 1. Твёрдый стержень массы m и длины $2l$ падает без трения между двумя взаимно перпендикулярными стенками (см. рис) в плоскости рисунка. В начальный момент стержень прислонён к вертикальной стенке. Найти силы давления стержня на стенки в тот момент когда $\alpha = \arccos 4/5$.

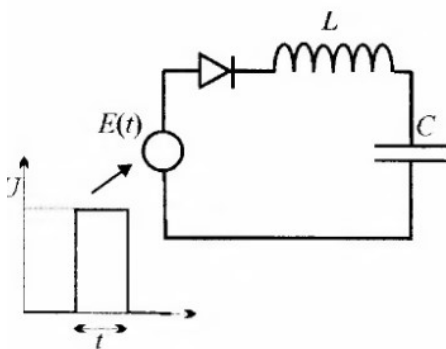


Задача 2. Оценить величину коэффициента линейного теплового расширения кристалла при $T=300$ К, если потенциальная энергия взаимодействия соседних атомов имеет вид $U(r) = A(e^{-2a\varepsilon} - 2e^{-a\varepsilon})$, где $\varepsilon = \frac{r-d}{d}$, d – постоянная решётки, $a=1,5$, $A=3$ эВ.

Задача 3. Какое число однозарядных положительных ионов n_i нужно поместить в единицу объёма пространства, занимаемого параллельным однородным пучком электронов кругового сечения, движущихся со скоростью v , чтобы радиус пучка при его движении не изменялся? Концентрация электронов в пучке равна n_e .

Задача 4. Звуковая волна падает на неподвижную стенку под углом α к нормали. Амплитуда скорости среды в падающей плоской звуковой волне равна v , амплитуда отражённой в n раз меньше. Длина волны λ . Определите максимальную скорость в среде. На каком расстоянии друг от друга находятся плоскости, на которых скорость среды достигает максимальной величины?

Задача 5. Источник импульсной ЭДС создал короткий импульс амплитудой U и длительностью $\tau \ll \sqrt{LC}$. Какое напряжение приобретёт конденсатор?



Задача 6. Вдали от точечного источника S стоит бесконечный идеально отражающий экран. Из экрана удален диск диаметром $d_1 = 2r_1\sqrt{\frac{2}{3}}$, где r_1 – радиус первой зоны Френеля, и поставлен другой диаметром $d_2 = d_1/\sqrt{2}$. Найти интенсивность I отражённой волны в точке S , если отражающий экран без вырезов даёт в этой точке интенсивность I_0 .

Экзамен 7



Задача 1. Три шайбы могут скользить вдоль стержня. Нижняя шайба массы $2m$ лежит на упоре и связана пружиной с шайбой массы m , которая покоится в равновесии на ней. Третья шайба массы m удерживается на высоте h над второй, затем отпускается и при ударе слипается со второй. При каких высотах h дальнейшее движение системы всё ещё гармоническое?

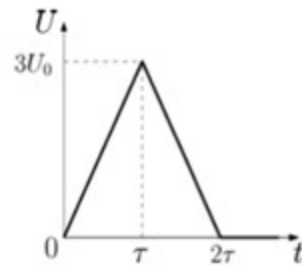
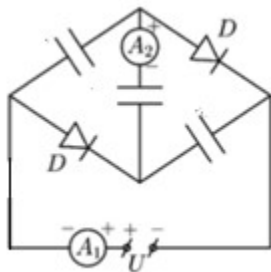
Задача 2. Энергия молекулы в магнитном поле может принимать три значения ($-E, 0, +E$). Рассчитать энергию взаимодействия 1 моля таких молекул с магнитным полем при температуре $T = E/k$.

Задача 3. Над неизвестным веществом совершается круговой процесс, состоящий из адиабаты 12 и политроп 23 и 31. Теплоёмкости на политропах $C_{31} = C = -C_{23}$. Температуры в точках пересечения политроп с адиабатой T_1 и T_2 . Какую работу совершит система в круговом процессе?

Функцией только состояния является энтропия S , для которой $dS = dQ/T$.

Задача 4. На какое минимальное расстояние сможет приблизиться электрон (заряд e , масса m , скорость на бесконечности v , прицельное расстояние b) к идеально проводящей нейтральной закреплённой сфере радиуса R ?

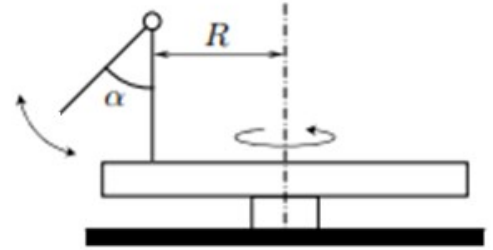
Задача 5. На схему подается напряжение $U(t)$, зависимость изображена на графике. Напряжение пробоя диодов U_0 , ВАХ диодов на графике. Ёмкость каждого конденсатора C . Как зависят токи через амперметры от времени? Изобразите эти зависимости на графиках.



Задача 6. Звездолёт движется со скоростью v ($\gamma = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 100$) в межзвёздном газе, который состоит из атомарного водорода с концентрацией $n = 1 \text{ см}^{-3}$. Скорости атомов газа намного меньше скорости света. Перед носом звездолёта установлен экран с площадью поперечного сечения $S = 10^8 \text{ см}^2$, больше сечения звездолёта, улавливающий все попадающие на него атомы. Какую силу покажет динамометр, включенный между экраном и звездолётом? Какую массу топлива аннигилирует в единицу собственного времени фотонный двигатель, чтобы поддерживать скорость звездолёта постоянной.

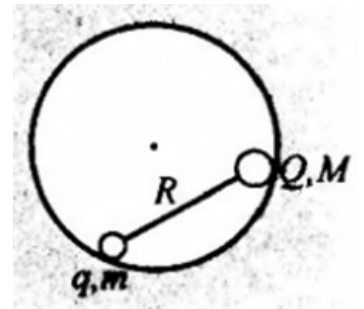
Экзамен 9

Задача 1. К вертикальной стойке, расположенной на вращающейся платформе на расстоянии $R = 3l$ от её оси, на шарнире подвешен однородный стержень длиной $l = 1$ м. Стержень может отклоняться только в вертикальной плоскости. Платформу раскручивают и стержень отклоняется от вертикали на $\alpha = 30^\circ$. Найдите период колебаний стержня относительно положения равновесия.

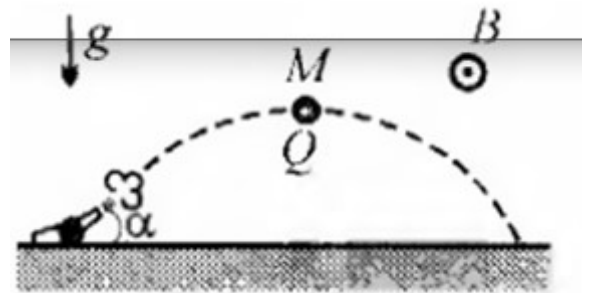


Задача 2. Рассчитайте КПД цикла проводимого над неизвестным веществом, состоящего из трёх процессов: 1-2 - изотермического расширения, 2-3 - процесса, в котором энтропия линейно падает с температурой, адиабатического сжатия. Максимальная и минимальная температура в цикле отличаются в 2 раза.

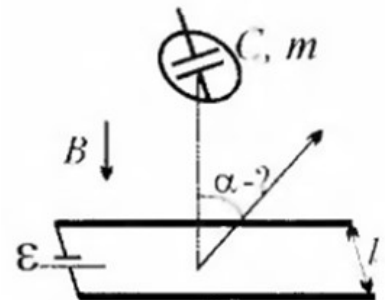
Задача 3. На поверхности гладной сферической полости находятся связанные нитью заряженные шарики. Нить обрывается. Какие максимальные скорости приобретут шарики? Какие пути они пройдут к этому моменту?



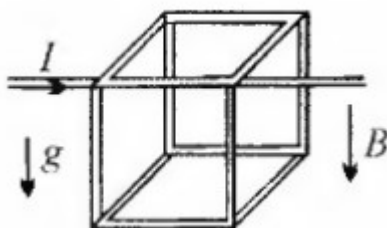
Задача 4. Из пушки со скоростью v под углом α к горизонту вылетает снаряд массы M с электрическим зарядом Q . Определите дальность полёта снаряда, если кроме силы тяжести, на него действует горизонтальное магнитное поле B , перпендикулярное скорости снаряда.



Задача 5. На рельсы (см.рис), помещённые в вертикальное магнитное поле, бросают перемычку с конденсатором. При ударе он имел скорость v . Удар упругий, а время удара больше времени зарядки конденсатора. Под каким углом к рельсам отскочит конденсатор? Данные на рисунке считать известными.



Задача 6. Через проволочный куб протекает ток I . Куб может вращаться вокруг горизонтальной оси (см.рис), и в вертикальном магнитном поле занимает такое положение, что его нижняя грань горизонтальна. Какова масса единицы длины проволоки куба?

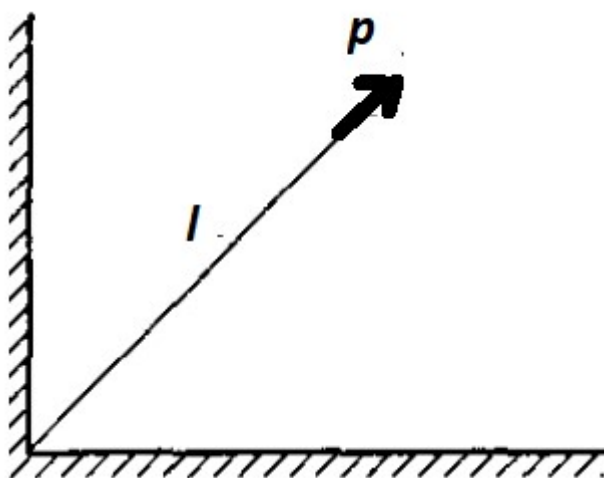


Экзамен 11

Задача 1. Тонкостенная цилиндрическая бочка, полностью заполненная жидкостью с весьма малым, но конечным по величине внутренним трением, достаточно долго катится по шероховатой поверхности со скоростью v и упруго ударяется о гладкую вертикальную стенку. Найдите скорости бочки сразу после установления качения без проскальзывания и через длительное время. Вкладом днища бочки в момент инерции пренебречь. Масса бочки M , масса жидкости m .

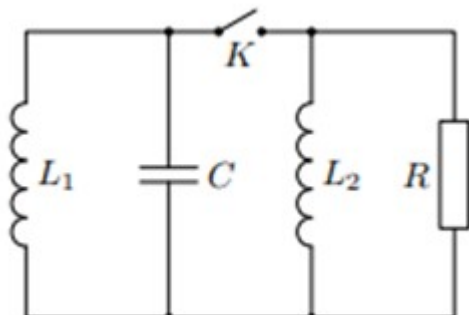
Задача 2. Давление невозмущённого воздуха P , плотность ρ , показатель адиабаты γ . Получите волновое уравнение и найдите скорость волны сжатия-разрежения в воздухе?

Задача 3. Найдите силу взаимодействия диполя с дипольным моментом p с бесконечным металлическим двугранным прямым углом.



Задача 4. Математический маятник колеблется на нити. Нить медленно вытягивают, уменьшая её длину. Каким соотношением связаны угловая амплитуда колебаний и длина нити?

Задача 5. В момент, когда ток в левом контуре достигает максимального значения I_m , замыкается ключ. Какое количество теплоты выделится на резисторе через большое время? Параметры на рисунке известны.



Задача 6. В туманность радиуса R , в которой показатель преломления убывает с расстоянием от центра как $n_0 - \alpha r$. Линия луча проходила на расстоянии b от центра туманности. Как близко луч приблизится к центру?

Ответы 1

- $\mu = \frac{1}{2} \left(\frac{\Omega r_0}{v_0} - \frac{v_0}{\Omega r_0} \right)$
- $a) V(N_2) \approx V, V(H_2O) \approx 0 \quad b) V(N_2) = \frac{14}{59} V, V(H_2O) = \frac{45}{59} V \quad c) V(N_2) = \frac{v(N_2)RT}{P_H} = 0.55 \text{ л}, V(H_2O) = V - V(N_2) = 0,45 \text{ л}$
- $\sigma = \frac{1-\varepsilon}{1+\varepsilon} \frac{ql}{2\pi r^3}, F = \frac{\varepsilon-1}{1+\varepsilon} \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 l^2}$
- $\frac{1}{8} \left(\frac{\omega R}{c} \right)^2$
- $\sqrt{\frac{R}{g}} \left(1 + \frac{\pi}{4} + \frac{3\sqrt{2}}{4} \right)$
- $L = F_1 + \frac{bF_2}{b-F_2}, D = \alpha F_1 \frac{bF_2}{b-F_2}$

Ответы 3

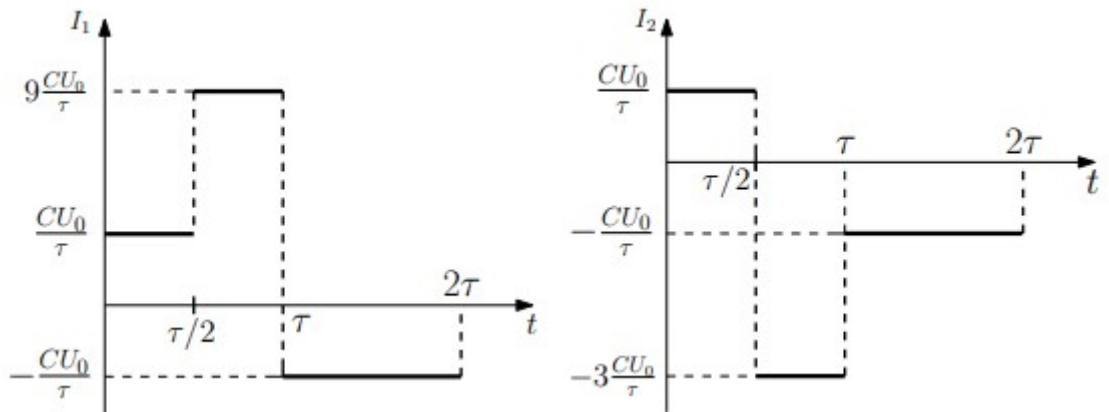
- $u = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} v \frac{\frac{ML^2}{3} - ma^2}{\frac{ML^2}{3} + ma^2}, \Omega = \frac{mav\sin\alpha}{\frac{ML^2}{3} + ma^2}, \omega = \frac{2}{R} (v\cos\alpha - u\cos\beta)$
- $Q_- = aT_1 L_0^2 \left[\frac{1}{2} \left(\frac{L^2}{L_0^2} - 1 \right) + \left(\frac{L_0}{L} - 1 \right) \right], Q_- = cT_1 \left(e^{\frac{aL_0}{c} \left(\frac{L^2}{2L_0^2} + \frac{L_0}{L} - \frac{3}{2} \right)} - 1 \right)$
- $T = \frac{mgH}{4k}$
- $\varphi - \varphi_1 = U \frac{\ln \frac{\gamma}{\gamma_1}}{\ln \frac{\gamma_2}{\gamma_1}}, \rho = -\frac{\varepsilon_0 U (\gamma_2 - \gamma_1)^2}{h^2 \gamma^2 \ln \frac{\gamma_2}{\gamma_1}}$
- $D = \frac{a_2(a_1 - F)d}{a_2 - a_1}, a = \frac{Fl}{d}$
- $R = 1 \text{ кОм}, C = 32 \text{ мкФ}, L = 3.14 \text{ мГ}$

Ответы 5

- $N_x = mg \left(\frac{9}{4} \sin\alpha \cos\alpha - \frac{3}{2} \sin\alpha \right), N_y = mg \left(\frac{1}{4} - \frac{3}{2} \cos\alpha + \frac{9}{4} \cos^2\alpha \right)$
- $\alpha = \frac{1}{a} \sqrt{\frac{k}{2\Delta T}}$
- $n_i = n_e \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)$
- $v_m = v \sqrt{1 + \frac{2\cos\alpha}{n} + \frac{1}{n^2}}, \Delta x = \frac{\lambda}{2\cos\alpha}$
- $q = U\tau \sqrt{\frac{L}{C}}$
- $I = 0$

Ответы 7

- $h = \frac{15mg}{k}$
- $U = N_a E \frac{e^{-\frac{E}{kT}} - e^{-\frac{E}{kT}}}{e^{-\frac{E}{kT}} + e^{-\frac{E}{kT}} + 1}$
- $A = C(T_1 + T_2 - \sqrt{T_1 T_2})$
- $l_{min}^2 = \frac{R^2 + b^2}{2} - \sqrt{\frac{(R^2 - b^2)^2}{4} + \frac{e^2 R^3}{4\pi\varepsilon_0 m v^2}}$



5.

6. $F = \gamma^2 n_0 m_p v^2 S, \mu = \frac{F}{c}$

Ответы 9

1. $T = 2\pi \sqrt{\frac{40l}{37g\sqrt{3}}}$

2. $\eta = \frac{1}{4}$

3. $v = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{mM}{m+M} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 R}}, u = \frac{1}{M} \sqrt{\frac{mM}{m+M} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 R}}, s_1 = \frac{M}{m+M} \frac{2}{3} \pi R, s_2 = \frac{m}{m+M} \frac{2}{3} \pi R$

4. $y_m = \frac{2v_0 \sin \alpha}{\Omega} - \frac{2g\varphi}{\Omega^2}, \text{ где } \varphi = \arctg \frac{v_0 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha + \frac{qB}{m}}, \Omega = \frac{qB}{m}$

5. $tg \alpha = \frac{CB l \mathcal{E}}{v(m + CB^2 l^2)}$

6. $\rho = \frac{IB}{36g}$

Ответы 11

1. $v_1 = v_0 \frac{m}{2M+m}, v_2 = v_0 \frac{m}{4M+3m}$

2. $c = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$

3. $F = \frac{9\sqrt{2}-3}{4\pi\epsilon_0} \frac{p^2}{a^4}$

4. $\alpha_m l^{3/4} = const$

5. $Q = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \frac{I_m^2}{2}$

6. $r_{min} = \frac{n_0}{2\alpha} - \sqrt{\left(\frac{n_0}{2\alpha}\right)^2 - \frac{\beta}{\alpha}}$