ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

Методические указания
по выполнению контрольной работы

по дисциплине

«ФИЗИКА»

(направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника)

Ростов-на-Дону
2019

УДК 53
ББК 22
К 64

Б.Б. Конкин, Я.Б. Константинова
Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «ФИЗИКА» для направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника) . – Ростов-на-Дону: Полиграфический центр СКФ МТУСИ, 2019. – 34 с.

Рассмотрено и одобрено
на заседании кафедры
Протокол №2 от «17» сентября 2018 г.

Издательство СКФ МТУСИ

Сдано в набор 17.09.18. Изд. № 259. Подписано в печать 09.10.18. Зак. 273.
Печ. листов 2,125. Учетно-изд. л.1,7. Печать оперативная. Тир. 5 экз.
Отпечатано в Полиграфическом центре СКФ МТУСИ, Серафимовича, 62.

Студенты заочного отделения направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника в процессе изучения курса физики выполняют одну контрольную работу, включающую разделы: «Механика» (1); «Электричество» (2); «Колебания и волны» (3); «Квантовая физика» (4). В скобках указаны первые цифры номеров задач.

При выполнении контрольных работ студенту необходимо руководствоваться следующим:

1. Контрольная работа выполняются только по условиям задач данного пособия, изданного в 2019 году. Замена контрольной работы другой, взятой из аналогичного пособия, но другого года издания, не допускается.
2. Студент должен решить двенадцать задач того варианта, номер которого совпадает с последней цифрой его шифра (номера студенческого билета).
3. Контрольная работа выполняются в электронном виде.
4. Условия задач представляются полностью без сокращений. Задачи нумеруются теми же номерами, которые указаны в контрольном задании.
5. Выполненная контрольная работа размещается в Портфолио студента – автора работы, а бумажный вариант сдается в ЦОКР за месяц до начала сессии, в которой работа защищается.
6. После получения из университета прорецензированной работы студент обязан выполнить все указания рецензента.
7. Если контрольная работа после рецензирования не зачтена, то студент, исправив решения тех задач, которые оказались выполненными неверно, представляет работу на повторную рецензию. При этом все исправления, дополнения, повторные решения задач, вытекающие из требований рецензента, выполняются в этой же тетради на свободных страницах. Если исправления выполняются в отдельной тетради, то эта тетрадь обязательно представляется вместе с не зачтенной работой.
8. Если контрольная работа зачтена, но рецензентом указано на необходимость внести какие-либо дополнения, пояснения или исправления в решения задач, то все они должны быть выполнены до экзамена.
9. Экзаменатору предъявляются зачтенные контрольные работы, по которым студент должен быть готов дать пояснения по существу решения задач.
10. Срок действия зачтенной контрольной работы при несданном экзамене – два года.

При решении задач рекомендуется следующее:

1. После слова "дано" выписать все величины с их числовыми значениями, которые будут использованы в процессе решения задачи. Числовые значения, исключая те случаи, когда определяются безразмерные отношения, тут же переводить в систему СИ, проставляя рядом соответствующие наименования. После слова "найти”/"определить” выписать все искомые величины.

2. Указать те основные законы и формулы, на которых базируется решение данной задачи, и привести их словесную формулировку. Разъяснить смысл буквенных обозначений, входящих в исходную формулу. Если такая формула является частным случаем фундаментального закона, то ее необходимо вывести из этого закона.

3. Изобразить схему (чертеж/график), поясняющую содержание задачи (в тех случа-

ях, когда это возможно). Выполнить ее надо аккуратно, при помощи карандаша, циркуля, линейки, лекал. На схеме должны указываться обозначения всех величин, которые используются в расчетных формулах.

4. Каждый этап решения задачи сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.

5. Физические задачи весьма разнообразны, и дать единый рецепт их решения невозможно. Однако, как правило, физические задачи следует решать в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи, и взятых из таблицы. При этом не производятся вычисления промежуточных величин.

6. Подставить в рабочую формулу только наименования заданных величин, выраженных в единицах СИ, и, путем упрощающих действий с ними, убедиться в правильности наименования искомой величины.

7. Подставить в рабочую формулу числовые значения, выраженные в единицах одной системы, рекомендуется - в СИ. Несоблюдение этого правила приводит к неверному результату.

8. Произвести расчетные действия с величинами, подставленными в рабочую формулу, записать в ответе числовое значение и сокращенное наименование единиц измерения искомой величины.

9. При подстановке в рабочую формулу, а также при выражении ответа числовые значения величин записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на десять в соответствующей степени. Например, вместо 3520 надо записать $3{,}52 \cdot 10^3$, вместо 0,00129 записать $1{,}29 \cdot 10^{-3}$ и т.д. Рекомендуемая запись числовых значений облегчает расчетные действия с ними, является более компактной и наглядной.

10. Оценить правдоподобность числового ответа. В ряде случаев такая оценка помогает своевременно обнаружить ошибочность полученного результата и устранить ее. Например, коэффициент полезного действия тепловой машины не может быть больше единицы, электрический заряд не бывает меньше электронного заряда $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл, скорость тела не может превзойти скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с и т.д.

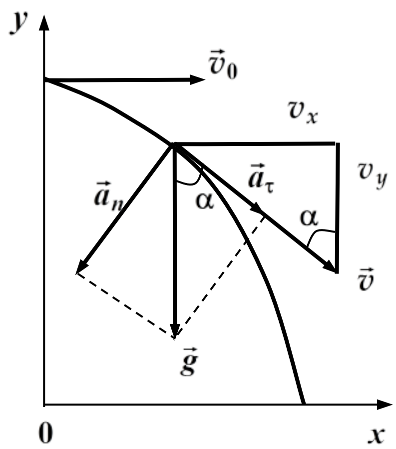
Примеры решения задач

Задача 1. С вышки брошен камень в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с. Определить скорость, тангенциальное и нормальное ускорения движения через 2 с после его начала. Сопротивление воздуха не учитывать.

Дано:
v_0 = 10 м/с
t = 2 с
g = 10 м/с^2

Определить:
v ; a_τ; a_n — ?

Решение



Камень, брошенный горизонтально, будет двигаться вдоль оси **0*x*** равномерно со скоростью $v_x = v_0$, а вдоль оси **0*y*** – с постоянным ускорением свободного падения $a = g$. При этом скорость вдоль оси **0*y*** определяется соотношением $v_y = at = gt$. Результирующая скорость движения камня в момент времени ***t*** находится по теореме Пифагора:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}\ .$$

Представим ускорение $\vec{a} = \vec{g}$ в момент времени ***t*** нормальной a_n и тангенциальной a_τ составляющими. Как видно из рисунка:

$$a_n = g \cdot \sin\alpha\,;\ a_\tau = g \cdot \cos\alpha\,.$$

Учитывая, что отмеченные на рисунке углы α равны как накрест лежащие, выразим из треугольника скоростей тригонометрические функции:

$$\sin\alpha = \frac{v_x}{v}\,;\ \cos\alpha = \frac{v_y}{v}.$$

Тогда

$$a_n = g \cdot \frac{v_x}{v};\ a_\tau = g \cdot \frac{v_y}{v}.$$

Вычисления:

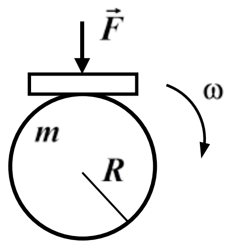
$$v_y = 10 \cdot 2 = 20\ \text{(м/с)};\ v = \sqrt{10^2 + 20^2} = 22{,}4\ \text{(м/с)};$$

$$a_n = 10 \cdot \frac{10}{22{,}4} = 4{,}46\ \text{(м/с}^2\text{)};\ a_\tau = 10 \cdot \frac{20}{22{,}4} = 8{,}93\ \text{(м/с}^2\text{)}.$$

Ответ: $v = 22{,}4$ (м/с); $a_n = 4{,}46$ (м/с^2); $a_\tau = 8{,}93$ (м/с^2).

Задача 2. Диск массой 50 кг и радиусом 25 см вращается вокруг неподвижной оси, проходящей перпендикулярно плоскости диска через его центр, делая 8 об/с. К ободу диска прижали тормозную колодку с силой 40 Н, под действием которой диск остановился через 10 с. Определить коэффициент трения.

Решение



Дано:
m = 50 кг
R = 25 см = 0,25 м
n = 8 об/с = 8 с$^{-1}$
F = 40 Н
t = 10 с

Определить:
μ — ?

Согласно второму закону Ньютона для вращательного движения

$$M = I\beta .$$

Здесь $M = F_{mp}R$ — момент силы трения, которая связана с нормальной прижимающей колодку силой F соотношением:

$$F_{mp} = \mu F .$$

С учетом момента инерции диска $I = \frac{1}{2}mR^2$ второй закон Ньютона принимает вид

$$\mu F \cdot R = \frac{1}{2}mR^2 \cdot \beta .$$

Величина углового ускорения определяется формулой

$$\beta = \frac{\omega}{t} = \frac{2\pi n}{t} .$$

Таким образом, коэффициент трения

$$\mu = \frac{mR \cdot}{2F}\frac{2\pi n}{t} = \frac{\pi n \cdot mR}{F \cdot t} .$$

Проверим размерность:

$$[\mu] = \frac{кг \cdot м}{c \cdot H \cdot c} = \frac{кг \cdot м \cdot c^2}{кг \cdot м \cdot c^2} = \text{ безразмерная величина.}$$

Вычисления:

$$\mu = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 50 \cdot 0,25}{40 \cdot 10} = 0,785 .$$

Ответ: $\mu = 0,785$.

Задача 3. Какую работу надо совершить, чтобы покоящийся шар массой 5 кг покатился по горизонтальному столу без проскальзывания со скоростью 1 м/с?

Дано:
m = 5 кг
v = 1 м/с

Определить:
A — ?

Решение

Согласно теореме о кинетической энергии работа численно равна изменению кинетической энергии

$$A = E_2 - E_1.$$

Так как начальная кинетическая энергия E_1 = 0, то работа численно равна конечной кинетической энергии, складывающейся из энергии поступательного и вращательного движения:

$$A = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}.$$

Учитывая момент инерции шара $I = \frac{2}{5}mR^2$, где m — его масса, R — радиус и связь угловой и линейной скоростей $\omega = v / R$, получаем:

$$A = \frac{mv^2}{2} + \frac{2mR^2v^2}{2\cdot 5\cdot R^2} = \frac{7}{10}mv^2.$$

Вычисления:

$$A = \frac{7\cdot 5\cdot 1}{10} = 3{,}5 \text{ (Дж).}$$

Ответ: A = 3,5 Дж.

Задача 4. Определить изменение потенциальной и кинетической энергии заряда q = 10^{-9} Кл при его движении под действием поля точечного заряда Q = 10^{-6} Кл из точки, удаленной на 3 см от этого заряда, в точку, отстающую на 10 см от него?

Дано:
q = 10^{-9} Кл
Q = 10^{-6} Кл
r_1 =0,03 м
r_2 = 0,1 м

Найти:
S — ?

Решение

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда q из первой точки во вторую определяется соотношением

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Учитывая, что потенциал поля точечного заряда Q на расстоянии r от него

$$\varphi = k\cdot\frac{Q}{r},$$

где $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot 10^9 \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ — коэффициент в СИ, получаем:

$$A = k\cdot\frac{Q\cdot q}{r_1} - k\cdot\frac{Q\cdot q}{r_2} = k\cdot Q\cdot q\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right).$$

Вычисления:

$$A = 9\cdot 10^9\cdot 10^{-6}\cdot 10^{-9}\left(\frac{1}{0{,}03} - \frac{1}{0{,}1}\right) = 2{,}1\cdot 10^{-4}\ (\text{Дж}).$$

Работа сил электростатического поля положительная. Учитывая связь работы и потенциальной энергии

$$A = -\Delta W,$$

можно заключить, что потенциальная энергия уменьшается. $\Delta W = -A = -2{,}1\cdot 10^{-4}$ Дж.
Согласно теореме о кинетической энергии

$$A = \Delta E_к.$$

Следовательно, за счет работы сил электростатического поля кинетическая энергия перемещаемого заряда возрастает.

Ответ: $A = 0{,}21$ мДж; $\Delta W = -0{,}21$ мДж; $\Delta E_к = 0{,}21$ мДж.

Задача 5. Электрическое сопротивление R некоторого участка проводника длиной $l = 0{,}6$ м и сечением $S = 1{,}5$ мм^2 составило 1,12 Ом. Определить тепловую удельную мощность, выделяемую на участке с напряженностью электрического поля $E = 0{,}56$ В/м. Предполагая поле однородным, вычислить количество теплоты, выделяемое в проводнике за 15 с.

Дано:
$l = 0{,}6$ м
$S = 1{,}5$ мм^2 $= 1{,}5\cdot 10^{-6}$м^2
$R = 1{,}12$ Ом
$E = 0{,}56$ В/м
$t = 15$ с
Найти:
w - ?
Q - ?

Решение

Удельная тепловая мощность тока — это количество теплоты, выделяющееся за единицу времени в единице объема проводника

$$w = \gamma\cdot E^2.$$

Удельная электрическая проводимость γ связана с удельным сопротивлением проводника ρ:

$$\gamma = \frac{1}{\rho},$$

которое в свою очередь входит в формулу сопротивления:

$$R = \rho\frac{l}{S}.$$

Таким образом, $\gamma = \dfrac{l}{R\cdot S}$ и, следовательно,

$$w = \frac{l}{R\cdot S}\cdot E^2.$$

Количество теплоты, выделяемое в проводнике, определим по закону Джоуля – Ленца:

$$Q = \frac{U^2}{R} t .$$

Напряжение U найдем, воспользовавшись формулой его связи с модулем вектора напряженности

$$E = \frac{U}{l} \Rightarrow \quad U = E \cdot l .$$

Окончательно имеем:

$$Q = \frac{E^2 \cdot l^2}{R} t .$$

Проверим правильность единиц измерения:

$$\mathrm{w} = \frac{\text{м} \cdot \text{В}^2}{\text{м}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{А} \cdot \text{В}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} .$$

$$\mathrm{Q} = \frac{\text{В}^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}}{\text{м}^2 \cdot \text{Ом}} = \text{А} \cdot \text{В} \cdot \text{с} = \text{Дж} .$$

Вычисления:

$$w = \frac{0{,}6 \cdot 0{,}56 \cdot 0{,}56}{1{,}12 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-6}} = 11{,}2 \cdot 10^4 \ (\text{Вт/м}^3);$$

$$Q = \frac{E^2 \cdot l^2}{R} t = \frac{0{,}56 \cdot 0{,}56 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}6 \cdot 15}{1{,}12} = 1{,}51 \ (\text{Дж}).$$

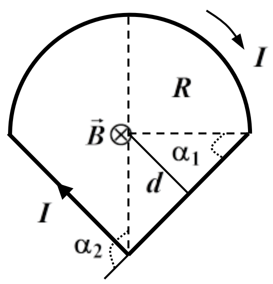
Ответ: w = 0,1 мВт/м^3; Q = 1,5 (Дж).

Задача 6. Контур с током представляет петлю, одна часть которой – полуокружность радиусом 16 см, замыкающая две стороны квадрата, диагональ которого совпадает с ее диаметром. Найти магнитную индукцию в центре такой петли, если по ней протекает ток 32 А.

Дано:
R = 16 см = $16 \cdot 10^{-2}$ м
I = 32 А
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м

Найти:
$\vec{B}$ — ?

Решение



В центре петли магнитное поле создается тремя проводниками с током, представляющими собой две стороны квадрата и полуокружность. Магнитная индукция результирующего поля согласно принципу суперпозиции $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$. Все векторы $\vec{B}_i$ в соответствие с правилом буравчика направлены одинаково, перпендикулярно плоскости рисунка от наблюдателя. Поэтому сложение векторов $\vec{B}_i$ сводится к сложению их модулей.

Магнитная индукция B_1 полуокружности радиуса равна половине индукции магнитного поля, создаваемого в центре кругового витка с током силой I:

$$B_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{I}{R}.$$

Каждый проводник с током, являющийся стороной квадрата, создает в его центре магнитное поле с индукцией $B_2 = B_3 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{d}(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)$. Следовательно,

$$B_{23} = 2 \cdot B_2 = \frac{2 \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{d}(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2),$$

где, как следует из рисунка, $\alpha_1 = 45^0$, $\alpha_2 = 135^0$, $d = R \cdot cos\,\alpha_1$. Учитывая также, что $-\cos\alpha_2 = \cos\alpha_1$, получаем:

$$B_{23} = \frac{2 \cdot \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R \cdot \cos\alpha_1} 2\cos\alpha_1 = \frac{\mu_0}{\pi} \cdot \frac{I}{R}.$$

Таким образом, результирующая индукция магнитного поля в центре петли

$$B = \frac{\mu_0}{4} \cdot \frac{I}{R} + \frac{\mu_0}{\pi} \cdot \frac{I}{R} = \frac{\mu_0 \cdot I}{R}\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{\pi}\right).$$

Вычисления:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{R}\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{\pi}\right) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 32}{0{,}16}(0{,}25 + 0{,}32) = 1{,}43 \cdot 10^{-4} \text{ (Тл).}$$

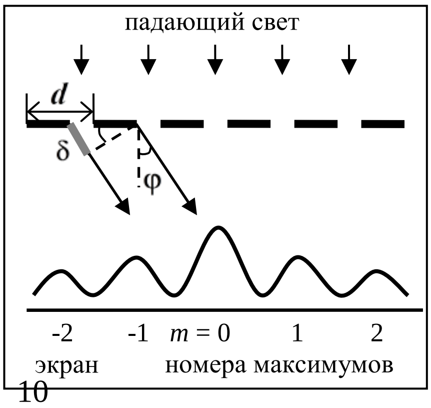
Ответ: B = $1{,}43 \cdot 10^{-4}$ Тл.

***Задача** 7*. Дифракционная решетка содержит N^* = 200 штрихов на каждый миллиметр ее длины L = 1,2 см. На решетку падает нормально свет с длиной волны λ = 0,56 мкм. Под какими углами к оптической оси прибора могут наблюдаться два первых главных максимума? Найти наибольшее значение m порядка главных максимумов в спектре первого порядка решетки.

Решение.

Дано:
$N^* = 200$ мм$^{-1}$
$L = 1{,}2$ см $= 1{,}2 \cdot 10^{-2}$ м
$\lambda = 0{,}56$ мкм $= 5{,}6 \cdot 10^{-7}$ м

Найти:
φ_1; φ_2; m — ?



Поскольку каждый миллиметр дифракционной решетки содержит $\boldsymbol{N^* = 200}$ штрихов, то период решетки:

$$d = \frac{10^{-3}}{N^*} = \frac{10^{-3}}{200} = 5 \cdot 10^{-6} \,(\text{м}).$$

Условие главных дифракционных максимумов имеет вид:

$$d \sin\varphi = m\lambda \,,$$

где φ — угол дифракции; m = 0,1,2,… — порядок максимума. Откуда получаем:

$$\sin\varphi = \frac{m\lambda}{d} \Rightarrow \quad \varphi = \arcsin\frac{m\lambda}{d}\,.$$

Из условия главных дифракционных максимумов выразим порядок максимума:

$$m = \frac{d \sin\varphi}{\lambda}\,.$$

Наибольшее значение порядка m главных максимумов в спектре первого порядка решетки будет наблюдать при условии, что $\sin\varphi = 1$, т.е.

$$m = \frac{d}{\lambda}\,.$$

Вычисления:

при m = 1 — $\varphi_1 = \arcsin\frac{1 \cdot 0,56 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6}} = \arcsin 0,112 \approx 6,5^0$,

при m = 2 — $\varphi_2 = \arcsin\frac{2 \cdot 0,56 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6}} = \arcsin 0,224 \approx 13^0$.

$$m = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{0,56 \cdot 10^{-6}} = 8,93 = 8\,.$$

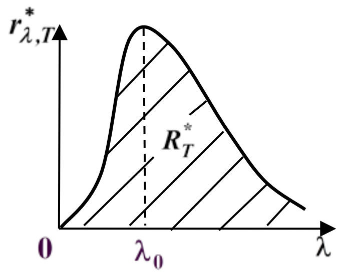
Ответ: $\varphi_1 = 6,5^0$; $\varphi_2 = 13^0$; $m = 8$.

Задача 8. Поток излучение абсолютно черного тела $\Phi_Э$ = 1 кВт, максимум энергии излучения приходится на длину волны λ_0 = 1,45 мкм. Определить площадь S излучаемой поверхности.

Решение

Дано:
$\Phi_Э$ = 1 кВт = 10^3 Вт
λ_0 = 1,45 мкм = $1{,}45 \cdot 10^{-6}$ м

Определить:
S — ?



Для потока излучения справедливо выражение:

$$\Phi_Э = R_T^* \cdot S.$$

Отсюда выразим площадь излучаемой поверхности

$$S = \frac{\Phi_Э}{R_T^*}.$$

Энергетическая светимость R_T^* абсолютно черного тела в соответствии с законом Стефана – Больцмана пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры и выражается формулой:

$$R_T^* = \sigma \cdot T^4,$$

где $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\ Вт\big/\left(м^2 K^4\right)$ — постоянная Стефана – Больцмана. Температуру вычислим с помощью закона смещения Вина:

$$\lambda_0 = \frac{b}{T} \Rightarrow \quad T = \frac{b}{\lambda_0},$$

где $b = 2{,}9 \cdot 10^{-3}\, м \cdot K$ — постоянная Вина.

Таким образом, площадь поверхности излучения тела

$$S = \frac{\Phi_Э}{\sigma \cdot T^4} = \frac{\Phi_Э \cdot \lambda_0^4}{\sigma \cdot b^4}.$$

Проверим наименование результата:

$$S = \frac{Вт \cdot м^4 \cdot м^2 \cdot K^4}{Вт \cdot м^4 \cdot K^4} = \text{м}^2.$$

Вычисления:

$$S = \frac{10^3 \cdot \left(1{,}45 \cdot 10^{-6}\right)^4}{5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot \left(2{,}9 \cdot 10^{-3}\right)^4} = 0{,}0011\, м^2 = 1{,}1 \cdot 10^{-3}\,(\text{м}^2).$$

Ответ: $S = 1{,}1 \cdot 10^{-3}$ м^2.

Задача 9. Поток энергии, излучаемый электрической лампой, $\Phi_Э$ = 600 Вт. На расстоянии r = 1,2 м от лампы перпендикулярно падающим лучам расположено круглое плоское зеркальце диаметром d = 2 см. Определить силу светового давления, рассматривая лампу как изотропный излучатель.

Дано:
$\Phi_Э$ = 600 Вт
r = 1,2 м
d = 12 см = 0,12 м
c = $3\cdot10^8$ м/с

Определить:
F — ?

Решение

Поток излучения на расстоянии r от источника света

$$\Phi_Э = W \cdot S_r ,$$

где $S_r = 4\pi r^2$ — площадь сферы. Отсюда следует, что энергия, падающая на единицу площади поверхности в единицу времени

$$W = \frac{\Phi_Э}{S_r} = \frac{\Phi_Э}{4\pi r^2} .$$

Разделив представленное выражение на скорость света $\boldsymbol{c}$, получим объемную плотность энергии излучения:

$$w = \frac{W}{c} = \frac{\Phi_Э}{4\pi r^2 \cdot c} .$$

Давление, производимое светом при нормальном падении на поверхность

$$p = w \cdot (1+\rho) .$$

Учитывая, что для зеркальной поверхности коэффициент отражения $\rho = 1$, получаем:

$$p = 2 \cdot w = \frac{\Phi_Э}{2\pi r^2 \cdot c} .$$

Так как площадь поверхности зеркала

$$S = \frac{\pi d^2}{4} ,$$

то сила светового давления

$$F = p \cdot S = \frac{\Phi_Э}{2\pi r^2 \cdot c} \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\Phi_Э \cdot d^2}{8 \cdot c \cdot r^2} .$$

Проверим наименование результата:

$$[\mathrm{F}] = \frac{\Phi_Э \cdot \mathrm{d}^2}{8 \cdot \mathrm{c} \cdot \mathrm{r}^2} = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}}{\text{м} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{Н} .$$

Вычисления:

$$F = \frac{600 \cdot \left(1,2 \cdot 10^{-1}\right)^2}{8 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \left(1,2\right)^2} = 2,5 \cdot 10^{-9}\ (\text{Н}).$$

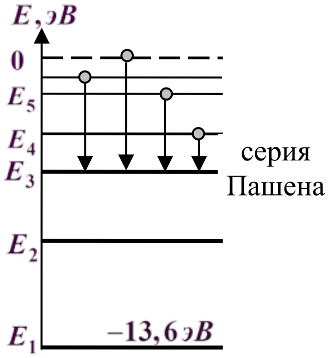
Ответ: $F = 2,5 \cdot 10^{-9}$ Н.

Задача 10. Определить максимальную энергию E_{max} фотона серии Пашена в спектре излучения атомарного водорода. Найти наибольшую λ_{max} и наименьшую λ_{min} длины волн в спектре излучения.

Решение

Дано:

Определить:
E_{max} — ?
λ_{max} — ?
λ_{min} — ?



Излучения атома водорода происходит при переходе электрона с более высокого энергетического уровня на более низкий. Серия Пашена обусловлена переходами на третий энергетический уровень и соответствует инфракрасной области спектра. Энергия $E = h\nu$ фотона определяется по формуле:

$$h\nu = E_k - E_n = Rh\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right).$$

Здесь указан переход с энергетического уровня k на уровень n. Энергия электрона $E_k > E_n$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ *Дж·с* — постоянная Планка, $R = 3,29 \cdot 10^{15} c^{-1}$ — постоянная Ридберга, ν — частота излучения.

Излученный фотон серии Пашена имеет максимальную энергию E_{max} при переходе электрона с уровня $k = \infty$ на уровень n = 3, то есть

$$E_{max} = Rh\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty}\right).$$

Так как частота и длина волны фотона связаны соотношением

$$\nu = \frac{c}{\lambda},$$

то формула для определения энергии фотона преобразуется в выражение

$$\frac{c}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right), \text{ или } \frac{1}{\lambda} = R'\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right).$$

Здесь $R' = 1{,}10 \cdot 10^7 \, м^{-1}$ — постоянная Ридберга. Откуда следует, что для серии Пашена

$$\frac{1}{\lambda_{max}} = R'\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) \Rightarrow \quad \lambda_{max} = \frac{1}{R'\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right)};$$

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R'\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty}\right) \Rightarrow \quad \lambda_{\min} = \frac{9}{R'}.$$

Вычисления:

$$E_{\max} = 3,29 \cdot 10^{15} \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{1}{9} = 2,42 \cdot 10^{-19}\ \textit{Дж} = 1,51\ \textit{эВ};$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{1{,}1 \cdot 10^{7}\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right)} = 1{,}87 \cdot 10^{-6}\ \textit{м} = 1{,}9\ \textit{мкм};\ \lambda_{\min} = \frac{9}{1{,}1 \cdot 10^{7}} = 8{,}18 \cdot 10^{-7}\ \textit{м} = 0{,}82\ \textit{мкм}.$$

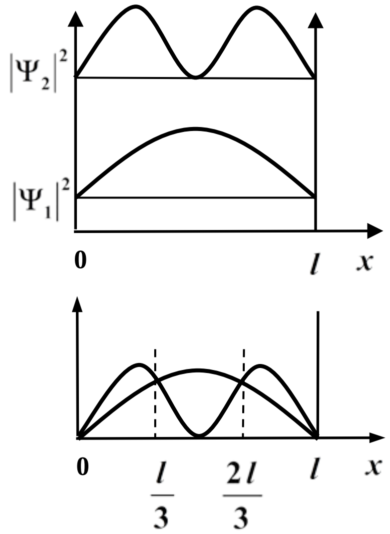
Ответ: $E_{\max}$ = 1,51 эВ; $\lambda_{\max}$ = 1,9 мкм; $\lambda_{\min}$ = 0,82 мкм.

Задача 11. Электрон находится в потенциальном ящике шириной l. В каких точках в интервале ($0 < x < l$) плотность вероятности нахождения электрона на первом и втором энергетическом уровнях одинакова? Вычислить значение плотности вероятности для этих точек. Решение пояснить графиком.

Решение

Дано:
l
$0 < x < l$
$|\psi_1|^2 = |\psi_2|^2$.

Определить:
x; $|\psi(x)|^2$ — ?



Собственные функции электрона в потенциальном ящике имеют вид:

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \cdot \sin\frac{n\pi}{l}x,$$

где l — ширина ящика; n — номер энергетического уровня. По условию задачи плотности вероятности $|\psi_1|^2$ и $|\psi_2|^2$ одинаковы:

$$|\psi_1|^2 = |\psi_2|^2 \Rightarrow \quad \frac{2}{l} \cdot \sin^2\frac{\pi}{l}x = \frac{2}{l} \cdot \sin^2\frac{2\pi}{l}x.$$

Откуда следует:

$$\sin^2\frac{\pi}{l}x = \sin^2\frac{2\pi}{l}x \Rightarrow \quad \sin^2\frac{2\pi}{l}x - \sin^2\frac{\pi}{l}x = 0.$$

Или

$$\left(\sin\frac{2\pi}{l}x-\sin\frac{\pi}{l}x\right)\cdot\left(\sin\frac{2\pi}{l}x+\sin\frac{\pi}{l}x\right)=0.$$

Воспользовавшись известными преобразованиями тригонометрических выражений в произведение, получим для каждой скобки:

$$\sin\frac{2\pi}{l}x+\sin\frac{\pi}{l}x=2\sin\frac{3\pi}{2l}x\cdot\cos\frac{\pi}{2l}x=0;$$
$$\sin\frac{2\pi}{l}x-\sin\frac{\pi}{l}x=2\cos\frac{3\pi}{2l}x\cdot\sin\frac{\pi}{2l}x=0.$$

Представим решения, удовлетворяющие условие задачи ($0 < x < l$), то есть координаты точек лежащие внутри заданного интервала.

Первое уравнение рано нулю при $\sin\frac{3\pi}{2l}x=0\Rightarrow\quad\frac{3\pi}{2l}x=\pi\Rightarrow\quad x_1=\frac{2}{3}l$.

Второе уравнение рано нулю при $\cos\frac{3\pi}{2l}x=\frac{\pi}{2}\Rightarrow\quad\frac{3\pi}{2l}x=\frac{\pi}{2}\Rightarrow\quad x_2=\frac{1}{3}l$.

Значение плотности вероятности для этих точек

$$|\psi|^2=\frac{2}{l}\cdot\sin^2\left(\frac{\pi}{l}\cdot\frac{l}{3}\right)=\frac{2}{l}\cdot\frac{3}{4}=\frac{3}{2l}.$$

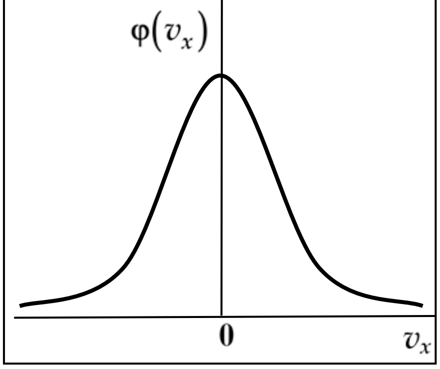
Ответ: $x_1=\frac{2}{3}l$; $x_2=\frac{1}{3}l$; $|\psi|^2=\frac{3}{2l}$.

Задача 12.

432*. Исходя из одномерного распределения Максвелла по скоростям $\varphi(v_x)$, получить выражение распределения частиц по проекциям импульса $\varphi(\boldsymbol{p}_x)$. Найти среднее значение модуля импульса $|\boldsymbol{p}_x|$ для молекул хлористого водорода при ***300 К***.

Дано:
HCl
$\varphi(v_x)$
$T = 300$ К
М = 0,036 кг/моль
$N_A = 6{,}02\cdot10^{23}$ $моль^{-1}$;
$k = 1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К.
Найти:
$\varphi(p_x)$ — ?; $|p_x|$ — ?.

Решение.



Функция распределения Максвелла для x-компоненты скорости имеет вид:

$$\varphi(v_x)=\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{1}{2}}\exp\left(-\frac{mv_x^2}{2kT}\right)$$

где m — масса молекулы;
k — постоянная Больцмана;
T — абсолютная температура

Функция $\varphi(v_x)$ — это четная функция, нормированная на единицу и монотонно убывающая с ростом модуля проекции скорости v_x. Функция $\varphi(v_x)$ имеет смысл вероятности нахождения проекции скорости в заданном скоростном интервале от v_x до $v_x + dv_x$, отнесенной к величине этого интервала, то есть плотности вероятности:

$$\varphi(v_x) = \frac{dN}{Ndv_x}.$$

Откуда следует, что число частиц $\boldsymbol{dN}$, скорости которых лежат в интервале от v_x до $v_x + dv_x$:

$$dN = N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{mv_x^2}{2kT}\right)dv_x .$$

Перейдем к новым переменным. Учитывая, что импульс частицы $p_x = m \cdot v_x$ и $dp_x = m \cdot dv_x \Rightarrow \; dv_x = dp_x / m$, имеем:

$$dN = N\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{p_x^2}{2kmT}\right)\frac{dp_x}{m} = N\left(\frac{1}{2\pi kmT}\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{p_x^2}{2kmT}\right)dp_x .$$

Откуда следует, что распределения частиц по проекциям импульса

$$\varphi(p_x) = \left(\frac{1}{2\pi kmT}\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{p_x^2}{2kmT}\right).$$

Среднее значение модуля импульса $|\boldsymbol{p_x}|$ для молекул найдем, используя $\varphi(p_x)$: $\langle |p_x| \rangle = 2 \cdot \int\limits_0^\infty p_x \cdot \varphi(p_x) \cdot dp_x = \left(\frac{4}{2\pi kmT}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \int\limits_0^\infty p_x \cdot \exp\left(-\frac{p_x^2}{2kmT}\right) \cdot dp_x$. Проведем замену переменных, обозначив $y = \frac{p_x^2}{2mkT}$, следовательно, $dy = \frac{2 \cdot p_x \cdot dp_x}{2mkT} \Rightarrow \quad p_x \cdot dp_x = mkT \cdot dy$. Тогда

$$\langle |p_x| \rangle = \left(\frac{2}{\pi mkT}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \int\limits_0^\infty \exp(-y) \cdot mkT \cdot dy = \left(\frac{2mkT}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \int\limits_0^\infty e^{-y} \cdot dy = \left(\frac{2mkT}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(-e^{-y}\right)\Big|_0^\infty = \sqrt{\frac{2mkT}{\pi}} .$$

Учитывая, что молярная масса $M = m \cdot N_A$, окончательно получаем:

$$\langle |p_x| \rangle = \sqrt{\frac{2MkT}{\pi \cdot N_A}} .$$

Вычисления:

$$\langle |p_x| \rangle = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,036 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{\pi \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}} = 1,26 \cdot 10^{-23} \; \frac{кг \cdot м}{с} .$$

Ответ: $\langle |p_x| \rangle = 1,26 \cdot 10^{-23} \; \frac{кг \cdot м}{с}$.

Задания контрольной работы

Студент должен решить двенадцать задач того варианта, номер которого совпадает с последней цифрой его шифра (номера студенческого билета). Решение задач, отмеченных звездочкой, обязательно сопровождать рисунками.

№ варианта	№/№ задач										
0	130	140	150	210*	220*	260*	310*	320*	330	340*	410*	420*
1	121	131	141	201*	211*	251*	301*	311*	321	331*	401*	411*
2	122	132	142	202*	212*	252*	302*	312*	322	332*	402*	412*
3	123	133	143	203*	213*	253*	303*	313*	323	333*	403*	413*
4	124	134	144	204*	214*	254*	304*	314*	324	334*	404*	414*
5	125	135	145	205*	215*	255*	305*	315*	325	335*	405*	415*
6	126	136	146	206*	216*	256*	306*	316*	326	336*	406*	416*
7	127	137	147	207*	217*	257*	307*	317*	327	337*	407*	417*
8	128	138	148	208*	218*	258*	308*	318*	328	338*	408*	418*
9	129	139	149	209*	219*	259*	309*	319*	329	339*	409*	419*

ПРИМЕЧАНИЕ:

В задачах 211* - 220* необходимо:

а) Найти значения векторов напряженности электрического поля и электрического смещения **E** и **D** как функцию расстояния r, отсчитываемого от центра или оси симметрии, для случаев, указываемых в каждой конкретной задаче.

б) Графики $E=f_1(r)$ и $D=f_2(r)$ расположить на одном чертеже.

в) Вычислить разность потенциалов между двумя точками, указанными в каждой конкретной задаче.

121*. Платформа в виде горизонтально расположенного диска может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы. На платформе находится человек, которого в условии задачи можно рассматривать как материальную точку. Расходом энергии на преодоление сил трения пренебречь. Человек массой 60 кг стоит на краю платформы массой 120 кг, делающей 3 об/мин. Сколько оборотов в минуту будет делать платформа, если человек перейдет на середину между краем и центром платформы?

122*. Начало условия смотрите в задаче 121. Человек массой 60 кг стоит на краю платформы массой 100 кг, делающей 5 об/мин. Сколько оборотов в минуту будет делать платформа, если человек перейдет в центр платформы?

123*. Начало условия смотрите в задаче 121. Человек массой 70 кг стоит на неподвижной платформе массой 100 кг. Человек обходит платформу вдоль ее края и останавливается в той точке платформы, от которой начал обход. На какой угол (в градусах) повернулась платформа?

124*. Начало условия смотрите в задаче 121. Человек массой 60 кг стоит на краю неподвижной платформы. С какой скоростью (относительно платформы) должен пойти человек вдоль края платформы, чтобы она начала вращаться со скоростью, соответствующей 3,0 об/мин? Масса платформы 120 кг, ее радиус 2,0 м.

125*. Начало условия смотрите в задаче 121. Человек массой 75 кг стоит на краю платформы, делающей 3 об/мин. С какой скоростью должен идти человек вдоль края платформы, чтобы его скорость относительно Земли стала равной нулю? Масса платформы 100 кг, ее радиус 1,6 м.

126*. Человек стоит на скамье Жуковского и ловит рукой мяч массой 0,4 кг, летящий горизонтально со скоростью 20 м/с. Траектория мяча проходит на расстоянии 0,8 м от вертикальной оси вращения скамьи. С какой угловой скоростью начнет вращаться скамья с человеком, если суммарный момент инерции человека и скамьи равен 6 кг*м^2?

127*. Человек, стоя на скамье Жуковского, ловит рукой мяч, летящий горизонтально со скоростью 16 м/сна расстоянии 0,7 м от вертикальной оси вращения скамьи. Найти массу мяча, если суммарный момент инерции скамьи с человеком равен 6 кг*м^2, а угловая скорость вращения скамьи равна 1 рад/с.

128*. Начало условия смотрите в задаче 121. Человек сидит на неподвижной платформе и держит в руках над головой конец шнура, к другому концу которого привязан груз массой 2 кг. Найти период, с которым будет вращаться платформа с человеком, если человек приведет во вращение шнур с грузом, который, делая 1 оборот в секунду, будет описывать в горизонтальной плоскости окружность радиусом 2 м. Момент инерции платформы с человеком равен 10 кг*м^2. Массой шнура и силами трения пренебречь.

129*. Начало условия смотрите в задаче 121.Человек массой 60 кг стоит на краю платформы радиусом 2 м и массой 150 кг. Найти угловую скорость, с которой будет вращаться платформа, если человек пойдет вдоль ее края со скоростью 1 м/с относительно платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

130. В центр деревянного шара радиусом 7 см, лежащего на столе, попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 350 м/с, и застревает в нем. Найти массу шара, если он после удара покатится без скольжения с угловой скоростью 22 рад/с.

131*. Снаряд массой 10 кг, летевший со скоростью 200 м/с, разорвался на две части. Меньшая часть массой 3 кг получила скорость 400 м/с в прежнем направлении. Найти скорость после разрыва второй части снаряда.

132*. Снаряд летит с горизонтальной скоростью 600 м/с и разрывается на два осколка. Один из осколков большей массы падает по вертикали, а другой массой в два раза меньше первого, движется после разрыва под углом 60° к горизонту. Какова скорость второго осколка?

133*. Снаряд, летящий горизонтально со скоростью 120 м/с, разрывается на две равные части на высоте 80 м. Одна часть падает через 2 секунды на землю точно под местом взрыва. Определить величину и направление скорости второй части снаряда сразу после взрыва.

134*. Определить, на какую высоту поднимется мяч массой 100 г, если он падает на пол под углом α=30°к горизонту и упруго отскакивает без потери скорости при условии, что изменение импульса мяча равно 0,7 кг*м/с.

135. Тело массой 5 кг ударяется о неподвижное тело массой 2,5 кг. Кинетическая энергия системы этих двух тел непосредственно после удара равна 5 Дж. Считая удар центральным и неупругим, найти кинетическую энергию первого тела до удара.

136. Тело массой 3 кг движется со скоростью 4 м/с и ударяется о неподвижное тело массой 5 кг. Считая удар центральным и неупругим, найти количество тепла, выделившееся при ударе.

137*. Два груза массами m_1=20кг и m_2=10кг подвешены на нитях длиной 2 м так, что грузы соприкасаются. Меньший груз отклонен на угол α= 60° и отпущен. На какую высоту поднимутся оба груза после неупругого удара?

138*. Человек массой 60 кг, стоявший на носу лодки, переходит на ее корму. На какое расстояние сдвинется лодка? Масса лодки 120кг, длина её 3 м. Сопротивлением воды пренебречь.

139*. Снаряд, летящий горизонтально со скоростью 100 м/с, разрывается на две равные части. Одна из них непосредственно после разрыва имеет скорость100м/с, направленную вертикально вверх. Найти величину и направление скорости второй части снаряда.

140*. Мяч массой 40 г падает на пол под углом α= 55° к горизонту и упруго отскакивает без потери скорости. Изменение импульса мяча Δp=0,4 кг*м/с. Определить радиус кривизны в высшей точке траектории мяча (после первого отскакивания).

141. На покоящийся диск с моментом инерции 8,0 кг*м^2 начинает действовать вращающий момент, равный 10 Н*м, в результате чего диск приходит во вращение. Определить работу, совершенную за первые 10 с.

142. Маховик, обладающий кинетической энергией 3,2*10^3 Дж, останавливается под действием тормозящего момента, равного 16 Н*м. Сколько оборотов сделает маховик до полной остановки?

143. Шар массой 0,25 кг катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания со скоростью 4,0 м/с. Определить его полную кинетическую энергию.

144. Шар скатывается без проскальзывания по наклонной плоскости высотой 50 см. Определить скорость шара в конце наклонной плоскости. Потерей энергии на преодоление сил трения пренебречь.

145. Шар массой 2 кг и радиусом 0,1 м вращается со скоростью 2 об/с вокруг оси, проходящей через его центр. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения шара вдвое?

146*. Мяч массой 0,1 кг бросили под углом 30° к горизонту со скоростью 2 м/с. Найти кинетическую энергию мяча в верхней точке его траектории и наибольшее изменение его потенциальной энергии, пренебрегая сопротивлением воздуха.

147*. Со скалы высотой 19,6 м в горизонтальном направлении бросили камень со скоростью 36 км/ч. Определить кинетическую и потенциальную энергию камня через 1,25 с после начала движения. Масса камня 100 г. (Сопротивление воздуха не учитывать.)

148. Определить работу, которую совершают силы гравитационного поля Земли, если тело массой 1 кг упадет на поверхность Земли с высоты, равной радиусу Земли.

149. Найти работу, которую надо совершить, чтобы сжать пружину на 20 см, если известно, что под действием силы 30 Н пружина сжимается на 1 см.

150. По наклонной плоскости высотой 1 м скользит тело массой 1 кг. Длина наклонной плоскости 10 м. Найти кинетическую энергию тела у основания плоскости, если коэффициент трения равен 0,05.

201*. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α. Шарики погружаются в масло плотностью $\rho=8*10^2$ кг/м^8. Какова диэлектрическая проницаемость ε масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материалов шариков $\rho= 1,6*10^3$ кг/м^3.

202*. Тонкое полукольцо радиусом R=10 см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью $\tau=10^{-6}$ Кл/м. В центре кривизны полукольца находится точечный заряд $q = 2*10^{-10}$ Кл. Определить силу взаимодействия точечного заряда и заряженного полукольца.

203*. Заряд с линейной плотностью $\tau=3\ 10^{-6}$ Кл/м равномерно распределен по тонкому полукольцу, в центре кривизны которого находится точечный заряд $q = 5*10^{-11}$ Кл. Сила взаимодействия точечного заряда и заряженного полукольца равна $5*10^{-5}$ Н. Найти радиус полукольца.

204*. Точечный заряд $q=3*10^{-11}$Кл находится в центре кривизны тонкого полукольца радиусом R=5см, равномерно заряженного с линейной плотностью τ. Сила взаимодействия точечного заряда и заряженного полукольца равна $6*10^{-5}$ Н. Определить линейную плотность заряда полукольца τ.

205*. На тонком кольце равномерно распределен заряд с линейной плотностью заряда $\tau=$ 20 нКл/см. Радиус кольца R= 5 см. На перпендикуляре к плоскости кольца, восставленном из его середины, находится точечный заряд q = 40 нКл. Определить силу, действующую на точечный заряд со стороны заряженного кольца, если он удален от центра кольца на: I) a_1= 10 см; 2) a_2= 2 м.

206*. Определить напряженность поля, создаваемого зарядом, равномерно распределенным по тонкому прямому стержню длиной *l*= 10 см, с линейной плотностью заряда τ= 100 нКл/м, в точке, лежащей на продолжении оси стержня на расстоянии a = 10 см от ближайшего конца. Определить также силу, действующую в этой точке на точечный заряд q =10 нКл.

207*. Найти силу взаимодействия между тонкой бесконечной нитью с линейной плотностью заряда τ_1= 0,278 нКл/м и тонким стержнем длиной *l*=17,1 см с линейной плотностью заряда τ_2= 0,4 нКл/м, если их оси взаимно перпендикулярны, а ближайший конец стержня, лежащего в радиальной плоскости, находится в 10 см от нити.

208*. По тонкому кольцу радиусом R= 6 см равномерно распределен зарядQ = 24 нКл. Какова напряженность поля в точке, находящейся на оси кольца на расстоянии a= 18 см от центра кольца? Найти также силу, действующую в этой точке на точечный заряд q= 0,5 нКл.

209*. Одна четвертая часть тонкого кольца радиусом R= 10 см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью $\tau=2*10^{-5}$ Кл/м. В центре кривизны кольца находится точечный заряд $q=5*10^{-10}$ Кл. Определить силу взаимодействия точечного заряда и заряженной части кольца.

210*. Два полубесконечных, тонких равномерно заряженных стержня расположены перпендикулярно друг к другу так, что точка пересечения их осей находится на расстоянии a = 8 см и b = 5 см от ближайших концов стержней. Найти силу, действующую на заряд q = 10 нКл, помещенный в точку пересечения осей стержней, полагая линейную плотность их зарядов одинаковой и равной τ=1,5 нКл/см.

211*. Между двумя бесконечно длинными, коаксиальными и разноименно заряженными цилиндрическими поверхностями малых радиусов R_1 = 4 см и R2 = 10 см находится слой диэлектрика (ε= 3), прилегающего к цилиндрической поверхности большего радиусу R2. Меньший радиус диэлектрического слоя Ro = 7 см. Линейная плотность заряда поверхности радиусом R_1 составляет -3 нКл/м, а внешней поверхности радиусом R_2 - + 3 нКл/м. Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:
1) $r<R_1$; 2) $R_1\leq r\leq R_2$; 3) $r>R_2$.
Вычислить разность потенциалов Δϕ между точками r_1=4 см и r_2= 9 см.

212*. Заряд $2,5*10^{-8}$ Кл равномерно распределен по всему объему однородного сферического диэлектрика (ε= 5) радиусом R= 4,0 Ом. Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:
1)$r\leq R$; 2)$r>R$.
Вычислить разность потенциалов Δϕмежду точками r_1=2см и r_2=9 см.

213*. Два бесконечно длинных цилиндрических проводника, оси которых совпадают, имеют радиусы R_1=5сми R_2 = 15см. Цилиндры заряжены равномерно разноименно с линейной плотностью $2{,}5*10^{-9}$ Кл/м, причем заряд цилиндра меньшего радиуса отрицателен. Все пространство между цилиндрическими поверхностями заполнено однородным диэлектриком (ε= 3,0).

Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:

1)$r<R_1$; 2)$R_1\le r\le R_2$; 3)$r>R_2$.

Вычислить разность потенциалов Δφ между точками r_1 = 2 см и r_2= 14 см.

214*. Точечный заряд q = $1{,}6*10^{-9}$ Кл находится в центре шара радиусом R= 0,04 м из однородного изотропного диэлектрика. Его диэлектрическая проницаемость равна 2,5.

Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:

1) $r<R$; 2) $r>R$.

Вычислить разность потенциалов Δφ между точками r_1 = 2 см и r_2= 8 см.

215*. Сферическая поверхность радиусом R_1 = 30 мм имеет равномерно распределенный заряд $-5*10^{-8}$ Кл. На второй сферической поверхности радиусом R_2 = 40 мм равномерно распределен такой же по величине, но положительный заряд. Центры сферических поверхностей совпадают. Все пространство между сферическими поверхностями заполнено однородным диэлектриком (ε= 5).

Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:

1) $r<R_1$; 2)$R_1\le r\le R_2$; 3) $r>R_2$.

Вычислить разность потенциалов Δφ между точками r_1= 20 мм и r_2= 60 мм.

216*. Между двумя бесконечно длинными, коаксиальными и разноименно заряженными цилиндрическими поверхностями малых радиусов R_1= 4 см и R_2 = 10 см находится слой диэлектрика (ε = 3), прилегающего к цилиндрической поверхности меньшего радиуса R_1. Внешний радиус слоя диэлектрика Ro = 7 см. Линейная плотность заряда поверхности радиусом R_1 составляет +3 нКл/м, внешней поверхности составляет -3 нКл/м.

Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:

1) $r<R_1$; 2)$R_1\le r\le R_2$; 3) $r>R_2$.

Вычислить разность потенциаловΔφмежду точками r_1 = 4 см и r_2 = 9 см.

217*. Заряд q = $-5*10^{-7}$ Кл равномерно распределен по всему объему однородного сферического диэлектрика (ε = 3) радиусом R = 5,0 см.

Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:

1) $r\le R$; 2) $r>R$.

Вычислить разность потенциалов Δφ между точками r_1 =1см и r_2= 8 см.

218*. Два бесконечно длинных цилиндрических проводника, оси которых совпадают, имеют радиусы R_1 = 6 см и R_2 = 18 см. Цилиндры заряжены равномерно и разноименно с линейной плотностью $5*10^{-8}$ Кл/м, причем заряд цилиндра меньшего радиуса положителен. Все пространство между цилиндрическими поверхностями заполнено однородным диэлектриком (ε = 5,0).

Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:

1) $r<R_1$; 2)$R_1 \le r \le R_2$; 3) $r>R_2$.
Вычислить разность потенциалов $\Delta\varphi$между точками r_1= 3 см и r_2= 15 см.

219*. Точечный заряд q = -2,1*10^{-8} Кл находится в центре шара радиусом R= 0,08м из однородного изотропного диэлектрика. Его диэлектрическая проницаемость равна 1,5.
Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:
I) $r \le R_1$; 2)$r>R_2$.
Вычислить разность потенциалов $\Delta\varphi$ между точками r_1= 1,5 см и r_2 = 7 см.

220*. Сферический проводник радиусом R_1= 10 мм окружен примыкающим к нему слоем однородного диэлектрика с наружным радиусом R_2 = 30 мм и диэлектрической проницаемостью ε= 1,5. На поверхности проводника равномерно распределен заряд q=l,8 10^{-8} Кл.
Построить графики функций $f_1(r)$ и $f_2(r)$ для случаев:
1) $r<R_1$; 2)$R_1 \le r \le R_2$; 3) $r>R_2$.
Вычислить разность потенциалов $\Delta\varphi$между точками r_1 = 8 мм и r_2 = 40 мм.

251*. Проводник длиной *l*= 1,4 м, по которому течет ток I =2,6 А, равномерно вращается в однородном магнитном поле (В= 0,1 Тл) вокруг оси, проходящей через один из его концов и параллельной вектору В. Период вращения Т = 0,2 с. Найти работу, совершенную за время t= 40 с.

252*. Рамка, содержащая N= 1500 витков, площадью S= 150 $см^2$, равномерно вращается с частотой n = 960 об/мин в магнитном поле напряженностью Н= 10^5 А/м. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям напряженности. Определить максимальную ЭДС индукции, возникающую в рамке.

253*. Проволочный виток радиусом r= 14 см и сопротивлением R= 0,01 Ом находится в однородном магнитном поле (В = 0,2 Тл). Плоскость витка составляет угол ϕ= 60° с линиями индукции. Какой заряд протечет по витку при выключении магнитного поля?

254*. В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. При этом по цепи прошел заряд Q=10 мкКл. Определить изменение магнитного потока ΔФ через кольцо, если сопротивление цепи гальванометра R=80 Ом.

255 . Рамка из провода сопротивлением R=0,01 Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле (В= 0,05 Тл). Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки S=160 $см^2$. Определить заряд Q, который протечет через рамку при изменении угла между нормалью к рамке и линиями индукции: 1) от 0 до 30°; 2) от 30° до 60°; 3) от 60° до 90°.

256*. Рамка площадью S= 220 $см^2$ равномерно вращается с частотой n=10 $с^{-1}$ относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля (В=0,12 Тл). Определить среднее значение ЭДС индукции за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения.

257. Тонкий проводник с сопротивлением R= 14 Ом и длиной l = 1,5 м согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле (B= 0,1 Тл) так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд Q, который протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

258*. В однородном магнитном поле напряженностью H=2000 А/м равномерно с частотой n=10 $с^{-1}$ вращается стержень длиной l=20 см так, что плоскость его вращения перпендикулярна линиям напряженности, а ось вращения проходит через один из его концов. Определить индуцируемую на концах стержня разность потенциалов.

259*. В магнитном поле Земли в горизонтальной плоскости равномерно вращается проводник длиной l= 1 м. При какой частоте вращения и разность потенциалов на его концах $\Delta\phi$ составит 1В? Вертикальную составляющую вектора **B** принять равной 50 мкТл. Ось вращения проходит через один из концов проводника.

260*. Соленоид содержит N=600 витков. Сечение сердечника (из немагнитного материала) S=8 $см^2$. По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией B= 5 мТл. Определить среднее значение ЭДС самоиндукции, которая возникает на зажимах соленоида, если ток уменьшается практически до нуля за время Δt= 0,6 мс.

301*. Катушка с индуктивностью ***0,002 Гн*** и конденсатор составляют идеальный электрический колебательный контур. Площадь каждой платины плоского конденсатора ***200 см²***, расстояние между обкладками ***0,5 мм,*** диэлектрик — стекло (ε = ***1,7***). Пользуясь вторым законом Кирхгофа, составить дифференциальное уравнение гармонических колебаний в контуре, записать его решение, определить циклическую частоту и период колебаний. Насколько он изменится, если из зазора убрать стекло?

302. Записать уравнение колебаний силы тока в цепи идеального электрического контура с индуктивностью $\boldsymbol{L = 0{,}33\ Гн}$ и емкостью $\boldsymbol{C = 0{,}46\ мкФ}$, если колебания заряда происходят по закону синуса с амплитудой $\boldsymbol{q_m = 2{,}3 \cdot 10^{-7}\ Кл}$ и с начальной фазой $\boldsymbol{\pi/6}$. Найти значение энергии магнитного поля катушки в начальный момент времени и для $\boldsymbol{t = T/12}$, где $\boldsymbol{T}$ — период колебаний. Чему равна полная энергия электромагнитных колебаний в системе?

303*. Грузик массой ***m = 40 г*** совершает вертикальные колебания без трения на пружине с коэффициентом упругости ***k = 0,16 Н/см***. Исходя из 2-го закона Ньютона, составить дифференциальное уравнение колебаний груза на пружине, записать его решение, определить циклическую частоту и период колебаний. Считая, что в некоторый момент времени смещение груза составляет половину от максимального, найти отношение кинетической и потенциальной энергий груза в этот момент.

304. Максимальное значение скорости гармонически колеблющейся материальной точки равно ***20 см/с***. Величина максимального ускорения равна ***4,0 м/с²***. Определить круговую частоту и амплитуду колебаний. Записать уравнение гармонических колебаний в общем виде, получить из него закон колебаний скорости и ускорения.

305. Уравнение изменения тока в колебательном контуре в СИ $i(t)=0{,}02\cdot\sin(400\pi\cdot t)$. Индуктивность контура равна **1 *Гн.*** Определить емкость контура и максимальное значение энергий электрического и магнитного полей.

306*. Однородный магнитный стержень длиной $l=10\ см$, массой $m=6\ г$, магнитным моментом $p_m=2{,}1\cdot10^{-3}\ А\cdot м^2$ совершает гармонические колебания в однородном магнитном поле индукцией $B=1{,}5\cdot10^{-3}\ Тл$. Ось колебаний перпендикулярна стержню и проходит через его середину. В положении равновесия направления магнитного поля и магнитного момента стержня совпадают. Определить период колебаний стержня и циклическую частоту. Пренебрегая моментом сил трения, записать дифференциальное уравнение гармонических колебаний и его решение с числовыми коэффициентами для углового смещения $\varphi(t)$, выбрав произвольную величину начальной фазы колебаний α_0, считать, что амплитуда $\varphi_m=0{,}17\ рад$.

307*. Однородный шар диаметром ***80 см*** совершает колебания вокруг горизонтальной оси, проходящей сквозь шар на расстоянии ***a=16 см*** от его центра. Определить период и циклическую частоту затухающих колебаний. Составить дифференциальное уравнение гармонических колебаний для углового смещения шара, пользуясь основным уравнением динамики вращательного движения (аналог 2-го закона Ньютона) и записать его решение. Положить амплитуду колебаний $\varphi_m=0{,}085\ рад$.

308. Изменение напряжения на обкладках электрического конденсатора в идеальном колебательном контуре (осцилляторе) подчиняется закону косинуса. Амплитуда напряжения ***60 В***, собственная частота $1{,}6\cdot10^3$ ***Гц***, емкость конденсатора 10^{-7} ***Ф***. Найти индуктивность катушки, полную энергию колебаний в контуре и отношение электрической и магнитной энергий системы в момент, равный $1/4$ периода колебаний, если начальная их фаза равна $\alpha_0=\pi/6$. Записать уравнение колебаний с числовыми коэффициентами.

309. В колебательном контуре без потерь в начальный момент $t=0$ сила тока, меняющегося по закону синуса, равна $i_0=1{,}2\ A$, начальная фаза колебаний $\varphi_0=\pi/3$, частота колебаний $2{,}6\ кГц$. Найти амплитуду колебаний силы тока в цепи и заряда на обкладках конденсатора, а также значение заряда q_0 в начальный момент.

310. В начальный момент времени сила тока в идеальном электрическом контуре имеет максимальное отрицательное значение, положительное значение, равное половине амплитудного, достигается через $t=5\cdot10^{-2}\ с$. Определить частоту гармонических колебаний и привести качественные графические зависимости $i(t)$ и $q(t)$ с учетом фазового сдвига между ними.

311. Тело массой ***48 г*** совершает затухающие колебания на пружине, погруженной в вязкую жидкость. Найти коэффициент сопротивления среды r, если за ***2,5 с*** колебательная

система теряет ***80%*** своей энергии. Определить, через какое время амплитуда смещения тела уменьшиться в $e = 2,718$ раз.

312*. Груз массой ***360 г*** колеблется в масле на пружине с жесткостью $k = 0,568\ Н/см$. Сила сопротивления пропорциональна и обратна по знаку скорости груза. Считая, что коэффициент пропорциональности $r = 1,44\ Н \cdot с/м$, составить на основе 2-го закона Ньютона дифференциальное уравнение колебаний груза, записать его решение в общем виде и с числовыми коэффициентами. Найти циклическую частоту и период затухающих колебаний.

313. Добротность Q последовательно $L-R-C$ контура составляет ***26,17***. Через сколько полных колебаний амплитуда напряжения уменьшится в ***11*** раз? Считая, что период затухающих колебаний T_0, записать закон убыли амплитуды в общем виде, использую упомянутые параметры.

314*. Колебательный контур с сопротивлением $R = 40\ Ом$ и индуктивностью ***0,001 Гн*** содержит батарею из ***10*** последовательно соединенных конденсаторов, емкость каждого из которых ***0,8 мкФ.*** Определить период и логарифмический декремент затухающих колебаний в контуре. Найти значение критического сопротивления, при котором процесс становится апериодическим.

315*. Полная энергия электрического колебательного контура, содержащего последовательно соединенные катушку с индуктивностью ***1,8 мГн***, конденсатор и активное сопротивление, за $t = 0,2\ мс$ уменьшилась в ***80*** раз. Найти активное сопротивление этого контура. Во сколько раз изменится амплитуда колебаний напряжения в таком контуре за вдвое меньшее время?

316. За ***100 с*** система успевает совершить ***100 колебаний***. За то же время амплитуда колебаний уменьшается в ***2,718 раз***. Чему равна относительная убыль энергии системы $\Delta E / E$ за период колебаний? Какова добротность колебательной системы?

317*. Последовательный электрический контур содержит две катушки индуктивности $L_1 = 0,05\ Гн$ и $L_2 = 0,075\ Гн$, разделенных емкостью $C = 0,02\ мкФ$ и сопротивлением $R = 800\ Ом$, также соединенных последовательно. Исходя из 2-го закона Кирхгофа, составить дифференциальное уравнение колебаний электрического заряда, записать его решение и определить циклическую частоту и период затухающих колебаний. Определить время, за которое энергия электрического поля конденсатора уменьшится в ***7,34*** раза.

318. Найти добротность маятника, представляющего собой маленький шарик, подвешенный на длинной нити $l = 0,5\ м$, если за время наблюдения $t = 1,5 мин$ его полная механическая энергия уменьшилась в $n = 36$ раз. Различием частот собственных и затухающих колебаний пренебречь.

319*. Однородный магнитный стержень длиной $l = 10\ см$, массой $m = 6\ г$, магнитным моментом $p_m = 2,1 \cdot 10^{-3}\ А \cdot м^2$ совершает колебания в однородном магнитном поле индукцией $B = 1,5 \cdot 10^{-3}\ Тл$. Ось колебаний перпендикулярна стержню и проходит через его середину. В положении равновесия направления магнитного поля и магнитного момента стержня совпадают. Момент сил сопротивления $M_C = -r\frac{d\varphi}{dt}$, где $r = 3 \cdot 10^{-7}\ \frac{кг \cdot м^2}{с}$ — коэффициент пропорциональности, $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ — угловая скорость колебаний. Составить дифференциальное уравнение колебаний стержня, записать его решение, найти период затухающих колебаний, циклическую частоту и постоянную времени релаксации процесса.

320*. Номинальные значения параметров последовательного электрического $L - R - C$ контура таковы: $L = 0,04\ Гн$, $R = 250\ Ом$, добротность $Q = 80$. Найти время релаксации колебаний в системе и значение сопротивления, при котором наступает критический режим колебаний – процесс станет апериодическим.

321. Амплитуды и периоды двух одинаково направленных гармонических колебаний равны, фазы же различаются на $2\pi / 3$. Уравнение результирующего колебания в единицах СИ имеет вид $x = 0,2\cos(\pi \cdot t + \pi)$. Определить уравнения слагаемых колебаний.

322. В последовательном $R - L - C$ контуре действует периодическая ЭДС - $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos\omega t$. Значения параметров элементов системы: $L = 1,25 \cdot 10^{-2}\ Гн$, $C = 2 \cdot 10^{-7}\ Ф$, $R = 25\ Ом$. Определить максимальную величину амплитуды напряжения на конденсаторе и ее значение при частоте $\omega = 0,8\omega_{рез}$, если амплитуда ЭДС $\varepsilon_0 = 12 В$.

323*. На подвешенный к пружине груз массой ***0,1 кг*** действует вынуждающая сила с амплитудой ***0,4 Н***. Коэффициент сил сопротивления среды равен ***0,3 кг/с***, коэффициент упругости пружины ***4 Н/м***. Найти частоту колебаний вынуждающей силы, при которой в системе наступает резонанс, и величину амплитуды при резонансе. Записать дифференциальное уравнение колебаний груза и его решение в установившемся режиме.

324. Вынуждающее напряжение, действующее в колебательном контуре (в единицах СИ), имеет вид $U(t) = 40\cos 10^4 \pi t$. Индуктивность контура $10^{-5}\ Гн$, емкость $10^{-5}\ Ф$, сопротивление $0,2\ Ом$. Определить уравнение установившихся колебаний заряда на обкладках конденсатора с числовыми коэффициентами и записать дифференциальное уравнение, описывающее указанные колебания.

325*. Материальная точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, уравнения которых в единицах СИ имеют вид $x = 0,4\cos\pi \cdot t$ и $y = 0,2\cos\pi(t - 0,5)$. Определить траекторию движения точки и начертить ее с соблюдением масштаба. Рассчитать и указать на чертеже скорость и ускорение точки в начальный момент времени и указать направление ее движения по кривой. Если траектория не замкнутая, то указать пределы движения.

326*. Материальная точка участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, проходящих вдоль одной прямой. В единицах СИ уравнения слагаемых колебаний записываются в виде $x_1 = 0{,}1\cos\pi(t + 1/6)$ и $x_2 = 0{,}05\cos\pi(t + 1/2)$. Определить уравнение результирующих колебаний.

327*. Определить добротность $L - R - C$ последовательного электрического контура, содержащего периодическую ЭДС, если индуктивность катушки $L = 2{,}5\,Гн$, активное сопротивление контура $R = 0{,}125\,Ом$, а максимальное значение напряжения на обкладках конденсатора $U_m = 50\,В$ достигается при частоте $\nu = 9{,}28\,Гц$. Считая затухание малым, определить резонансную амплитуду колебаний.

328*. Материальная точка участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, проходящих вдоль одной прямой. В единицах СИ уравнения слагаемых колебаний записываются в виде $x_1 = 0{,}1\cos\pi \cdot t / 2$ и $x_2 = 0{,}12\cos\pi(t + 1)/2$. Определить уравнение результирующих колебаний.

329. Вынуждающая сила, заданная в единицах СИ уравнением $F(t) = 1{,}5\sin 20t$, действует на груз массой ***0,3 кг***, подвешенный на пружине. Коэффициент сопротивления среды ***0,18 кг/с***, коэффициент упругости пружины ***2,5 Н/см***. Записать уравнение установившихся вынужденных колебаний с числовыми коэффициентами и указать, решением какого дифференциального уравнения оно является.

330. Математический маятник длиной ***80 см*** в начальный момент имеет максимальную скорость, равную ***28 см/с***. Определить уравнение гармонических колебаний маятника. Записать дифференциальное уравнение колебаний для линейного и углового смещений. Дать связь между ними.

331*. Плоская электромагнитная волна, имеющая максимальную напряженность электрического поля ***20 В/м*** и частоту $10^6\,Гц$, распространяется в вакууме. Определить уравнение электромагнитной волны с числовыми коэффициентами, выбрав начальные условия. Найти интенсивность волны. Привести снимок и осциллограмму подобной волны.

332. От источника колебаний с частотой ***100 Гц*** вдоль прямой распространяется волна со скоростью ***330 м/с*** и амплитудой ***0,50 мкм***. Определить длину волны, фазу и ускорение колебаний точки, удаленной на ***0,33 м*** от источника колебаний в тот момент, когда от начала колебаний источника прошло ***0,004 с***. Колебания происходят по закону синуса; начальная фаза колебаний источника равна нулю.

333. Плоская электромагнитная волна, имеющая амплитуду напряженности электромагнитного поля ***0,150 В/м***, распространяется в вакууме. Определить энергию, проносимую волной за ***2 с*** сквозь расположенную перпендикулярно к направлению распространения волны площадку ***10 см***^{2}. При решении задачи следует учесть, что среднее значение квадрата синуса (либо косинуса) за период равно ***0,5***.

334. Вдоль стального стержня, плотность которого ***7,8 г/см³***, распространяется продольная упругая волна со скоростью $5\cdot 10^3\, м/с$. Амплитуда колебаний равна ***1 мкм***, длина волны ***5 м***. Определить максимальное значение плотности потока энергии.

335. Излучаемая точечным источником сферическая электромагнитная волна, уравнение которой в системе СИ имеет вид:

$$E(r,t)=\frac{1{,}4\cdot 10^4}{r}\sin(6\cdot 10^6\pi\cdot t-0{,}02\pi\cdot r),$$

$$H(r,t)=\frac{37}{r}\sin(6\cdot 10^6\pi\cdot t-0{,}02\pi\cdot r),$$

распространяется в вакууме. Определить среднюю мощность источника электромагнитной волны. При решении задачи следует учесть, что среднее значение квадрата синуса за период равно ***0,5***.

336. Плоская электромагнитная волна, уравнения которой в единицах СИ имеют вид:

$$E(x,t)=140\cdot\sin(6\cdot 10^6\pi\cdot t-0{,}02\pi\cdot x),$$

$$H(x,t)=0{,}37\cdot\sin(6\cdot 10^6\pi\cdot t-0{,}02\pi\cdot x),$$

распространяется в вакууме. Определить среднюю мощность, проходящую сквозь перпендикулярно расположенную к направлению распространения волны площадку ***10 см²***. При решении задачи следует учесть, что среднее значение квадрата синуса за период равно ***0,5***.

337. Плоская звуковая волна, уравнение которой в единицах СИ имеет вид:

$$y(x,t)=2{,}5\cdot 10^{-6}\cos 10^3\pi\left(t-\frac{x}{330}\right),$$

Распространяется в воздухе, плотность которого ***0,0012 г/см³***. Определить энергию, проносимую волной за одну минуту сквозь площадку ***12 см²***, перпендикулярно распространению волны. При решении задачи следует учесть, что среднее значение квадрата синуса за период равно ***0,5***.

338. Плоская электромагнитная волна, интенсивность которой равна ***12 Вт/м²***, распространяется в вакууме. Частота колебаний волны $2\cdot 10^6\, Гц$. Определить уравнение электромагнитной волны с числовыми коэффициентами, произвольно выбрав начальные условия. При решении задачи следует учесть, что среднее значение квадрата синуса (либо косинуса) за период равно ***0,5***.

339. Плоская электромагнитная волна, имеющая амплитуду напряженности электрического поля $0{,}12\, В/м$, распространяется в среде, диэлектрическая проницаемость которой $\varepsilon=2$ и магнитная проницаемость $\mu=1$. Определить уравнение электромагнитной волны с числовыми коэффициентами, произвольно выбрав начальные условия. Частота волны $10^5\, Гц$. Определить среднее значение вектора Пойнтинга.

340. Плоская звуковая волна, частота которой ***100 Гц*** и амплитуда ***5 мкм***, распространяется со скоростью ***300 м/с*** в воздухе, плотность которого равна ***1,2 кг/м³***. Определить интен-

сивность волны. При решении задачи следует учесть, что среднее значение квадрата синуса (либо косинуса) за период равно ***0,5***.

401*. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол $\theta = 180^0$? Энергия фотона до рассеяния E_1 = ***0,225 МэВ***.

402*. Рентгеновские лучи ($\lambda = 0,1 нм$) рассеиваются электронами, которые можно считать практически свободными. Определить максимальную длину волны λ_{max} рентгеновских лучей в рассеянном пучке.

403. На поверхность металла падают монохроматические лучи с длиной волны $\lambda = 150$ ***нм***. Красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 200$ ***нм***. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

404. Давление P света с длиной волны $\lambda_0 = 600$ ***нм***, падающего нормально на черную поверхность, равно ***1 нПа***. Определить число N фотонов, падающих за время $t = 1$ ***с*** на площадь $S = 4$ ***см***^{2} этой поверхности.

405. Давление света, производимое на зеркальную поверхность, $P = 1$ ***мкПа***. Определить концентрацию n_0 фотонов, падающих на поверхность, если длина волны света $\lambda = 0,6$ ***мкм***.

406*. Определить на какой угол рассеивается свет на почти свободных электронах, если изменение его длины волны в ***100 раз*** больше, чем при подобном его рассеивании на почти свободных протонах на угол π.

407. На зеркальную поверхность площадью $S = 4$ ***см***^{2} падает нормально поток излучения $\Phi_э = 0,6$ ***Вт***. Определить давление P и силу давления F света на эту поверхность.
408 На расстоянии $r = 10$ ***м*** от точечного монохроматического ($\lambda = 0,6$ ***мкм***) изотропного источника расположена площадка N_1 ($S = 10$ ***мм***^{2}) перпендикулярно падающим лучам. Определить число фотонов, ежесекундно падающих на площадку. Мощность P излучения равна ***200 Вт***.

409*. В результате эффекта Комптона на свободных электронах фотон с энергией E_1 = ***0,51 МэВ*** был рассеян на угол $\theta = 120^0$. Определить энергию E_2 рассеянного фотона.
410*. Фотон при эффекте Комптона на свободном электроне был рассеян на угол $\theta = \pi$. Определить энергию, приобретенную электроном, если энергия фотона до рассеяния была E_1 = ***0,51 МэВ***.

411*. Электрон находится в потенциальном ящике шириной ***0,2 нм***. Определить в электрон-вольтах наименьшую разность энергетических уровней электрона.

412. Излучение возбужденного атома происходит в течение времени ***τ = 10 нс***, длина волны излучения ***λ = 663 нм***. Определить с какой наибольшей точностью ***(ΔE)/E*** может быть найдена энергия ***E*** излучения.

413. Атом испустил фотон с длиной волны ***λ =600 нм***. Продолжительность излучения ***τ =50 нс***. Определить наибольшую точность ***Δλ***, с которой может быть определена длина волны излучения.

414*. Сколь целых волн де Бройля уложится на длине пятой орбиты возбужденного электрона в атоме водорода?
415*. Энергия возбужденного электрона, находящегося в потенциальном квантовом ящике на ***четвертом*** энергетическом уровне, равна ***0,86 эВ***. С какой неопределенностью может быть установлена скорость электрона.

416. Используя соотношения неопределенностей, оценить наименьшие ошибки Δv в определении скорости электрона и протона, если координаты центра масс этих частиц могут быть установлены с неопределенностью $\Delta x = 1\,мкм$.

417. Протон находится в одномерном потенциальном ящике. Используя соотношения неопределенностей, оценит ширину ***l*** ящика, если известно, что минимальная энергия $E_{\min}$ протона равна ***20 МэВ***.

418. Найти отношение длин волн де Бройля электрона и протона, прошедших одинаковую ускоряющую разность потенциалов $U = 90B$.
419. Пользуясь соотношением неопределенностей, оцените размеры атома, если электрон в нем движется со скоростью, отвечающей прохождению ускоряющего потенциала $U = 1,38 \cdot 10^5 B$.

420. Используя соотношение неопределенностей, оценить ширину l одномерного потенциального ящика, в котором минимальная энергия $E_{\min}$ электрона равна ***1 Эв***.

Справочные таблицы

1. Основные физические постоянные (округленные значения)

Физическая постоянная	Обозначение	Числовое значение
Ускорение свободного падения	g	9,81 м/с^2
Гравитационная постоянная	G	$6{,}67\cdot10^{-11}$ м^3/(кг*с^2)
Число Авогадро	Na	$6{,}02\cdot10^{26}$ кмоль$^{-1}$
Универсальная газовая постоянная	R	8,31 Дж /(моль·К)
Постоянная Больцмана	k	$1{,}38\cdot10^{-23}$Дж/К
Заряд электрона	e	$1{,}6\cdot10^{-19}$Кл
Масса электрона	m	$9{,}1\cdot10^{-31}$кг
Скорость света в вакууме	c	$3{,}00\cdot10^{8}$ м/с
Постоянная закона Стефана-Больцмана	σ	$5{,}67\cdot10^{-8}$ Вт/(м^2 ·К^4)
Постоянная закона смещения Вина	b	$2{,}90\cdot10^{-3}$ м·К
Постоянная формулы Вина	c'	$1{,}30\cdot10^{-5}$ Вт/(м^3·К^5)
Постоянная Планка	h	$6{,}63\cdot10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Планка, деленная на 2π	ħ	$1{,}05\cdot10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Ридберга (для атома водорода)	R	$1{,}097\cdot10^{7}$ м$^{-1}$
Радиус первой боровской орбиты	r_1	$0{,}529\cdot10^{-5}$ м
Комптоновская длина волны электрона	Λ	$2{,}43\cdot10^{-12}$ м (2,43пм)
Магнетон Бора	μ	0,927-10 $^{-23}$ А·м^2
Энергия ионизации атома водорода	E_i	$2{,}18\cdot10^{-18}$ Дж
Атомная единица массы	а.е.м.	$1{,}660\cdot10^{-27}$ кг
Коэффициент пропорциональности между энергией и массой	c^2	$9{,}00\cdot10^{16}$ Дж /кг (931 МэВ/ а.е.м.

2. Плотность твёрдых тел

Материал	Плотность, кг/м^3	Материал	Плотность, кг/м^3
Алюминий	$2{,}7\cdot10^3$	Медь	$8{,}9\cdot10^3$
Барий	$3{,}5\cdot10^3$	Никель	$8{,}9\cdot10^3$
Ванадий	$6{,}0\cdot10^3$	Свинец	$11{,}3\cdot10^3$
Висмут	$9{,}8\cdot10^3$	Серебро	$10{,}5\cdot10^3$
Железо	$7{,}8\cdot10^3$	Цезий	$1{,}9\cdot10^3$
Литий	$0{,}53\cdot10^3$	Цинк	$7{,}1\cdot10^3$

3. Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность, кг/м^3	Жидкость	Плотность, кг/м^3
Вода (при 4° С)	$1{,}00\cdot10^3$	Ртуть	$13{,}6\cdot10^3$
Глицерин	$1{,}26\cdot10^3$	Спирт	$0{,}80\cdot10^3$
Масло	$0{,}9\cdot10^3$	Сероуглерод	$1{,}26\cdot10^3$

4. Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, кг/м^3	Газ	Плотность, кг/м^3
Водород	0,09	Гелий	0,18
Воздух	1,29	Кислород	1,43

5. Диэлектрическая проницаемость

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Парафин	2,0	Вода	81
Стекло	7,0	Масло трансформаторное	2,2
Слюда	6,0		

6. Удельное сопротивление металлов

Металл	Удельное сопротивление, Ом·м,	Металл	Удельное сопротивление, Ом·м
Железо	$9{,}8\cdot10^{-8}$	Медь	$1{,}7\cdot10^{-8}$
Нихром	$1{,}1\cdot10^{-6}$	Серебро	$1{,}6\cdot10^{-8}$
Вольфрам	$5{,}5\cdot10^{-8}$	Никелин	$4{,}0\cdot10^{-7}$

7. Энергия ионизации

Вещество	Дж	эВ
Водород	$2{,}18\cdot10^{-18}$	13,6
Гелий	$3{,}94\cdot10^{-18}$	24,6
Ртуть	$1{,}66\cdot10^{-18}$	10,4
Литий	$8{,}62\cdot10^{-18}$	5,39