

При выполнении Контрольной работе №2 студентам рекомендуется пользоваться методическим пособием:

И.В. Грищенко, А.И. Гулидов, А.Г. Иванова

Расчётно-графическая работа №2 по курсу физики для бакалавров. Заочная форма обучения. Учебное пособие. /СибГУТИ. – Новосибирск. – 2021. – 106 с.

Правила оформления КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (КР)

1. Номер варианта КР соответствует последней цифре студенческого билета. Чтобы получить зачёт по Контрольной работе, студент должен правильно решить все три задачи.
2. Все работы принимаются только в электронной форме, **выполненные средствами Microsoft Office** (расширения файлов doc, docx, rtf). Перед отправкой обязательно перевести в формат PDF и отправить в ЭИОС по номеру своей группы. Работы, представленные в других форматах, к рассмотрению не принимаются.
3. Работа должна начинаться с титульного листа с указанием Вашей фамилии, группы, варианта, номера студенческого билета, номера расчетно-графической работы. Образец титульного листа указан ниже.
4. Для каждой задачи должно быть приведено полное условие задачи, а также её краткое условие, с записью основных исходных данных; если данные даны в произвольной системе единиц, то необходимо их перевести в систему СИ.
5. Приведено полное решение задачи, с пояснениями хода решения (если приведены только формулы, без пояснений, то задача не считается решённой).
6. Произведён расчёт требуемых величин и записан ответ с учётом размерности.
7. Формулы должны быть набраны средствами встроенного редактора формул Word. Решение задач, вставленное целиком в виде рисунка, не принимается.
8. Пояснительные чертежи и схемы выполняются любым из трех способов: 1) непосредственно средствами Word; 2) используется любой графический редактор, и выполненный рисунок вставляется в документ контрольной работы; 3) чертеж выполняется вручную на бумаге, фотографируется (сканируется) и вставляется в виде рисунка в документ.
9. Все формулы должны быть пронумерованы. **Пример оформления задачи см. ниже.**
10. Работы отправляются в ЭИОС в соответствующую папку (Контрольная работа №2) и проверяется преподавателем. Если ошибок нет, то ставится зачет (без оценки). Если работа не зачтена и отправлена на

доработку, то в вашем файле (формат PDF) красным будут выделены ваши ошибки и написаны комментарии, что необходимо исправить. Вы исправляете все ошибки и высылаете снова на проверку. Перед отправкой обязательно стереть старый файл. Если ошибки остались, то вы снова исправляете вашу работу и высылаете опять на проверку. Эта процедура длится до тех пор, пока студент не исправит все ошибки.

Ваш присланный файл должен иметь определённый формат названия

Название файла: ФИО, гр. ЗП-201 (202), КР ..., Вар ...

Пример: Волошин В.П., гр. ЗП-201, КР 2, Вар 2

Если студент не придерживается данного формата, то РГР не проверяется!

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Вариант 1

1. В опыте Юнга вначале рассматривается излучение с длиной волны $\lambda_1 = 0,7$ мкм, а затем с λ_2 . Определите значение длины волны λ_2 , если шестая светлая полоса в первом случае совпадает с девятой темной полосой во втором случае. Рисунком поясните схему опыта Юнга, укажите на рисунке распределение интенсивности света на экране. Опыт проводится в вакууме. ($\lambda_2 = 494,1$ нм)
2. Красная граница фотоэффекта рубидия $\lambda_0 = 0,81$ мкм. Определить скорость фотоэлектронов при облучении рубидия монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,4$ мкм. Какую задерживающую разность потенциалов U_z надо приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок? На сколько изменится задерживающая разность потенциалов ΔU_z при увеличении длины волны падающего света на $\Delta \lambda = 200$ нм? Изобразите на рисунке вольтамперную характеристику фотоэффекта (ВАХ); покажите на ВАХ ток насыщения и задерживающий потенциал. ($v = 7.44 \cdot 10^5$ м/с; $U_z = 1.57$ В; $\Delta U = 1.036$ В)
3. Свободный электрон, имея кинетическую энергию 15 эВ, неупруго столкнулся с атомом водорода, находящимся в основном состоянии, и отскочил от него, потеряв часть энергии. Энергия электрона после столкновения оказалась 2.91 эВ. Определить длины волн, которые может излучить атом водорода после столкновения с электроном. Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода, покажите на ней все переходы между уровнями, которые могут произойти после столкновения. ($\lambda_1 = 102.58$ нм; $\lambda_2 = 121.58$ нм; $\lambda_3 = 656.51$ нм)

Вариант 2

1. Вертикально-расположенная мыльная пленка образует клин, угол которого составляет $25,2$ секунды ($25,2''$). В отражённом свете наблюдаются полосы равной толщины. Длина волны монохроматического света равна 650 нм, что соответствует красному цвету. Показатель преломления пленки $n = 1,33$. Сколько красных полос наблюдается на участке длиной 1 см? Свет на поверхность клина падает нормально. Изобразите ход лучей в клине, рисунком поясните, какие лучи интерферируют в этом случае. ($N=5$)

2. При освещении катода светом с длиной волны сначала $\lambda_1=440$ нм, а затем $\lambda_2=680$ нм обнаружили, что запирающий потенциал изменился в 3 раза. Определить работу выхода электрона $A_{\text{в}}$ из катода. Сравните скорости электронов V_{m1} и V_{m2} , с которыми они вылетают из катода. Изобразите на рисунке вольтамперную характеристику фотоэффекта (ВАХ); покажите на ВАХ ток насыщения $I_{\text{н}}$ и задерживающий потенциал U_3 . ($A_{\text{в}} = 1,33$ эВ; $\frac{V_{m1}}{V_{m2}} = 1,73$)

3. Атомарный водород, находящийся в основном состоянии, облучается монохроматическим светом с энергией 15 эВ. Электроны, вылетающие из атомов в результате ионизации, попадают в магнитное поле с индукцией 1 мТл перпендикулярно линиям индукции. Определить радиус окружности, по которой движутся электроны. Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода; на отдельном рисунке изобразите движение электронов в магнитном поле. ($r = 4$ мм)

Вариант 3

1. Естественный свет силой 20 кд падает по нормали на поляризатор и анализатор (Рис. 5.1), угол между главными плоскостями которых составляет $\alpha = 37^\circ$, а поглощение светового пучка в каждом из них составляет k . После прохождения системы поляризатор – анализатор, световой пучок падает по нормали на зеркало и, отразившись, вновь проходит через систему анализатор – поляризатор в обратном направлении и выходит из поляризатора. Считая, что интенсивность светового пучка, выходящего из поляризатора составляет 9 % от входящего в поляризатор, определите: 1) силу света падающего на зеркало I_2 ; 2) коэффициент поглощения k . ($k = 0.1844$; $I_2 = 4.24$ кд)

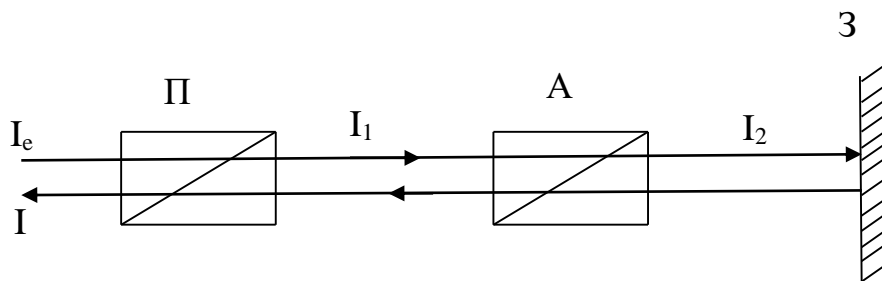


Рис. 5.1 П – поляризатор, А – анализатор, З – зеркало, I_e – интенсивность естественного света на входе в поляризатор, I_1 – интенсивность света после прохождения поляризатора, I_2 – интенсивность света, падающего на зеркало, I – интенсивность света выходящего из поляризатора.

2. При нагревании абсолютно черного тела его температура изменилась от $T_1 = 1000$ К до $T_2 = 2000$ К. Во сколько раз изменилась при этом: 1) его энергетическая светимость R_Σ ; 2) максимальная излучательная способность $r_{\lambda m}$; 3) на сколько изменилась длина волны λ_m , на которую приходится максимум излучательной способности этого тела, увеличится или уменьшится? Рисунок поясните график распределения энергии излучательной способности в спектре излучения абсолютно чёрного тела, укажите для данных температур положение λ_{m1} и λ_{m2} . ($\frac{R_{\Sigma 2}}{R_{\Sigma 1}} = 16$; $\frac{r_{\lambda m 2}}{r_{\lambda m 1}} = 32$; $\Delta \lambda = 1,45$ мкм)

3. Атомарный водород, находящийся в первом возбужденном состоянии, переходит в основное состояние, испуская фотон. Этот фотон попадает на поверхность калиевого фотокатода и вызывает фотоэффект. Чему равна максимально возможная скорость фотоэлектрона? Работа выхода калия 2.15 эВ. Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода, покажите на ней переход, соответствующей данной задаче. ($v = 1.685 \cdot 10^6$ м/с)

Вариант 4

1. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет. Под углом 2° наблюдается минимум четвертого порядка. Найти угловую ширину центрального максимума $\Delta\varphi$. Приведите рисунок для схемы установки. Изобразите дифракционную картину интенсивности света на экране. Пронумеруйте все дифракционные максимумы, которые могут быть видны на экране, выделите угловую ширину центрального максимума $\Delta\varphi$. ($\Delta\varphi = 1^\circ$)

2. Красная граница фотоэффекта для материала, из которого сделан катод, $\lambda_0 = 0,62$ мкм. Определить длину волны λ_1 света, падающего на катод, если задерживающее напряжение $U_{з1}=1$ В. Во втором опыте с этим же катодом длина волны света, падающего на катод $\lambda_2 = 0,7 \lambda_1$. Сравните во сколько раз будут отличаться задерживающие напряжения ($U_{з1}$ и $U_{з2}$) и максимальные скорости, с которыми вылетают электроны из катода (v_{m1} и v_{m2}) в этих опытах. Изобразите на рисунке вольтамперную характеристику фотоэффекта (ВАХ); покажите на ВАХ ток насыщения I_n и задерживающий потенциал $U_з$. ($\lambda_1 = 414,3$ нм; $\frac{U_{з2}}{U_{з1}} = 2,29$; $\frac{v_{m2}}{v_{m1}} = 1,51$)

3. Атомарный водород, находящийся в основном состоянии, облучается монохроматическим светом с длиной волны 88,6 нм и ионизируется. Электроны, вылетающие из атомов в результате ионизации, попадают в магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и начинают двигаться по окружности радиусом 1 мм. Определить величину индукции магнитного поля B . Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода; на отдельном рисунке изобразите движение электронов в магнитном поле. При решении задачи определите: 1) энергии ионизации атомарного водорода (Дж); 2) кинетическую энергию выбитого электрона (Дж); 3) скорость выбитого электрона (м/с); 4) подставьте скорость в расчетную формулу для индукции магнитного поля B и получите ответ в Тл. При расчетах всегда используйте правило сохранения двух значащих цифр после запятой с учетом округления по третьей цифре. ($B = 2,21 \cdot 10^{-3}$ Тл)

Вариант 5

1. Параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 643,8$ нм падает по нормали на пластинку из кристалла кварца в половину длины волны перпендикулярно её оптической оси. Показатели преломления для необыкновенного и обыкновенного лучей составляют соответственно $n_e = 1,5514$ и $n_o = 1,5423$. Определить: 1) длины волн этих лучей в кристалле; 2) минимальную толщину пластинки; 3) разность фаз между необыкновенным и обыкновенным лучами на выходе из пластинки; 4) уравнение траектории конца результирующего светового вектора для луча на выходе из пластинки. Обосновать, какой тип поляризации будет наблюдаться у луча на выходе из пластинки. Изобразите на рисунке ход для необыкновенного и обыкновенного лучей, покажите тип поляризации этих лучей. ($\lambda_e = 414,98$ нм; $\lambda_o = 417,43$ нм; $d_m = 35,37$ мкм; $\Delta\Phi = \pi$; $E_{ey} = -\frac{E_{emax}}{E_{omax}} E_{ox}$)

2. Работа выхода электрона из металла $A_v = 2$ эВ. Поверхность металла облучается фотонами с длиной волны $\lambda = 0,4$ мкм. Определить задерживающее напряжение U_z для этого опыта. Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона ($p_{пов}$). Во сколько раз отличается импульс выбитого электрона (p_e) от импульса фотона (p_ϕ), который падает на поверхность? Изобразите на рисунке вольтамперную характеристику фотоэффекта (ВАХ); покажите на ВАХ ток насыщения I_n и задерживающий потенциал U_z . ($U_z = 1,108$ В; $p_{пов} = 5,69 \cdot 10^{-25} \frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$; $\frac{p_e}{p_\phi} = 342,6$)

3. Атомарный водород, находящийся в основном состоянии, облучается монохроматическим светом с длиной волны 121,58 нм и переходит в возбужденное состояние. Определить радиус r боровской орбиты этого возбужденного состояния. Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода, покажите на ней переход из основного в возбужденное состояние, соответствующее данной задаче. ($r = 2,116 \cdot 10^{-10}$ м)

Вариант 6

1. Монохроматический свет падает нормально на щель шириной 10 мкм. За щелью находится тонкая линза с оптической силой 4Дптр. В фокальной плоскости линзы расположен экран. Найти длину волны света λ , если расстояние между симметрично расположенными минимумами второго порядка равно 6 см. Приведите рисунок для схемы установки. Изобразите дифракционную картину интенсивности света на экране. Пронумеруйте все дифракционные максимумы, которые могут быть видны на экране. ($\lambda = 595,7\text{ нм}$)

2. Температура абсолютно черного тела увеличилась в 1,5 раза, в результате чего длина волны λ_m , на которую приходится максимум энергии излучения, изменилась на $\Delta\lambda_m = 800\text{ нм}$. Определить начальную T_1 и конечную T_2 температуру тела. Во сколько раз в результате нагревания изменилась тепловая мощность, излучаемая телом? Рисунок поясните график распределения энергии в спектре излучения абсолютно чёрного тела, укажите для данных температур положение λ_{m1} и λ_{m2} . ($T_1 = 1207,5\text{ К}$; $T_2 = 1811,25\text{ К}$; $\frac{P_2}{P_1} = 5.063$)

3. Атомарный водород, находящийся в некотором возбужденном состоянии, переходит в основное состояние. При этом радиус боровской орбиты уменьшается в 9 раз. Определить все длины волн λ_i , излучаемые при переходе из первоначального состояния в основное, имея в виду, что переход в основное состояние может происходить через промежуточные состояния. Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода, покажите на ней все переходы из возбужденного в основное состояние, включая промежуточные переходы. ($\lambda_1 = 656,47\text{ нм}$; $\lambda_2 = 121,57\text{ нм}$; $\lambda_3 = 102,57\text{ нм}$)

Вариант 7

1. Расстояние между экраном и дифракционной решеткой равно 42,0 см. Если дифракционная решетка освещается желтой линией натрия ($\lambda_1 = 589$ нм), то максимум первого порядка на экране отстоит от центрального пика на расстоянии 2,48 см. Другой источник создает максимум первого порядка, отстоящий на 2,0 см от центрального максимума. Какова его длина волны λ_2 ? Изобразите на рисунке: 1) схему эксперимента с указанием рисунка дифракционной решетки, где проставлен ее период; 2) дифракционную картину интенсивности света на экране для длин волн λ_1 и λ_2 , выделив разными цветами эти длины волн, пронумеруйте все главные дифракционные максимумы, которые могут быть видны на экране. ($\lambda_2 = 475$ нм)

2. Определить работу выхода электронов из натрия (A_B , эВ), если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 500$ нм. Чему равна кинетическая энергия вылетевшего электрона (W_K , эВ), если натрий облучать светом с $\lambda = 0,35$ мкм. Найти значение задерживающего напряжения (U_3) при таком облучении. Изобразите на рисунке вольтамперную характеристику фотоэффекта (ВАХ); покажите на ВАХ ток насыщения I_n и задерживающий потенциал U_3 . ($A_B = 2.49$ эВ; $U_3 = 1.065$ В; $W_K = 1.705 \cdot 10^{-19}$ Дж)

3. В покое атоме водорода электрон перешёл с пятого энергетического уровня в основное состояние. Какую скорость v_a приобрёл атом за счет испускания фотона? Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода, покажите на ней переход, соответствующей данной задаче. ($v_a = 4.18$ м/с)

Вариант 8

1. Дифракционная решетка шириной 10 мм содержит 5000 штрихов. Определить полное число максимумов N_{max} , наблюдаемых в спектре дифракционной решетки для длины волны 0,6 мкм. Определить угол φ_{max} , соответствующий последнему максимуму. Изобразите на рисунке: 1) схему эксперимента с указанием рисунка дифракционной решетки, где проставлен ее период; 2) дифракционную картину интенсивности света на экране, пронумеруйте все главные дифракционные максимумы, которые могут быть видны на экране, покажите на рисунке угол φ_{max} . ($N_{max} = 7$; $\varphi_{max} = 64.16^\circ$)
2. Для прекращения фотоэффекта, вызванного облучением ультрафиолетовым светом платиновой пластинки, надо приложить задерживающее напряжение $U_{з1}=3,7$ В. Если платиновую пластинку заменить другой пластинкой, то задерживающее напряжение нужно увеличить до $U_{з2} = 6$ В. Определить работу выхода $A_{в2}$ электронов с поверхности этой пластинки (в эВ). Работа выхода электронов для платины $A_{в1} = 5,3$ эВ. Изобразите на рисунке вольтамперную характеристику фотоэффекта (ВАХ); покажите на ВАХ ток насыщения I_n и задерживающий потенциал $U_з$. ($A_{в2} = 3.0$ эВ)
3. Возбужденный атом водорода при переходе в основное состояние испустил два кванта, последовательно, с длинами волн 4,051 мкм и 97,25 нм. Определите: 1) номера энергетических уровней, с которых атом водорода перешёл в основное состояние; 2) энергию W наивысшего энергетического уровня и радиус r боровской орбиты для данного уровня. Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода, покажите на ней переходы, соответствующие данной задаче. ($n = 5$; $m = 4$; $W = -0.544$ эВ; $r = 1.325 \cdot 10^{-9}$ м)

Вариант 9

1. Сосуд с глицерином закрыт стеклянной (тяжелый крон) крышкой, представляющей собой плоскопараллельную пластину. Сосуд помещен в воду (Рис. 5.2). Луч света, проходящий через воду, падает на стекло. Каков угол падения света α на стеклянную крышку, если свет, отраженный от глицерина, является максимально поляризованным? Решение обязательно сопровождать рисунком, на котором указать ход лучей. При решении задачи руководствуйтесь пособием И.В. Грищенко, А.И. Гулидов, А.Г. Иванова Расчетно-графическая работа №2 по курсу физики для бакалавров. Заочная форма обучения. Учебное пособие. /СибГУТИ. Примеры решения задач на поляризацию, пример 4. При расчетах всегда используйте правило сохранения двух значащих цифр после запятой с учетом округления по третьей цифре.

($n_{\text{глицерина}}=1,47$, $n_{\text{стекла}}=1,65$, $n_{\text{воды}}=1,33$)

($\alpha = 55,61^\circ$)

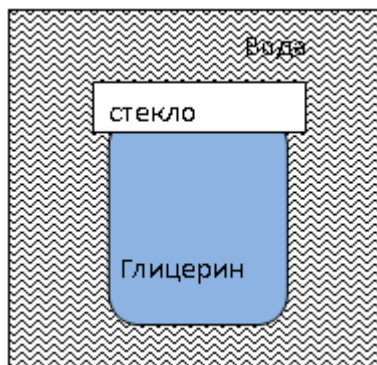


Рис. 5.2 К задаче 1, Вариант 9.

2. Какая доля энергии фотона η израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0=307$ нм, а максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна 1 эВ. Определите задерживающее напряжение U_z при заданном освещении. Изобразите на рисунке вольтамперную характеристику фотоэффекта (ВАХ); покажите на ВАХ ток насыщения I_n и задерживающий потенциал U_z . ($\eta = 0.8$; $U_z = 1.0$ В)

3. Возбужденный атом водорода имеет радиус 0,848 нм. При переходе в основное состояние он испустил два кванта. Длина волны первого кванта равна 484,8 нм. Определите: 1) номера энергетических уровней, с которых атом водорода перешёл в основное состояние; 2) длину волны, энергию и импульс второго кванта. Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода, покажите на ней переходы, соответствующие данной задаче. ($n = 4$; $m = 2$; $\lambda_2 = 121.57$ нм; $W_\phi = 10.23$ эВ; $P_\phi = 5.45 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \frac{\text{м}}{\text{с}}$)

Вариант 0

1. Дифракционная решетка, имеющая 500 штрихов на 1 мм, имеет ширину 2 см. На нее нормально падает свет с длинами волн $\lambda_1 = 550$ нм и неизвестной λ_2 . Определить минимальное различие $\Delta\lambda_{min}$ между λ_1 и λ_2 , если их необходимо разрешить во всех порядках? В каком порядке m_n достигается наилучшее разрешение для вашей решётки? Изобразите схему эксперимента с указанием рисунка дифракционной решетки, где проставлен ее период. Кроме этого, изобразите на рисунке дифракционную картину интенсивности света на экране, пронумеруйте все главные дифракционные максимумы, которые могут быть видны на экране. ($\Delta\lambda_{min} = 0.055$ нм; $m_n = 3$)

2. Уединенный цинковый шарик облучается светом с длиной волны $\lambda = 200$ нм. Определить: 1) с какой наибольшей скоростью v_m будут вылетать электроны из шарика?; 2) до какого максимального потенциала φ_m зарядится шарик, теряя фотоэлектроны? Работа выхода для цинка 4 эВ. Изобразите на рисунке вольтамперную характеристику фотоэффекта (ВАХ); покажите на ВАХ ток насыщения I_n и задерживающий потенциал U_3 . ($v_m = 8,826 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$; $\varphi_m = 2.215$ В;)

3. Невозбужденный атом водорода поглощает квант излучения с длиной волны 97,25 нм. Определите: 1) номер энергетического уровня возбужденного атома водорода; 2) радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода; 3) скорость электрона на орбите возбужденного атома водорода. Изобразите на рисунке энергетическую диаграмму атома водорода, покажите на ней все переходы из возбужденного состояния в основное для вашего случая, включая промежуточные переходы. ($n = 4$; $r = 8.48 \cdot 10^{-10}$ м; $v = 5.44 \cdot 10^5$ м/с)

Пример оформления задачи.

3. Затухающие колебания происходят в колебательном контуре с индуктивностью катушки 80 мГн, емкостью конденсатора 2 мкФ и сопротивлением 16 Ом. В начальный момент времени напряжение на обкладках конденсатора было 24 В, а ток в контуре отсутствовал. Запишите уравнение затухающих колебаний для заряда, напряжения и силы тока с числовыми коэффициентами, определите время релаксации, число колебаний за это время и добротность контура. Изобразить график затухающих колебания для напряжения $U(t)$ в пределах двух времён релаксации. Изобразить график изменения энергии $W(t)$ в пределах двух времён релаксации.

Дано:

$$C = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$R = 16 \text{ Ом};$$

$$L = 80 \text{ мГн} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ Гн};$$

$$U_m = 24 \text{ В}; I(0) = 0 \text{ А}$$

Найти:

$$q(t) - ?$$

$$U(t) - ?$$

$$I(t) - ?$$

$$\tau - ?$$

$$N_e - ?$$

$$Q - ?$$

Решение:

Рассчитываем коэффициент затухания:

$$\beta = \frac{R}{2L} = \frac{16}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-2}} = 10^2 \text{ с}^{-1} \quad (1)$$

Рассчитываем собственную частоту колебаний

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{8 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \quad (2)$$

Для нашей задачи выполняется условие $\omega_0^2 \gg \beta^2$; $6,25 \cdot 10^6 \gg 10^4$ – следовательно в контуре реализуется слабое затухание.

При слабом затухании

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \approx \omega_0 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \quad (3)$$

1) Определяем уравнение затухающих колебаний заряда $q(t)$

Уравнение затухающих колебаний заряда $q(t)$ в общем виде:

$$q(t) = q_m e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi) \quad (4)$$

Максимальное значение колебаний заряда:

$$q_m = U_m \cdot C = 24 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ Кл} \quad (5)$$

Определяем начальную фазу φ

В начальный момент времени $t = 0$ заряд в конденсаторе максимальный

$$q_m = q_m e^{-\beta \cdot 0} \cos(\omega \cdot 0 + \varphi) = q_m \cos(\varphi) \quad (6)$$

$$\cos(\varphi) = 1 \quad (7)$$

$$\varphi = 0 \quad (8)$$

Уравнение колебаний заряда с численными коэффициентами:

$$q(t) = 4,8 \cdot 10^{-5} e^{-100t} \cos(2,5 \cdot 10^3 t), \text{ Кл} \quad (9)$$

Уравнение колебаний напряжения $U(t)$ в общем виде:

$$U(t) = U_m e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi) \quad (10)$$

Уравнение колебаний напряжения $U(t)$ с численными коэффициентами

$$U(t) = 24 e^{-100t} \cos(2,5 \cdot 10^3 t), \text{ В} \quad (11)$$

Уравнение колебаний силы тока $I(t)$ в общем виде:

$$I(t) = I_m e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi + \psi) \quad (12)$$

ψ – смещение по фазе тока относительно заряда и напряжения; I_m – амплитуда колебаний силы тока.

Находим максимальное значение тока в контуре

$$I_m = \omega_0 q_m = 2,5 \cdot 10^3 \cdot 4,8 \cdot 10^{-5} = 0,12 \text{ А} \quad (13)$$

Находим смещение по фазе тока относительно заряда и напряжения

$$\tan \psi = -\frac{\omega}{\beta} = -\frac{2,5 \cdot 10^3}{100} = -25 \quad (14)$$

$$\psi = \arctan(-25) = 1,61 \text{ рад} \quad (15)$$

Уравнение колебаний силы тока $I(t)$ с численными коэффициентами

$$I(t) = 0,12 e^{-100t} \cos(2,5 \cdot 10^3 t + 1,61), \text{ А} \quad (16)$$

2) Энергия затухающих колебаний

$$W(t) = W_0 e^{-2\beta t} \quad (17)$$

W_0 – энергия в начальный момент времени, вся энергия в момент $t = 0$ находится в конденсаторе, она максимальна:

$$W_0 = \frac{C U_m^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 24^2}{2} = 5,76 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} \quad (18)$$

Энергия затухающих колебаний с численными коэффициентами

$$W(t) = 5,76 \cdot 10^{-4} e^{-200t}, \text{ Дж} \quad (19)$$

3) Время релаксации

$$\tau = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{100} = 10^{-2} \text{ с} \quad (20)$$

Период колебаний

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2,5 \cdot 10^3} = 2,513 \cdot 10^{-3} \text{ с} \quad (21)$$

Число колебаний за время релаксации

$$N_e = \frac{\tau}{T} = \frac{10^{-2}}{2,513 \cdot 10^{-3}} = 3,98 \approx 4 \quad (22)$$

Логарифмический декремент затухания

$$\delta = \beta T = 100 \cdot 2,513 \cdot 10^{-3} = 2,513 \cdot 10^{-1} \quad (23)$$

Добротность контура

$$Q = \frac{\pi}{\delta} = \frac{\pi}{0,25132} = 12,5 \quad (24)$$

4) График затухающих колебания напряжения $U(t)$ в пределах двух времён релаксации

$$U(t) = 24e^{-100t} \cos(2,5 \cdot 10^3 t), \text{ В} \quad (25)$$

Амплитуда колебаний напряжения

$$A(t) = U_m e^{-\beta t} = 24e^{-100t}, \text{ В} \quad (26)$$

Графики для $U(t)$, $A(t)$ строим с помощью программы Excel, разобьём ось времени t на 100 делений, тогда одно деление равно

$$\Delta t = \frac{2\tau}{100} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{100} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с} \quad (27)$$

Создаем в Excel таблицу для времени t и $U(t)$, $A(t)$.

Таблица 1 – Время, напряжения и амплитуда

N	1	2	3	...	...	...	100	101
$t \times 10^{-4} \text{ с}$	0	2	4	...	...	...	198	200
$U(t), \text{ В}$	24,0	20,64	12,46	...	...	...	1,98	2,00
$A(t), \text{ В}$	24,0	23,06	22,60	...	...	...	3,31	3,25

Заполняем Табл. 1 данными и строим по ним графики для $U(t)$, $A(t)$, рис. 1. Внизу под графиком приводим: 1) уравнение $U(t)$; 2) время релаксации τ ; 3) число колебаний за время релаксации N_e .

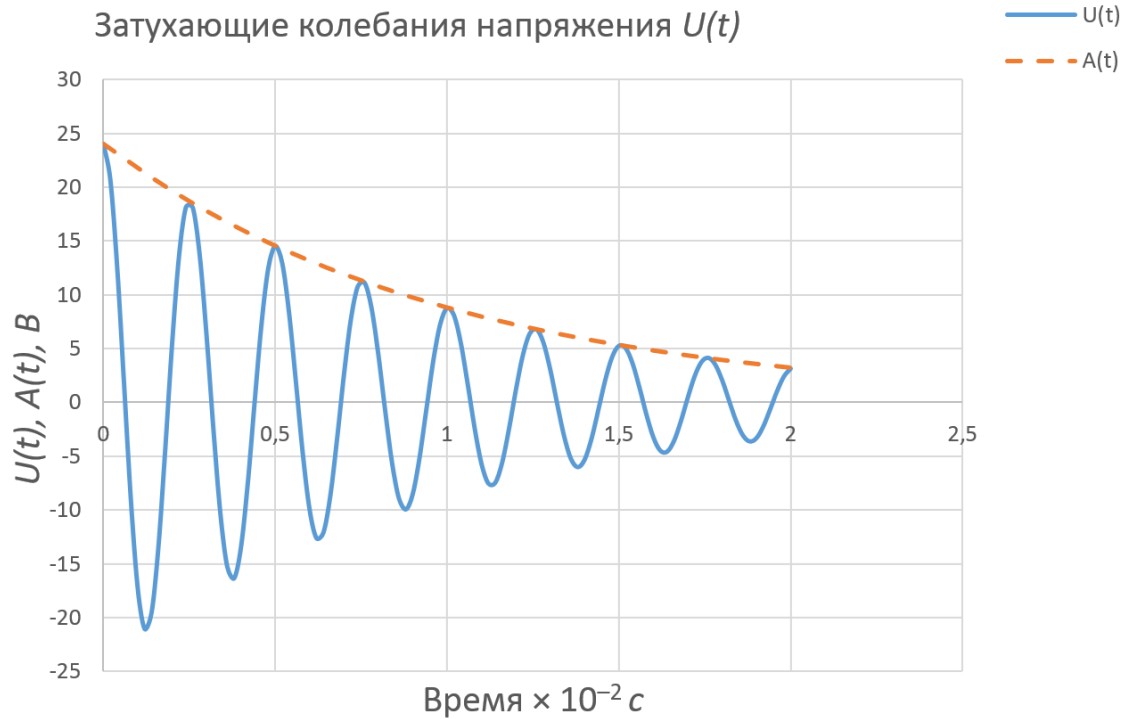


Рисунок 1 – График затухающих колебания напряжения $U(t)$ в пределах двух времён релаксации

$$U(t) = 24e^{-100t} \cos(2,5 \cdot 10^3 t), \text{ В} \quad (28)$$

$$\tau = 10^{-2} \text{ с} \quad (29)$$

$$N_e = 3,98 \approx 4 \quad (30)$$

б) График энергии $W(t)$ в пределах двух времён релаксации.

$$W(t) = W_0 e^{-2\beta t} \quad (31)$$

$$W(t) = 5,76 \cdot 10^{-4} e^{-200t}, \text{ Дж} \quad (32)$$

Графики для $W(t)$, строим с помощью программы Excel, разобьём ось времени t на 10 делений, тогда одно деление равно

$$\Delta t = \frac{2\tau}{10} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{10} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ с} \quad (33)$$

Создаем в Excel таблицу для времени t и $W(t)$.

Таблица 2 – Время и энергия

N	1	2	3	...	10	11
$t \times 10^{-2} \text{ с}$	0	0,2	0,4	...	1,8	2
$W(t) \times 10^{-4}$ Дж	5,76	3,86	2,58	...	0,16	0,11

Строим график $W(t)$. Внизу под графиком приводим: 1) уравнение $W(t)$; 2) время релаксации τ .

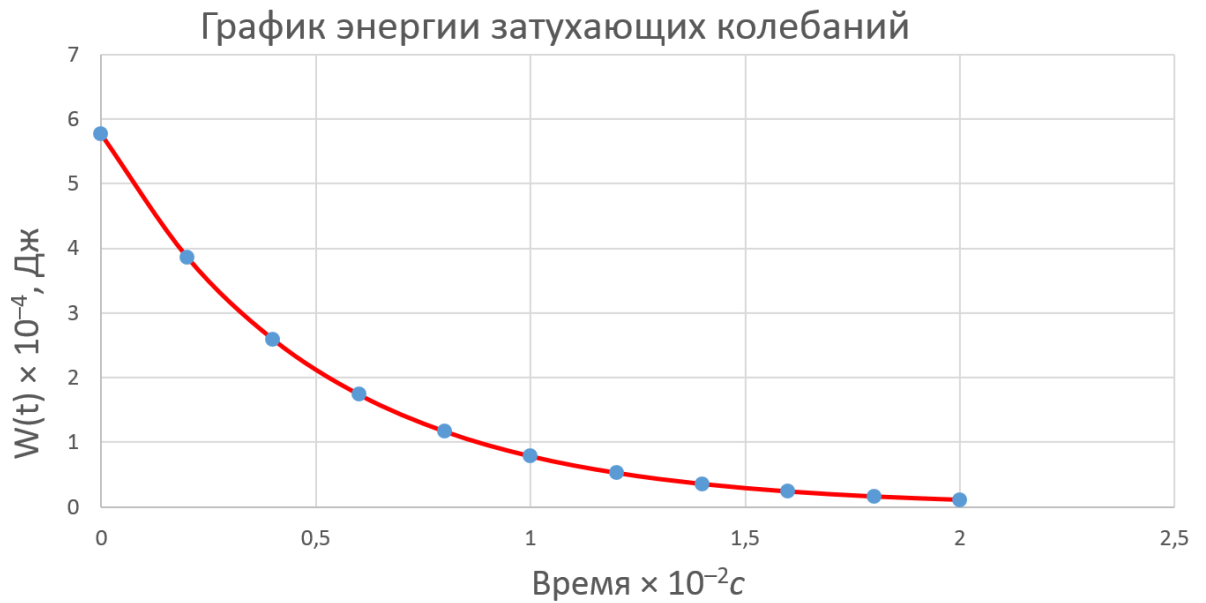


Рисунок 2 – График энергии $W(t)$ в пределах двух времён релаксации

$$W(t) = 5,76 \cdot 10^{-4} e^{-200t}, \text{ Дж} \quad (34)$$

$$\tau = 10^{-2} \text{ с} \quad (35)$$

Проверка правильности ответов. Используем закон сохранения энергии для максимального значения энергии в контуре, проверяем равенство левой и правой частей:

$$\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} \quad (36)$$

$$\frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 24^2}{2} = \frac{8 \cdot 10^{-2} \cdot 0,12^2}{2} \quad (37)$$

$$5,76 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} = 5,76 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} \quad (38)$$

Равенство соблюдается, следовательно, ответы правильные.

Ответ: $q(t) = 4,8 \cdot 10^{-5} e^{-100t} \cos(2,5 \cdot 10^3 t), \text{ Кл}$

$U(t) = 24 e^{-100t} \cos(2,5 \cdot 10^3 t), \text{ В},$

$I(t) = 0,12 e^{-100t} \cos(2,5 \cdot 10^3 t + 1,61), \text{ А},$

$W(t) = 5,76 \cdot 10^{-4} e^{-200t}, \text{ Дж}$

$\tau = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{100} = 10^{-2} \text{ с}, Q = 12,5, N_e = 3,98 \approx 4.$

Пример оформления титульного листа

Министерство цифрового развития, связи и
массовых коммуникаций Российской Федерации
ФГБОУ ВО «СибГУТИ»

Кафедра физики

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2
Вариант 6

Выполнил студент: Иванов И.И.
Группа: ЗП-202
Номер студенческого билета:
123456
Адрес электронной почты:
aaa@yandex.ru

Проверил преподаватель:
Доцент каф. физики Гулидов А.И.

Новосибирск, 2024 г