Часть № 6

Тема: «Квантовая оптика. Волновые свойства микрочастиц»

Теоретическая часть:

1. Законы излучения абсолютно черного тела.
2. Внешний фотоэффект. Уравнение Эйнштейна.
3. Давление света.
4. Длина волны Де Бройля.

Вариант 1

1. Какова температура печи, если известно, что из отверстия в ней площадью 4 $см^2$ излучается за 1 с энергия 22,7 Дж? Излучение считать излучением абсолютно черного тела.

2. Какова должна быть длина волны лучей, падающих на цинковую пластинку ($A_{вых}$ = 4,0 эВ), чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна 106 м/с?

3. Монохроматический пучок света (λ = 490 нм), падая нормально на поверхность, производит давление p = 5 мкПа. Сколько квантов света падает ежесекундно на единицу площади этой поверхности? Коэффициент отражения света ρ = 0,2

4. Какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,1 нм?

Вариант 2

1. Мощность потока энергии, излучаемой из смотрового окна мартеновской печи, P = 2,17 кВт. Площадь смотрового окошка S = 6 см2 . Определите температуру печи.

2. Красная граница фотоэффекта для платины лежит около 198 нм. Если платину прокалить при высокой температуре, то «красная граница» фотоэффекта станет равной 220 нм. На сколько электронвольт прокаливание уменьшает работу выхода электронов?

3. Давление излучения на плоское зеркало p = 0,2 Па. Определите поверхностную плотность потока световой энергии, падающей нормально на поверхность зеркала с коэффициентом отражения 0,6.
4. Какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,5 нм?

Вариант 3

1. Температура абсолютно черного тела изменилась при нагревании от 1327 до 1727 °С. На сколько изменилась при этом длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности излучательности и во сколько раз увеличилась максимальная спектральная плотность излучательности?

2. На металл падают рентгеновские лучи с длиной волны λ = 1 нм. Пренебрегая работой выхода, определите максимальную скорость фотоэлектронов.

3. Давление света длиной волны λ = 400 нм, падающего нормально на черную поверхность, равно 2 нПа. Определите число N фотонов, падающих за время t = 10 с на площадь S = 1 мм^2 этой поверхности.

4. Определите длину волны де Бройля электрона, если его кинетическая энергия T = 1 кэВ

Вариант 4

1. Мощность потока энергии, излучаемой из смотрового окна мартеновской печи. P = 2,17 кВт. Площадь смотрового окошка S = 6 см^2 . Определите температуру печи.

2. Красная граница фотоэффекта для платины лежит около 198 нм. Если платину прокалить при высокой температуре, то «красная граница» фотоэффекта станет равной 220 нм. На сколько электронвольт прокаливание уменьшает работу выхода электронов?

3. Давление света, производимое на зеркальную поверхность, p = 4 мПа. Определите концентрацию n фотонов вблизи поверхности, если длина волны света, падающего на поверхность, λ = 0,5 мкм.

4. Определите длину волны де Бройля протона, если его кинетическая энергия T = 1 Мэв

Вариант 5

1. Мощность потока энергии, излучаемой из смотрового окна мартеновской печи. P = 2,17 кВт. Площадь смотрового окошка S = 6 см2 . Определите температуру печи.

2. Квант света длиной волны λ = 232 нм освобождает с поверхности платинового электрода ($A_{вых}$ = 6,3 эВ) фотоэлектрон. Определите импульс, сообщаемый при этом электроду, если известно, что фотоэлектрон вылетает навстречу летящему кванту

3. Плотность потока световой энергии на поверхность 7 кВт/м^2 . Найдите световое давление для случаев, когда поверхность: а) полностью отражает все лучи; б) полностью поглощает все падающие лучи.

4. Найдите длину волны де Бройля протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов U = 1 кВ.

Вариант 6

1. Максимальная спектральная плотность излучательности абсолютно черного тела $r_{max} = 4{,}16 \cdot 10^{11}$ Вт·м$^{-3}$. На какую длину волны она приходится?
2. Красная граница фотоэффекта рубидия 0,81 мкм. Определите скорость фотоэлектронов при облучении рубидия светом с длиной волны 0,40 мкм. Какую задерживающую разность потенциалов нужно приложить к фотоэлектрону, чтобы прекратился фототок?
3. Определите энергетическую светимость зеркальной поверхности, если давление, производимое излучением, P= 40 мкПа. Лучи падают нормально к поверхности.
4. Найдите длину волны де Бройля электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов U = 1 МВ.

Вариант 7

1. Из смотрового окошка излучается поток Фэ = 4 кДж/мин. Определите температуру печи, если площадь окошка S = 8 см^2 .
2. Уединенный медный шарик освещается ультрафиолетовым излучением с длиной волны λ = 165 нм.. Если работа выхода электрона для меди $A_в$=4,5 эВ, то каков максимальный потенциал, до которого может зарядиться шарик?
3. На зеркальную поверхность площадью5 см^2 по нормали к ней ежесекундно падает $5 \cdot 10^{17}$ фотонов. Если при этом световое давление равно 2 мкПа, то длина волны (в нм) падающего света равна …
4. С какой скоростью движется протон, если длина волны де Бройля равна его комптоновской длине волны?

Вариант 8

1. Температура абсолютно черного тела T = 2000 К. Определите длину волны, на которую приходится максимум энергии излучения и спектральную плотность энергетической светимости, рассчитанную на интервал длин волн $\Delta\lambda$ = 1 нм вблизи λ_{max}.
2. Катод фотоэлемента освещается светом с длиной волны λ. При отрицательном потенциале на аноде –1,6 В ток в цепи прекратится. При изменении длины волны света в 1,5 раза для прекращения тока потребовалось подать на анод отрицательный потенциал –1,8 В. Определите работу выхода материала катода.
3. На черную пластинку падает поток света. Если число фотонов, падающих на единицу площади поверхности в единицу времени, увеличить в 4 раза, а черную пластинку заменить зеркальной, то световое давление увеличится в _____ раз(-а).
4. Электрон движется по окружности радиусом r = 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией B = 8 мТл. Определите длину волны де Бройля электрона.

Вариант 9

1. Абсолютно черное тело имеет температуру $T_1 = 500$ К. Какова будет температура T_2 тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в 5 раз?
2. На поверхность металла падают монохроматические лучи с длиной волны $\lambda = 0{,}1$ мкм. Красная граница фотоэффекта $\lambda_{кр} = 0{,}3$ мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?
3. Давление Р света на поверхность, имеющую коэффициент отражения $\rho=0{,}25$, составило 0,25 мкПа. Энергетическая освещенность этой поверхности (в Вт/м^2) равна …
4. Протон движется по окружности радиусом $r = 0{,}1$ см в однородном магнитном поле с индукцией $B = 4$ мТл. Определите длину волны де Бройля протона.

Вариант 10

1. В какой области спектра лежит длина волна, соответствующая максимуму излучательной способности Солнца, если температура его поверхности 5800 К?
2. На поверхность никеля падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 200$ нм. Красная граница фотоэффекта для никеля 248 нм. Определите энергию падающих фотонов, работу выхода электронов, максимальную кинетическую энергию электронов и их скорость.
3. Солнечный свет падает на зеркальную поверхность по нормали к ней. Если интенсивность солнечного излучения равна 1,37 кВт/м^2, то чему равно давление света на поверхность?
4. Какую ускоряющую разность потенциалов U должна пройти α-частица, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,1 нм?

Вариант 11

1. Температура абсолютно черного тела 127 °С. После повышения температуры суммарная мощность излучения увеличилась в 3 раза. На сколько повысилась при этом температура?
2. На фотоэлемент с катодом из рубидия ($А_{вых} = 1{,}53$ эВ) падают лучи с длиной волны 100 нм. Найдите наименьшее значение задерживающей разности потенциалов, которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить эмиссию электронов.
3. Давление монохроматического света с длиной волны 600 нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно 0,1 мкПа. Определить число фотонов, падающих на поверхность площадью 10 см^2 за 1 с.
4. Определите длину волны де Бройля α-частицы, если его кинетическая энергия $T = 1$ МэВ.

Вариант 12

1. Мощность излучения абсолютно черного тела Фе = 10 кВт, максимум спектральной плотности излучательности приходится на длину волны 0,8 мкм. Определите площадь излучающей поверхности.
2. При облучении некоторого металла излучением с длиной волны $\lambda_1 = 279$ нм задерживающий потенциал равен 0,66 В, при длине волны $\lambda_2 = 245$ нм задерживающий потенциал становится равным 1,26 В. Считая заряд электрона и скорость света известными, определите постоянную Планка и работу выхода электрона из данного металла.
3. Параллельный пучок света с длиной волны 600 нм падает на зачерненную поверхность по нормали к ней. Если концентрация фотонов в пучке составляет $3 \cdot 10^{13}$ 1/м$^{-3}$, то чему равно давление света на поверхность?
4. Какую ускоряющую разность потенциалов U должна пройти α-частица, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,1 нм

Вариант 13

1. Температура абсолютно черного тела изменяется от 727 до 1727 °С. Во сколько раз изменится при этом энергия, излучаемая телом?

2. На плоский алюминиевый электрод падает ультрафиолетовое излучение с длиной волны 90 нм. Вне электрода имеется однородное электрическое поле с напряженностью 0,82 кВ/м, задерживающее для фотоэлектронов. Если красная граница фотоэффекта для алюминия равна 332 нм, то каково максимальное расстояние, на которое может удалиться фотоэлектрон от поверхности алюминиевого электрода?

3. Давление монохроматического света на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, равно 0,15 мкПа. Определить длину волны излучения, если за 1 с на поверхность площадью 40 см^2 падает $4{,}52 \cdot 10^{17}$ фотонов.

4. Какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,16 нм?

Вариант 14

1. Из отверстия в печи площадью 10 см2 излучается 250 кДж энергии за 1 мин. В какой области спектра лежит длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности?

2. Изолированная металлическая пластинка освещается светом с длиной волны 450 нм. Работа выхода электронов из металла равна 2 эВ. До какого потенциала зарядится пластинка?

3. Параллельный пучок света падает по нормали на зачерненную плоскую поверхность, производя давление Р. При замене поверхности на зеркальную давление света не изменяется, если угол падения (отсчитываемый от нормали к поверхности) будет равен…

4. Определите длину волны де Бройля λ, характеризующую волновые свойства протона, если его скорость v = 10^7 м/с.

Вариант 15

1. Найдите мощность, излучаемую абсолютно черным телом, представляющим собой шар радиусом 10 см, который находится в комнате при температуре 20 °С.
2. Какой длины электромагнитную волну следует направить на поверхность цинка (Авых = 4,0 эВ), чтобы максимальная скорость фотоэлектронов бала равна 0,8 Мм/с?
3. Пучок монохроматического света падает нормально на зеркальную поверхность. Поток энергии $\Phi_E = 0,6$ Вт. Определить силу давления, испытываемую этой поверхностью. (4нН)
4. Определите длину волны де Бройля λ, характеризующую волновые свойства электрона, если его скорость $v = 10^6$ м/с.

Вариант 16

1. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум спектральной плотности энергетической светимости переместится с красной линии видимого спектра ($\lambda_{max1} = 780$ нм) на фиолетовую ($\lambda_{max2} = 390$ нм)?
2. Красная граница фотоэффекта рубидия 810 нм. Какое задерживающее напряжение нужно приложить к фотоэлементу, чтобы электронам, испускаемым рубидием под действием ультрафиолетовых лучей ($\lambda = 100$ нм), не удалось преодолеть задерживающее поле?
3. Давление монохроматического света с длиной волны λ=550 нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно 0,15 мкПа. Определить число фотонов, падающих на поверхность площадью 1 $см^2$ за t =1 с.
4. Определите длину волны де Бройля λ, характеризующую волновые свойства α-частицы, если ее скорость $v = 2 \cdot 10^6$ м/с.

Вариант 17

1. Вычислите энергию, излучаемую с поверхности Солнца площадью 1 $м^2$ за 1 мин, приняв температуру его поверхности равной 5800 К. Считать Солнце абсолютно черным телом.
2. Определите максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности цинка ($A_{вых} = 4,0$ эВ) светом с длиной волны 0,25 мкм. Чему равна красная граница фотоэффекта?
3. Монохроматическое излучение с длиной волны λ=500 нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой $F = 10^{-8}$ Н. Определить число N фотонов, ежесекундно падающих на эту поверхность.
4. Какую ускоряющую разность потенциалов U должна пройти α-частица, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,4 нм?

Вариант 18

1. Во сколько раз увеличится мощность излучения абсолютно черного тела, если максимум спектральной плотности излучательности его переместится от 700 до 480 нм?
2. На поверхность никеля падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 480$ нм. Красная граница фотоэффекта для никеля 248 нм. Определите энергию падающих фотонов, работу выхода электронов, максимальную кинетическую энергию электронов и их скорость.
3. Параллельный пучок света с длиной волны 500 нм падает на зачерненную поверхность по нормали к ней. Если концентрация фотонов в пучке составляет $4 \cdot 10^{13}$ 1/м$^{-3}$, то чему равно давление света на поверхность?
4. Определить ускоряющую разность потенциалов U, которую должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,25 нм?

Вариант 19

1. Из отверстия в печи площадью 12 см^2 излучается 150 кДж энергии за 1 мин. В какой области спектра лежит длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности?

2. Изолированная металлическая пластинка освещается светом с длиной волны 450 нм. Работа выхода электронов из металла равна 2 эВ. До какого потенциала зарядится пластинка?

3. Параллельный пучок света падает по нормали на зачерненную плоскую поверхность, производя давление Р. При замене поверхности на зеркальную давление света не изменяется, если угол падения (отсчитываемый от нормали к поверхности) будет равен…

4. Протон движется по окружности радиусом r = 0,16 см в однородном магнитном поле с индукцией B = 7 мТл. Определите длину волны де Бройля протона.

Вариант 20

1. Найдите мощность, излучаемую абсолютно черным телом, представляющим собой шар радиусом 20 см, который находится в комнате при температуре 30 °С.

2. Какой длины электромагнитную волну следует направить на поверхность цинка (Авых = 4,0 эВ), чтобы максимальная скорость фотоэлектронов бала равна 0,2 Мм/с?

3. Пучок монохроматического света падает нормально на зеркальную поверхность. Поток энергии $\Phi_E = 0,6$ Вт. Определить силу давления, испытываемую этой поверхностью. (4нН)

4. Электрон движется по окружности радиусом r = 0,06 см в однородном магнитном поле с индукцией B = 12 мТл. Определите длину волны де Бройля электрона.

Вариант 21

1. Какова температура печи, если известно, что из отверстия в ней площадью 3 см^2 излучается за 1 с энергия 22,7 Дж? Излучение считать излучением абсолютно черного тела.
2. Какова должна быть длина волны лучей, падающих на цинковую пластинку ($A_{вых}$ = 4,0 эВ), чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна 10^8 м/с?
3. Монохроматический пучок света (λ = 590 нм), падая нормально на поверхность, производит давление p = 5 мкПа. Сколько квантов света падает ежесекундно на единицу площади этой поверхности? Коэффициент отражения света ρ = 0,2
4. Какую ускоряющую разность потенциалов U должна пройти α-частица, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,08 нм?

Вариант 22

1. Сколько энергии излучает абсолютно черное тело за 1 с со светящейся поверхности площадью 1 см^2 , если максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны 725 нм?
2. На металл падают рентгеновские лучи с длиной волны λ = 1 нм. Пренебрегая работой выхода, определите максимальную скорость фотоэлектронов.
3. Давление света длиной волны λ = 400 нм, падающего нормально на черную поверхность, равно 2 нПа. Определите число N фотонов, падающих за время t = 10 с на площадь S = 1 мм^2 этой поверхности.
4. С какой скоростью движется протон, если длина волны де Бройля равна его комптоновской длине волны?