

Задание 11-17 КВАНТОВАЯ ФИЗИКА. Излучение и спектры. Элементы квантовой оптики

° - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома

Задачи простые

A1*. В чём различия между непрерывным, линейчатыми и полосатыми спектрами излучения?

A2*. Почему линейчатые спектры используются для проведения спектрального анализа вещества?

A3*. В чём различие между характеристическим и тормозным рентгеновским излучением?

A4*. Дайте определение абсолютно чёрного тела.

A5*. В чём основные особенности спектра излучения нагретых тел?

A6*. Когда чайник создаст большее излучение: когда в нём кипит или когда в нём вода комнатной температуры?

A7*. В комнате стоят два одинаковых алюминиевых чайника, содержащие равные массы воды при 90°C . Один из них закоптился и стал чёрным. Какой из чайников быстрее остынет?

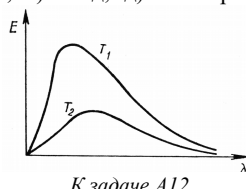
A8*. Почему в холодную погоду многие животные спят, свернувшись в клубок?

A9*. Почему мел выглядит среди раскаленных углей темным?

A10*. На светлом фоне керамического изделия сделан темный рисунок. Если это изделие поместить в печь с высокой температурой, то виден светлый рисунок на темном фоне. Почему?

A11*. К какому виду излучения (тепловому или люминесцентному) относится свечение: а) раскаленного металла; б) лампы дневного света; в) светодиода; г) звезд; д) некоторых глубоководных рыб?

A12*. На рисунке даны графики распределения энергии в спектре нагретого тела при различных температурах T_1 и T_2 . Какой из графиков соответствует более высокой температуре?



A13*. Почему в парниках температура значительно выше, чем у окружающего воздуха, даже при отсутствии отопления и удобрений?

A14*. Почему ртутные лампы ультрафиолетового излучения делают не из обычного стекла, а из кварцевого?

A15*. Для чего металлизуют (покрывают прочным слоем фольги) спецодежду сталеваров, мартенщиков, прокатчиков и др?

A16*. Почему при спектральном анализе исследуемое вещество помещают в пламя горелки или вводят в электрическую дугу?

A17*. Определите энергию и массу фотонов, соответствующих красной ($\lambda_1 = 0.76 \text{ мкм}$) и фиолетовой ($\lambda_2 = 0.38 \text{ мкм}$) границам видимого спектра.

A18*. Каким импульсом обладает фотон излучения с частотой $5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$? Какова масса этого фотона?

A19*. Определите импульс фотона излучения с длиной волны 600 нм . Какова масса этого фотона?

A20*. Почему изменение длины волны электромагнитного излучения при рассеянии на свободных электронах (эффект Комптона) заметно лишь при больших частотах волн?

Задачи средние

B1*. В чём проявляется равновесность теплового излучения?

B2*. Может ли быть равновесным излучение, возникающее за счёт химических реакций?

B3*. Что такое ультрафиолетовая катастрофа?

B4*. В чём состояла гипотеза Планка при построении им теории равновесного теплового излучения?

B5. Нагревая кусок стали, мы при температуре 800°C будем наблюдать яркое вишнёво-красное каление, но прозрачный стержень плавящего кварца при той же температуре совсем не светится. Объясните этот эффект.

B6. Чем вызвана и к какому виду относится люминесценция в следующих случаях: а) свечение газа в рекламных трубках; б) свечение стрелки компаса; в) свечение планктона в море?

B7*. Для обнаружения поверхностных дефектов в изделиях (микроскопические трещины, царапины и др.) пользуются люминесцентной дефектоскопией. На изделие наносится тонкий слой керосино-масляного раствора люминесцентного вещества, излишки которого затем удаляются. Изделие освещают ультрафиолетовым излучением. Объясните этот метод.

B8*. Какого типа спектр получится от следующих источников: а) пламени свечи; б) пламени костра; в) нити электрической

лампы накаливания; в) спирали электроплитки; г) пламени электрической дуги; д) неоновой лампы; е) лампы дневного света; ж) светодиода?

B9. Найдите длину волны, определяющую коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра для случаев, когда к рентгеновской трубке приложена разность потенциалов, равная **30, 40, 50 кВ**.

B10. Найдите длину волны, определяющую коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к трубке напряжения на **23 кВ** увеличивает искомую длину волны в **2 раза**.

B11*. Длина волны γ -излучения радия равна **1.6 нм**. Какую минимальную разность потенциалов надо приложить к рентгеновской трубке, чтобы получить рентгеновские лучи с этой длиной волны?

B12*. К электродам рентгеновской трубки приложена разность потенциалов **60 кВ**. Наименьшая длина волны рентгеновских лучей, получаемых от этой трубки, равна **20.6 нм**. Найдите из этих данных постоянную Планка.

B13. Найдите массу фотона: а) красных лучей света ($\lambda = 700 \text{ нм}$); б) рентгеновских лучей ($\lambda = 25 \text{ нм}$); в) γ -лучей ($\lambda = 1.24 \text{ нм}$).

B14*. Какой массой обладает фотон с длиной волны $6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$? Сколько нужно таких фотонов, чтобы их масса была равна массе покоя электрона?

B15*. Найдите энергию, массу и импульс фотона, если соответствующая ему длина волны равна **1.6 нм**.

B16*. Объясните, почему существование красной границы в явлении фотоэффекта говорит в пользу корпускулярной теории света и против волновой?

B17. Фотон выбивает с поверхности металла с работой выхода **2 эВ** электрон с энергией **2 эВ**. Какова минимальная энергия такого фотона?

B18*. Длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта, для натрия составляет **530 нм**. Определите работу выхода электронов из натрия.

B19. Работа выхода электронов из золота равна **4.76 эВ**. Найдите красную границу фотоэффекта для золота.

B20*. Работа выхода электронов из ртути равна **4.53 эВ**. Возникнет ли фотоэффект, если на поверхность ртути направить видимый свет?

B21. Работа выхода электронов из кадмия равна **4.08 эВ**. Какова частота падающего на кадмий света, если максимальная скорость фотоэлектронов равна $7.2 \cdot 10^5 \text{ м/с}$?

B22*. Определите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, вылетающих из калия, при его освещении лучами с длиной волны **345 нм**. Работа выхода электронов из калия равна **2.26 эВ**.

B23. Максимальная энергия фотоэлектронов, вылетающих из рубидия при его освещении ультрафиолетовыми лучами с длиной волны **317 нм**, равна $2.84 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Определите работу выхода и красную границу фотоэффекта для рубидия.

B24*. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла равна **275 нм**. Найдите работу выхода электронов из этого металла и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых из него светом с длиной волны **180 нм**.

B25. Давление света на чёрную поверхность в два раза меньше, чем на зеркальную. Почему?

B26*. На поверхность тела площадью **1 м²** падает за **1 с** 10^5 фотонов с длиной волны **500 нм**. Определите световое давление, если все фотоны: а) поглощаются телом; б) отражаются телом.

B27*. Почему свободный электрон не может поглотить фотон.

B28. Определите энергию, которую рентгеновский фотон передаёт неподвижному электрону при их столкновении, если начальная энергия фотона **E = 10 кэВ** и угол рассеяния фотона $\theta = 60^{\circ}$.

Задачи сложные

V1*. Что можно узнать о составе сплава по изучению яркости спектральных линий в его спектре?

V2. Почему для получения спектра поглощения поглощающие пары натрия должны быть холоднее чем источник, испускающий белый свет?

Задание 11-17 КВАНТОВАЯ ФИЗИКА. Излучение и спектры. Элементы квантовой оптики

° - задачи с рисунком, * - задачи для решения дома

V3. Почему призматический спектр чаще применяют для изучения состава коротковолнового излучения, а в случае длинноволнового излучения целесообразно пользоваться дифракционным спектром?

V4. Зачем, перед тем как сделать рентгеновский снимок желудка, больному дают "бариевую кашу" (сульфат бария, смешанный с манной кашей)?

V5*. Период лучших дифракционных решеток достигает **800 нм**. Почему при помощи таких решеток не удаётся наблюдать дифракцию рентгеновского излучения в параллельных лучах? Почему при скользющем падении рентгеновских лучей на решетку под углом ($90^\circ > \alpha > 89^\circ$) дифракция всё же наблюдается?

V6*. Тренированный глаз, длительно находящийся в темноте, способен в особых случаях реагировать на световой поток, приносящий в зрачок глаза всего **50 фотонов** в секунду. Найдите минимальную мощность, воспринимаемую глазом. Длину волны фотона принять равной **500 нм**.

V7*. Дуговой разряд выделяет мощность **125 Вт**. **80%** мощности дуги идёт на излучение. Какое число фотонов испускается в единицу времени в излучении с длинами волн **612 нм, 579 нм, 546 нм, 405 нм, 366 нм и 254 нм**? Интенсивности этих линий составляют соответственно **2%, 4%, 4%, 2.9%, 2.5% и 4%** всей интенсивности излучения дуги.

V8. Рентгеновская трубка, работающая под напряжением **50 кВ** и при силе тока **2 мА**, излучает **$5 \cdot 10^{13}$** фотонов в секунду. Принимая среднюю длину волны излучения трубки равной **0.1 нм**, определите КПД трубки. Объясните, на что расходуется остальная энергия, поглощаемая из электрической сети.

V9. Изменится ли "жесткость" излучения рентгеновской трубки, если, не меняя анодного напряжения, изменить накал нити катода?

V10. Допустим, что небольшой космический корабль, масса которого вместе с экипажем равна **1460 кг**, оказался в космическом пространстве, где гравитационное поле пренебрежимо мало. Какую скорость приобретет корабль, если на нем установить прожектор, излучающий в пространство свет мощностью **10 Вт** в течение одних земных суток?

V11*. Как средство перемещения космического корабля в пределах Солнечной системы было предложено использовать световое давление, для чего потребовался бы большой парус из алюминиевой фольги. Каковы должны быть размеры паруса, чтобы сила давления света скомпенсировала силу притяжения к Солнцу? Примите массу корабля и паруса равными **1460 кг** и предположите, что поверхность паруса идеально отражает свет и ориентирована под прямым углом к солнечным лучам

V12*. В опыте по обнаружению фотоэффекта цинковая пластина крепится на стержне электрометра, предварительно заряжается отрицательно и освещается светом электрической дуги так, чтобы лучи падали перпендикулярно плоскости пластины. Как изменится время разрядки электрометра, если: а) пластину повернуть так, чтобы лучи падали на нее под некоторым углом; б) электрометр приблизить к источнику света; в) закрыть непрозрачным экраном часть пластины; г) увеличить освещённость; д) поставить светофильтр, задерживающий инфракрасную часть спектра; е) поставить светофильтр, задерживающий ультрафиолетовую часть спектра?

V13. Фотоны с энергией **4.9 эВ** вырывают электроны из металла с работой выхода **4.5 эВ**. Найдите максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

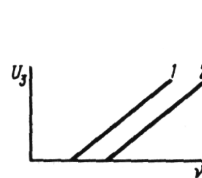
V14. Красная граница фотоэффекта для вольфрама равна **275 нм**. Работа выхода электронов из вольфрама равна **4.5 эВ**. Найдите значение запирающего напряжения, если вольфрам освещается светом с длиной волны **175 нм**.

V15*. Для полной задержки фотоэлектронов, выбитых из некоторого металла излучением с длиной волны **210 нм**, требуется напряжение **2.7 В**. Чему равна работа выхода электронов из этого металла?

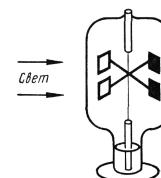
V16*. В опыте Столетова цинковая пластинка, заряженная отрицательно, облучалась светом вольтовой дуги. До какого минимального потенциала зарядится цинковая пластинка, если она будет облучаться монохроматическим светом с длиной волны **324 нм**? Работа выхода электронов из цинка равна **3.74 эВ**.

V17°. На рисунке представлены зависимости задерживающего напряжения от частоты облучающего света для двух различных материалов катода фотоэлемента. Какой из материалов имеет меньшую работу выхода? Почему зависимость линейная? Чему равен тангенс угла наклона линии графика?

V18°. Легкая крестовина с четырьмя лепестками легко вращается вокруг вертикальной оси внутри стеклянного баллона, из которого откачан воздух (см. рисунок). Поверхность каждого лепестка с одной стороны зеркальная, а с другой - чёрная. Если на баллон направить световое излучение, то крестовина начинает вращаться. При этом зеркальная поверхность движется навстречу лучам, а чёрная по направлению лучей. Можно ли этот опыт объяснить световым давлением?



К задаче V17



К задаче V18

Теория

1. Г.Я. Мякишев – Оптика. Квантовая физика. §§ 4.1-5.9.
2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский – Основы физики Т.2. §§ 59.1-59.7, 67.1-68.10.
3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев – Физика для углублённого изучения. Т.3. Строение и свойства вещества. §§ 6, 28, 29.
4. Г.С. Ландсберг – Элементарный учебник физики Т.3. §§ 172-193.
5. Д. Джанколи – Физика. Т.2. §§ 40.1-40.2.