

Физика 19 группа

Прочитайте п.81-83 учебника (см ниже)

Составьте и запишите рассказ по плану (как бы вы отвечали на экзамене)

1. Что называют спектром?
2. Что является причиной появления спектра?
3. Какие виды спектров существуют (название, как выглядит, какие вещества испускают)?
4. Как осуществляется спектральный анализ?
5. В чем преимущество спектрального анализа?
6. Применение спектрального анализа?

Вавилов Сергей Иванович (1891—1951) — советский физик, государственный и общественный деятель, президент АН СССР в 1945—1951 гг. Основные научные труды посвящены физической оптике, и в первую очередь фотолюминесценции. Под его руководством была разработана технология изготовления ламп дневного света и развит метод люминесцентного анализа химического состава веществ. Под его руководством П. А. Черенков открыл в 1934 г. излучение света электронами, движущимися в среде со скоростью, превышающей скорость света в этой среде.



краски, которыми покрывают елочные игрушки, излучают свет после их облучения.

Излучаемый при фотолюминесценции свет имеет, как правило, бóльшую длину волны, чем свет, возбуждающий свечение. Это можно наблюдать экспериментально. Если направить на сосуд с флюоресцеином (органический краситель) световой пучок, пропущенный через фиолетовый светофильтр, то эта жидкость начинает светиться зелено-желтым светом, т. е. светом с большей длиной волны, чем у фиолетового света.

Явление фотолюминесценции широко используется в лампах дневного света. Советский физик С. И. Вавилов предложил покрывать внутреннюю поверхность разрядной трубки веществами, способными ярко светиться под действием коротковолнового излучения газового разряда. Лампы дневного света примерно в 3—4 раза экономичнее обычных ламп накаливания.

Из перечисленных основных видов излучений самое распространенное — тепловое излучения.



1. Какие источники света вы знаете?
2. Какие виды излучений действовали на вас в прошедшие сутки?

§ 81 СПЕКТРЫ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Распределение энергии в спектре. Ни один из источников не дает *монохроматического света*, т. е. света строго определенной длины волны. В этом нас убеждают опыты по разложению света в спектр с помощью призмы, а также опыты по интерференции и дифракции.

Та энергия, которую несет с собой свет от источника, определенным образом распределена по волнам всех длин волн (или частотам), входящим в состав светового пучка. Плотность потока электромагнитного излучения, или интенсивность I , как известно из § 50, определяется энергией ΔW , приходящейся на все частоты. Для характеристики распределения излучения по частотам нужно ввести новую величину: *интенсивность, приходящуюся на единичный интервал частот*. Эту величину называют **спектральной плотностью потока излучения**. Обозначим ее через $I(\nu)$. Тогда интенсивность излучения, приходящаяся на небольшой спектральный интервал $\Delta\nu$, равна $I(\nu)\Delta\nu$. Суммируя подобные выражения по всем частотам спектра, мы получим плотность потока излучения I .

Спектральную плотность потока излучения на разных частотах можно найти экспериментально. Для этого надо с помощью призмы получить спектр излучения, например электрической дуги, и измерить плотность потока излучения, приходящегося на небольшие спектральные интервалы шириной $\Delta\nu$.

Зрительно оценить (приблизительно) распределение энергии нельзя, так как глаз обладает избирательной чувствительностью к свету: максимум его чувствительности лежит в желто-зеленой области спектра. Лучше всего воспользоваться свойством очень черного тела почти полностью поглощать свет всех длин волн. При этом энергия излучения (т. е. света) вызывает нагревание тела. Поэтому достаточно измерить температуру тела и по ней судить о количестве поглощенной в единицу времени энергии.

По результатам таких опытов можно построить кривую зависимости спектральной плотности интенсивности излучения от частоты (рис. 10.1). Эта кривая даст наглядное представление о распределении энергии в *видимой* части спектра электрической дуги.

Спектральные аппараты. Для точных исследований спектров такие простые приспособления, как узкая щель, ограничивающая световой пучок, или призма, уже недостаточны. Необходимы приборы, дающие четкий спектр, т. е.

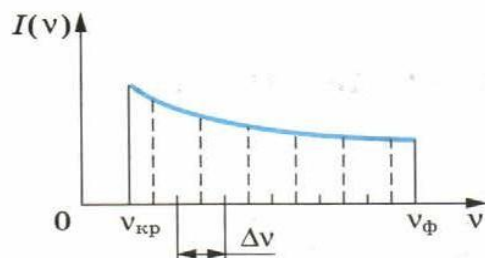


Рис. 10.1

приборы, хорошо разделяющие волны различной длины и не допускающие (или почти не допускающие) перекрытия отдельных участков спектра. Такие приборы называют **спектральными аппаратами**. Их основной частью является призма или дифракционная решетка.

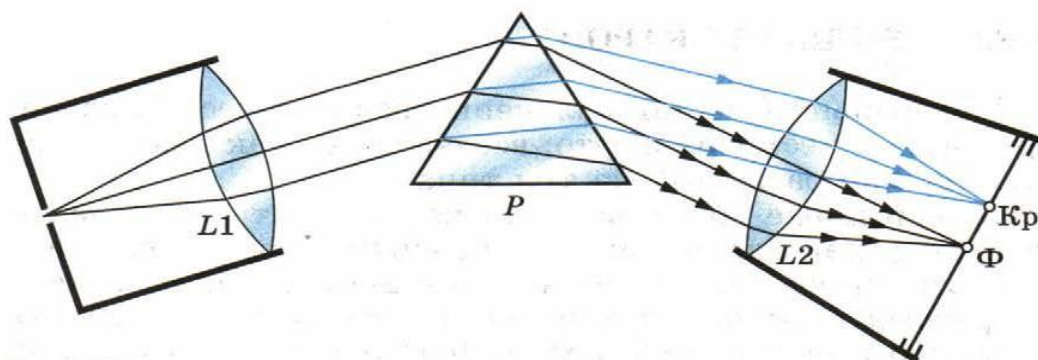


Рис. 10.2

Рассмотрим, например, схему устройства призмного спектрального аппарата (рис. 10.2). Исследуемое излучение поступает вначале в часть прибора, называемую *коллиматором*. Коллиматор представляет собой трубу, на одном конце которой имеется ширма с узкой щелью, а на другом — собирающая линза $L1$. Щель находится на фокусном расстоянии от линзы. Поэтому расходящийся световой пучок, попадающий на линзу из щели, выходит из нее параллельным пучком и падает на призму P .

Так как разным частотам соответствуют различные показатели преломления, то из призмы выходят параллельные пучки, не совпадающие по направлению. Они падают на линзу $L2$. На фокусном расстоянии от этой линзы располагается экран — матовое стекло или фотопластинка. Линза $L2$ фокусирует параллельные пучки лучей на экране, и вместо одного изображения щели получается целый ряд изображений. Каждой частоте (точнее, узкому спектральному интервалу) соответствует свое изображение. Все эти изображения вместе и образуют спектр.

Описанный прибор называется *спектрографом*. Если вместо второй линзы и экрана используется зрительная труба для визуального наблюдения спектров, то прибор называется *спектроскопом*. Призмы и другие детали спектральных аппаратов изготавливаются не только из стекла. Вместо стекла применяют и такие прозрачные материалы, как кварц, каменная соль и др.

Вы ознакомились с новой величиной — спектральной плотностью интенсивности излучения, а также с устройством спектрографа.



1. Что надо изменить в спектральном аппарате, если вместо призмы использовать дифракционную решетку?
2. Как зависит интенсивность излучения от частоты в видимой части спектра?

Спектральный состав излучения веществ весьма разнообразен. Но, несмотря на это, все спектры, как показывает опыт, можно разделить на три типа.

Непрерывные спектры. Солнечный спектр или спектр дугового фонаря является непрерывным. Это означает, что в спектре представлены волны всех длин волн. В спектре нет разрывов, и на экране спектрографа можно видеть сплошную разноцветную полосу (см. рис. V, 1 на цветной вклейке).

Распределение энергии по частотам, т. е. спектральная плотность интенсивности излучения, для разных тел различно. Например, тело с очень черной поверхностью излучает электромагнитные волны всех частот, но кривая зависимости спектральной плотности интенсивности излучения от частоты имеет максимум при определенной частоте ν_{\max} (рис. 10.3). Энергия излучения, приходящаяся на очень малые ($\nu \rightarrow 0$) и очень большие ($\nu \rightarrow \infty$) частоты, ничтожно мала. При повышении температуры тела максимум спектральной плотности излучения смещается в сторону коротких волн.

Непрерывные (или сплошные) спектры, как показывает опыт, дают тела, находящиеся в твердом или жидком состоянии, а также сильно сжатые газы. Для получения непрерывного спектра нужно нагреть тело до высокой температуры.

Характер непрерывного спектра и сам факт его существования не только определяются свойствами отдельных излучающих атомов, но и в сильной степени зависят от взаимодействия атомов друг с другом.

Непрерывный спектр дает также высокотемпературная плазма. Электромагнитные волны излучаются плазмой в основном при столкновениях электронов с ионами.

Линейчатые спектры. Внесем в бледное пламя газовой горелки кусочек асбеста, смоченный раствором обыкновенной поваренной соли. При наблюдении пламени в спектроскоп увидим, как на фоне едва различимого непрерывного спектра пламени вспыхнет яркая желтая линия (см. рис. V, 2 на цветной вклейке). Эту желтую линию дают пары натрия, которые образуются при расщеплении молекул поваренной соли в пламени. На

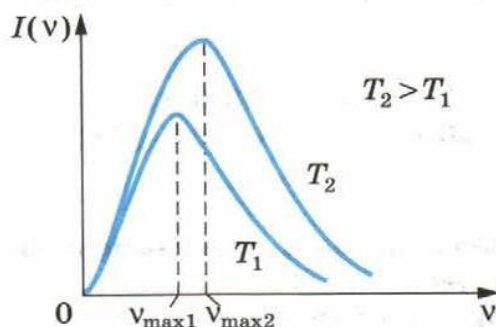


Рис. 10.3

цветной вклейке приведены также спектры водорода и гелия. Каждый из спектров — это частокол цветных линий различной яркости, разделенных широкими темными полосами. Такие спектры называются **линейчатыми**. Наличие линейчатого спектра означает, что вещество излучает свет только вполне определенных длин волн (точнее, в определенных очень узких спектральных интервалах). На рисунке 10.4 показано примерное распределение спектральной плотности интенсивности излучения в линейчатом спектре. Каждая линия имеет конечную ширину.

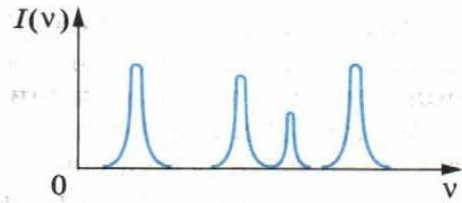


Рис. 10.4

Линейчатые спектры дают все вещества в газообразном атомарном (но не молекулярном) состоянии. В этом случае свет излучают атомы, которые практически не взаимодействуют друг с другом. Это самый фундаментальный, основной тип спектров.

Изолированные атомы излучают свет строго определенных длин волн.

Обычно для наблюдения линейчатых спектров используют свечение паров вещества в пламени или свечение газового разряда в трубке, наполненной исследуемым газом.

При увеличении плотности атомарного газа отдельные спектральные линии расширяются, и, наконец, при очень большом сжатии газа, когда взаимодействие атомов становится существенным, эти линии перекрывают друг друга, образуя непрерывный спектр.

Полосатые спектры. Полосатый спектр состоит из отдельных полос, разделенных темными промежутками. С помощью очень хорошего спектрального аппарата можно обнаружить, что каждая полоса представляет собой совокупность большого числа очень тесно расположенных линий. В отличие от линейчатых спектров **полосатые спектры** образуются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом.

Для наблюдения молекулярных спектров так же, как и для наблюдения линейчатых спектров, используют свечение паров вещества в пламени или свечение газового разряда.

Спектры поглощения. Все вещества, атомы которых находятся в возбужденном состоянии, излучают световые волны. Энергия этих волн определенным образом распределена по длинам волн. Поглощение света веществом также зависит от длины волны. Так, красное стекло пропускает волны, соответствующие красному свету ($\lambda \approx 8 \cdot 10^{-5}$ см), и поглощает все остальные.

Если пропускать белый свет сквозь холодный, не излучающий газ, то на фоне непрерывного спектра источника появляются темные линии (см. рис. V, 5—8 на цветной вклейке). Газ поглощает наиболее интенсивно свет именно тех длин волн, которые он сам испускает в сильно нагретом состоянии. Темные линии на фоне непрерывного спектра — это линии поглощения, образующие в совокупности спектр поглощения.

Существуют непрерывные, линейчатые и полосатые спектры излучения и столько же видов спектров поглощения.



1. Является ли спектр лампы накаливания непрерывным?
2. В чем главное отличие линейчатых спектров от непрерывных и полосатых?

§ 83 СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Линейчатые спектры имеют большое значение, потому что их структура тесно связана со строением атома.

Главное свойство линейчатых спектров в том, что *длины волн (или частоты) линейчатого спектра вещества зависят только от свойств атомов этого вещества, но совершенно не зависят от способа возбуждения свечения атомов*. Атомы любого химического элемента дают спектр, не похожий на спектры всех других элементов: они способны излучать строго определенный набор длин волн.

На этом и основан **спектральный анализ** — метод определения химического состава вещества по его спектру. Подобно отпечаткам пальцев у людей, линейчатые спектры различных элементов имеют неповторимую индивидуальность. Неповторимость узоров на коже пальца помогает часто найти преступника. Точно так же благодаря индивидуальности спектров имеется возможность определить, из каких элементов состоит тело. С помощью спектрального анализа можно обнаружить данный элемент в составе сложного вещества, если даже его масса не превышает 10^{-10} г. Это очень чувствительный метод.

Количественный анализ состава вещества по его спектру затруднен, так как яркость спектральных линий зависит не только от массы вещества, но и от способа возбуждения свечения. Так, при низких температурах многие спектральные линии вообще не появляются. Однако при соблюдении стандартных условий возбуждения свечения можно проводить и количественный (а не только качественный) спектральный анализ.