

Линейчатые спектры

Темы кодификатора ЕГЭ: линейчатые спектры.

Если пропустить солнечный свет через стеклянную призму или дифракционную решётку, то возникнет хорошо известный вам *непрерывный спектр* (рис. 1)¹:



Рис. 1. Непрерывный спектр

Спектр называется непрерывным потому, что в нём присутствуют все длины волн видимого диапазона — от красной границы до фиолетовой. Мы наблюдаем непрерывный спектр в виде сплошной полосы, состоящей из разных цветов.

Непрерывным спектром обладает не только солнечный свет, но и, например, свет электрической лампочки. Вообще, оказывается, что любые твёрдые и жидкие тела (а также весьма плотные газы), нагретые до высокой температуры, дают излучение с непрерывным спектром.

Ситуация качественно меняется, когда мы наблюдаем свечение разреженных газов. Спектр перестаёт быть непрерывным: в нём появляются разрывы, увеличивающиеся по мере разрежения газа. В предельном случае чрезвычайно разреженного атомарного газа спектр становится *линейчатым* — состоящим из отдельных достаточно тонких линий.

Мы рассмотрим два типа линейчатых спектров: спектр испускания и спектр поглощения.

Спектр испускания

Предположим, что газ состоит из *атомов* некоторого химического элемента и разрежен настолько, что атомы почти не взаимодействуют друг с другом. Раскладывая в спектр излучение такого газа (нагретого до достаточно высокой температуры), мы увидим примерно следующую картину (рис. 2):

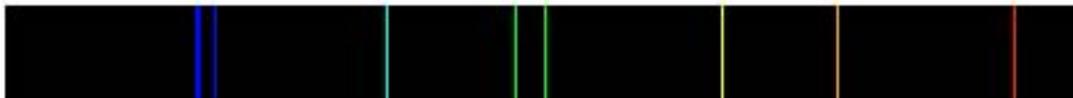


Рис. 2. Линейчатый спектр испускания

Этот линейчатый спектр, образованный тонкими изолированными разноцветными линиями, называется *спектром испускания*.

Любой атомарный разреженный газ излучает свет с линейчатым спектром. Более того, для каждого химического элемента спектр испускания оказывается уникальным, играя роль «удостоверения личности» этого элемента. По набору линий спектра испускания можно однозначно сказать, с каким химическим элементом мы имеем дело.

Поскольку газ разрежен и атомы мало взаимодействуют друг с другом, мы можем заключить, что свет излучают атомы *сами по себе*. Таким образом, *атом характеризуется дискретным, строго определённым набором длин волн излучаемого света*. У каждого химического элемента, как мы уже сказали, этот набор свой.

¹Изображения на рис. 1, 2 и 3 взяты с сайта www.nanospectrum.ru.

Спектр поглощения

Атомы излучают свет, переходя из возбуждённого состояния в основное. Но вещество может не только излучать, но и поглощать свет. Атом, поглощая свет, совершает обратный процесс — переходит из основного состояния в возбуждённое.

Снова рассмотрим разреженный атомарный газ, но на сей раз в холодном состоянии (при достаточно низкой температуре). Свечения газа мы не увидим; не будучи нагретым, газ не излучает — атомов в возбуждённом состоянии оказывается для этого слишком мало.

Если сквозь наш холодный газ пропустить свет с непрерывным спектром, то можно увидеть что-то вроде этого (рис. 3):



Рис. 3. Линейчатый спектр поглощения

На фоне непрерывного спектра падающего света появляются тёмные линии, которые образуют так называемый *спектр поглощения*. Откуда берутся эти линии?

Под действием падающего света атомы газа переходят в возбуждённое состояние. При этом оказывается, что для возбуждения атомов годятся не любые длины волн, а лишь некоторые, строго определённые для данного сорта газа. Вот именно эти длины волн газ и «забирает себе» из проходящего света.

Более того, газ изымает из непрерывного спектра ровно те самые длины волн, которые излучает сам! Тёмные линии в спектре поглощения газа в точности соответствуют ярким линиям его спектра испускания. На рис. 4 сопоставлены спектры испускания и поглощения разреженных паров натрия²:

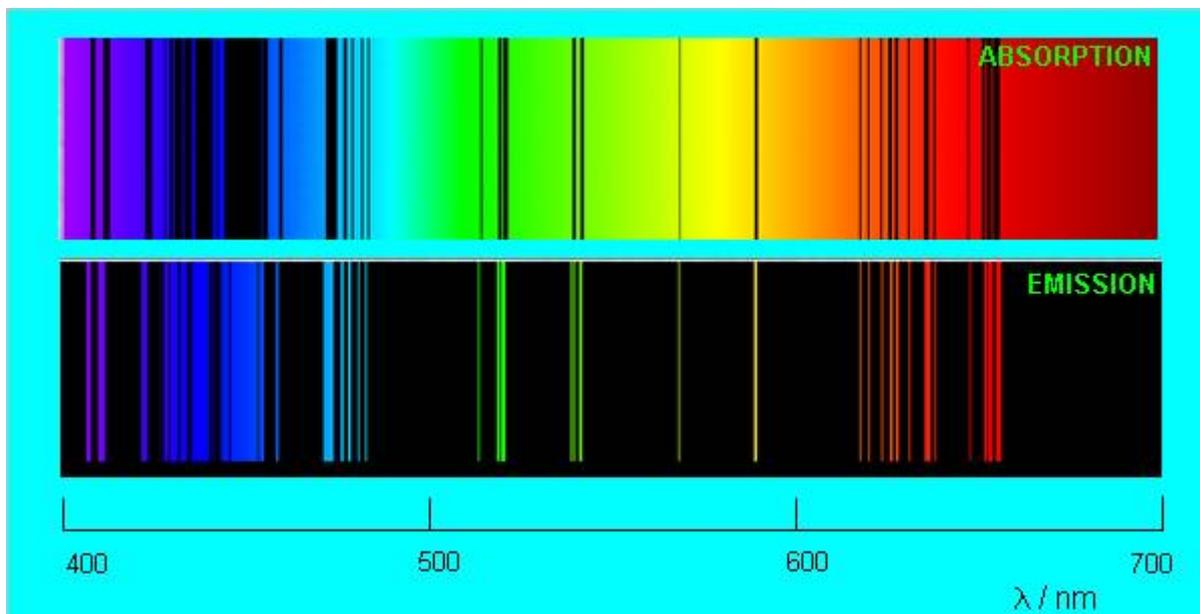


Рис. 4. Спектры поглощения и испускания для натрия

Впечатляющее совпадение линий, не правда ли?

Глядя на спектры испускания и поглощения, физики XIX века пришли к выводу, что атом не является неделимой частицей и обладает некоторой внутренней структурой. В самом деле, что-то ведь внутри атома должно обеспечивать механизм излучения и поглощения света!

²Изображение с сайта www.nt.ntnu.no.

Кроме того, уникальность атомных спектров говорит о том, что этот механизм различен у атомов разных химических элементов; стало быть, атомы разных химических элементов должны отличаться по своему внутреннему устройству.

Строению атома будет посвящён следующий листок.

Спектральный анализ

Использование линейчатых спектров в качестве уникальных «паспортов» химических элементов лежит в основе *спектрального анализа* — метода исследования химического состава вещества по его спектру.

Идея спектрального анализа проста: спектр излучения исследуемого вещества сопоставляется с эталонными спектрами химических элементов, после чего делается вывод о присутствии или отсутствии того или иного химического элемента в данном веществе. При определённых условиях методом спектрального анализа можно определить химический состав не только качественно, но и количественно.

В результате наблюдения различных спектров были открыты новые химические элементы. Первыми из таких элементов были цезий и рубидий; они получили название по цвету линий своего спектра³.

В 1868 году в спектре Солнца были обнаружены линии, не соответствующие ни одному из известных химических элементов. Новый элемент был назван *гелием* (от греческого *гелиос* — солнце). Впоследствии гелий был обнаружен в атмосфере Земли.

Вообще, спектральный анализ излучения Солнца и звёзд показал, что все входящие в их состав входят элементы имеются и на Земле. Таким образом, оказалось, что все объекты Вселенной собраны из одного и того же «набора кирпичиков».

³В спектре цезия наиболее выражены две линии небесно-синего цвета, по-латыни называемого *caesius*. Рубидий же даёт две характерные линии рубинового цвета.