

видимых лучей, как мы уже говорили, применяют обычные стеклянные призмы и, наконец, для ультрафиолетовых лучей — кварцевые и флуоритовые призмы. В тех случаях, когда надо получить сильно

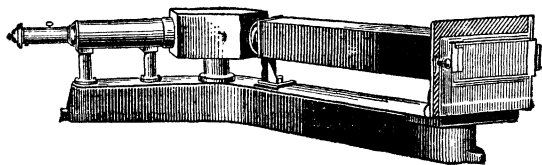


Рис. 166. Спектрограф.

растянутый спектр, применяют вместо одной призмы ряд призм, поставленных одна за другой.

Благодаря неодинаковой дисперсии призматические спектры всегда сильнее растянуты в области коротких волн, например в фиолетовой части сильнее, чем в красной. В этом смысле дифракционные спектры имеют перед ними преимущество, так как они растянуты равномерно во всех длинах волн.

§ 45. Поглощение света

Электромагнитная теория света связала между собой оптические и электрические свойства тел. В частности, стало понятным, почему диэлектрики прозрачны, а металлы, наоборот, практически непрозрачны для света. Прозрачность диэлектриков объясняется тем, что в них отсутствуют свободные электроны. Проходящие световые волны могут вызывать лишь колебания связанных в атомах электронов, причем не происходит потери световой энергии. Поглощение велико лишь в областях резонанса. В этих областях, где частота падающей волны близка к собственной частоте атомных вибраторов, начинают играть роль силы «трения», о которых мы уже говорили. Однако повторяем, что за исключением таких областей резонанса диэлектрики прозрачны.

В отличие от диэлектриков проводники непрозрачны и обладают сильным поглощением, обычно почти во всех частях спектра.

В проводниках, как известно, кроме внутриатомных электронов существуют еще так называемые свободные электроны (т. II, § 30, 1959 г.; в пред. изд. § 36). Электрическое поле световой волны вызывает движение свободных электронов, т. е., по существу, переменные токи в проводнике. Из теории электричества нам известно, что движение свободных электронов связано с выделением джоулева тепла. Таким образом, часть световой энергии, ушедшая на движение свободных электронов, превратится в тепло, что и объясняет происходящее поглощение света. Чем выше проводимость проводника, тем сильнее в нем поглощение света.

Металлы, являющиеся хорошими проводниками, уже при толщине пластинки порядка десятых долей миллиметра совершенно непрозрачны.

С сильным поглощением света внутри металлов тесно связан их высокий коэффициент отражения. Если у стекла, как мы видели, коэффициент отражения от поверхности равен 4%, то у металлов он достигает 80—90%. То, что сильноному поглощению соответствует высокий коэффициент отражения — «металлическое отражение», особенно отчетливо можно наблюдать, исследуя отражения света от жидкого раствора краски. Поверхность раствора сильно поглощающей краски отражает так же, как и металл, и обладает чисто металлическим блеском.

У большинства твердых и жидких тел области поглощаемых частот (полосы поглощения) гораздо шире, чем у паров и газов, где

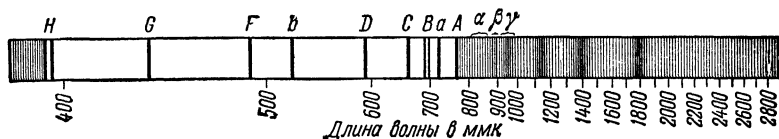


Рис. 167. Фраунгоферовы линии в солнечном спектре.

сказываются собственные частоты внутриатомных колебаний. Наиболее важный пример узких полос поглощения, даваемых газом, — это черные *фраунгоферовы линии*, пересекающие спектр Солнца (рис. 167). Некоторые фраунгоферовы линии объясняются поглощением света атомами газов наружных слоев атмосферы Солнца; некоторые же линии — земного происхождения, т. е. объясняются поглощением в земной атмосфере.

Особый интерес представляют вещества, обладающие ясно выраженным резонансным поглощением, т. е. сильной зависимостью поглощения от длины волны света. Если эти вещества построены из сложных молекул, то играют роль не только собственные колебания электронов, но и колебания атомов, входящих в состав молекул. Существует теснейшая связь между структурой молекул и окраской вещества.

В лепестках цветов найдены вещества, называемые антоцианидинами¹⁾, вызывающие окраску цветов. На рис. 168 изображена структура молекулы антоцианина (оксониевая соль), окрашивающего в красный цвет розу, на рис. 169 — структура молекул антоцианина (калиевая соль), окрашивающего в синий цвет василек. Мы видим, что достаточно было удалить кислотную группу и заменить один из водородов калием, чтобы произошло радикальное изменение цвета.

¹⁾ О греч. *anthos* — цветок и *kyanos* — лазурь.

Колоссальную роль в природе играет хлорофилл, окрашивающий листья растений в зеленый цвет. Молекулы хлорофилла обладают рядом резонансных полос поглощения. На рис. 170 изображены спектры поглощения живых листьев крапивы, полученные В. Н. Любименко. При получении спектра *a* свет проходил через один лист крапивы, при получении спектра *b* свет проходил через два листа

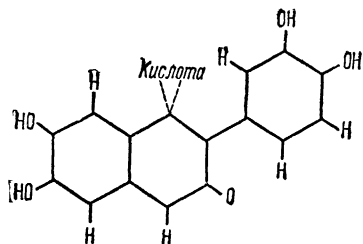


Рис. 168. Молекулы антоцианина, окрашивающего розу в красный цвет.

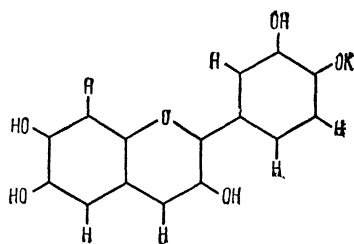


Рис. 169. Молекула антоцианина, окрашивающего василек в синий цвет.

крапивы, положенных друг на друга. Темные полосы соответствуют полосам поглощения.

Благодаря наличию сильных полос поглощения листья вбирают в себя значительную долю падающего на них света. Поглощенный свет вызывает разложение углекислоты в растениях, т. е. вызывает один из самых важных процессов в природе. Из рис. 170 между прочим следует, что листья пропускают не только зеленые лучи, но и темно-красные. К. А. Тимирязев, одним из первых изучивший

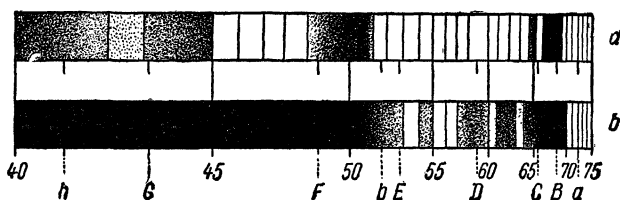


Рис. 170. Спектр поглощения листьев крапивы: *a* — один лист, *b* — два листа.

спектр хлорофилла, писал: «На этот факт не мешало бы обратить внимание иным живописцам, нередко угощающим в своих ландшафтах невозможной, никогда не виданной малахитовой зеленью. По всей вероятности, в этих неудачных попытках художники стремятся изобразить возможно чистый зеленый цвет, между тем цвет растительности именно смешанный зелено-красный. В справедливости этого можно убедиться весьма простым и любопытным опытом.

Самое обыкновенное, встречающееся в продаже синее стекло, поглощая зеленые лучи, пропускает кроме синих еще часть красных (рис. 171). Понятно, что если смотреть через такое стекло на зеленую растительность, то оно, поглощая посылаемые в наш глаз зеленые лучи, будет допускать до него только красные. Оптики воспользовались этим фактом для того, чтобы предложить публике под несколько замысловатым названием *эритро-фитоскопа* довольно забавный инструмент. Это просто синие очки, но стоит их только надеть, и весь мир представляется в «розовом свете». Под ясным синим небом разворачивается фантастический ландшафт с кораллово-красными лугами и лесами».

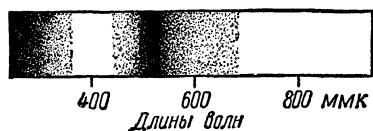


Рис. 171. Спектр поглощения синего стекла.

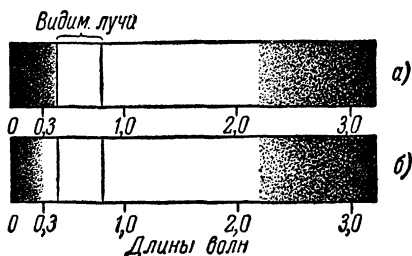


Рис. 172. Спектр поглощения: а — оконного стекла; б — увиолевого стекла.

Последний пример чрезвычайно поучителен, так как показывает, какие неожиданные эффекты могут получаться в результате одновременного действия двух поглощающих свет веществ; смотря сквозь *синее* стекло на *зеленые* листья, мы видим их *красными*.

Гемоглобин — красное красящее вещество крови — имеет молекулы, очень сходные с молекулами хлорофилла. Основное различие состоит в том, что молекула хлорофилла содержит атом магния, а гемоглобин — атом железа.

Избирательным поглощением обладает и человеческая кожа. Резкий максимум поглощения кожи лежит около $0,3 \text{ мк}$, в области довольно коротких ультрафиолетовых лучей. Эта спектральная область обладает сильным лечебным действием и вызывает загар. Как раз эту область спектра сильно поглощают обычные оконные стекла. Имеются специальные увиолетовые стекла, обладающие прозрачностью в ультрафиолетовой части спектра (рис. 172).

Всем известны яркие цвета минералов, в особенности драгоценных камней. Окраска минералов также объясняется избирательным поглощением. В большинстве случаев это поглощение связано с наличием небольших примесей металлов железной группы (железо, марганец, хром и др.). Наиболее сильное окрашивающее действие оказывает хром ¹⁾, само название элемента указывает на это.

¹⁾ От греч. *chroma* — цвет, окраска.

Интересно, что хром в малых количествах окрашивает минералы в красный (рубин), а в больших количествах — в зеленый цвет (изумруд). Окраска минералов связана со свойствами ионов тяжелых металлов. Например, железо, входящее в минерал в виде Fe^{2+} , окрашивает в зеленый цвет, а железо в виде Fe^{3+} — в красный цвет. Причины, определяющие частоты собственных колебаний в этих случаях, еще не вполне ясны. Различная окраска минералов чрезвычайно облегчает разведку полезных ископаемых. В 1930 г. в Канаде жилы радиоактивных руд разыскивались и открывались с самолета по их темно-красному тону.

Искусственное создание веществ, обладающих нужными спектрами поглощения, красок, представляет сейчас одну из наиболее мощных отраслей химической промышленности. Наиболее важные технические красители для тканей получают путем сложной химической переработки каменноугольной смолы. У всех этих красителей очень сложные молекулы, состоящие из десятков атомов углерода, водорода, азота, кислорода и др. Естественно, что вопрос об их собственных колебаниях очень сложен и пока мало разработан.

В сигнализации, фотографии и других областях широко применяются окрашенные стекла — *светофильтры*. В светофильтрах окрашивается либо тонкий слой желатина, нанесенного на стекло, либо само стекло. Для окраски стекла часто вводят в него коллоидные частицы металла (селен, медь, золото и др.). На этих коллоидных частицах происходит дифракция света, сопровождаемая поглощением света, поскольку частицы состоят из проводника. Поглощение имеет резко резонансный характер, связанный с наличием собственных колебаний у коллоидных частиц металла. Коллоидный раствор меди в стекле дает красное «рубиновое» стекло, применяемое в светофорах.

Наконец, следует остановиться еще на том, как действуют окрашенные слои при различных условиях наблюдения. Здесь надо различать наблюдение в проходящем свете и наблюдение в отраженном свете. Светофильтры, очевидно, действуют на проходящий свет, текстильные краски и краски для картин — на отраженный свет,

На картинах, нарисованных акварельными красками, свет проходит сквозь слой краски, отражается от белой бумаги и возвращается обратно, опять проходя сквозь краску. Масляные краски сами содержат твердые включения, отражающие падающий свет так, что свет не доходит до полотна.

Для наблюдения в проходящем свете важно значение коэффициента поглощения, характеризующего поглощение слоя краски. Для наблюдения в отраженном свете важен коэффициент отражения краски, равный отношению интенсивности отраженного света к интенсивности падающего.