

то мы получим кривую, представленную на рис. 161, имеющую максимум для резонансной частоты. Ниже мы подробнее остановимся на явлении поглощения света; сейчас для нас существенно лишь то влияние, которое наличие поглощения («трение») оказывает на показатель преломления. Вследствие поглощения дисперсионная кривая уже не имеет разрыва (ср. рис. 160 и 161). Появляется область *аномальной дисперсии*. Область аномальной дисперсии замечательна тем, что в ней показатель преломления убывает с возрастанием частоты¹⁾. Экспериментально аномальную дисперсию легко наблюдать в парах металлов.

Д. С. Рождественскому принадлежат классические работы по изучению аномальной дисперсии в парах натрия. Д. С. Рождественский разработал оригинальный интерференционный метод для очень точного измерения показателя преломления паров и при помощи этого метода впервые количественно проверил справедливость формулы (10). При этом оказалось, что формула (10) правильно выражает зависимость n от частоты, но необходимо введение численного коэффициента во втором члене этой формулы, называемого «силой осциллятора». Этот фундаментальный факт нашел свое объяснение только в современной теории, учитывающей квантовые свойства света и атомов (§ 73).

§ 44. Хроматическая абберация. Спектрограф

С практической точки зрения дисперсия может рассматриваться и как полезный, и как вредный эффект. Существование дисперсии крайне вредно с точки зрения оптика-конструктора зрительных приборов и фотоаппаратов и вместе с тем крайне полезно с точки зрения оптика-спектростописта.

Наличие дисперсии вызывает так называемую *хроматическую абберацию*. Хроматическая абберация заключается в окрашивании изображения. Хроматическая абберация объясняется тем, что фокусное расстояние линзы зависит от показателя преломления стекла, а показатель преломления в свою очередь зависит от частоты падающего света. Лучи с разной частотой будут собираться линзой в разных точках (рис. 162), так что белый предмет приобретает окраску

1) Кундт (1888 г.) впервые обнаружил аномальную дисперсию при измерении показателя преломления в весьма тонких прозрачных призмах из различных металлов (железо, платина и т. д.). Кундт использовал простой метод, применявшийся еще Ньютоном для экспериментального получения кривых дисперсии, изображенных на рис. 160 и 161. Для этой цели достаточно поместить одну за другой две призмы: одну из вещества с нормальной дисперсией, другую — из вещества с аномальной дисперсией, и повернуть эти призмы так, чтобы их преломляющие ребра образовали прямой угол. Тогда одна призма будет разлагать свет в одном направлении, а другая — в другом, перпендикулярном к первому, и мы в результате получим кривую указанного типа.

по краям. В точке *A* край изображения будет красным, в точке *B* — фиолетовым, причем нигде изображение не будет четким.

Ньютон, основываясь на своих недостаточных экспериментальных данных, считал хроматическую aberrацию неустранимым дефектом объективов из линз. Однако вскоре были практически осуществлены объективы с сильно уменьшенной хроматической aberrацией.

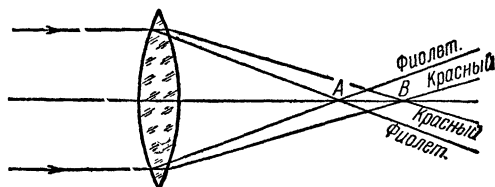


Рис. 162. Хроматическая aberrация.

Для этого подбирают две или несколько линз из разных стекол с примерно одинаковым ходом дисперсионной кривой, но с различными абсолютными значениями коэффициента преломления. Идеальными были бы стекла с параллельным ходом кривых. Линзу с большим показателем преломления делают выпуклой. Линзу с меньшим показателем преломления делают вогнутой (рис. 163). Тогда

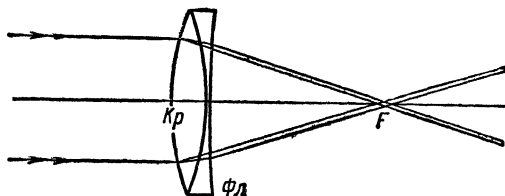


Рис. 163. Ахроматическая линза: *Кр* — линза из кронгласса; *Фл* — линза из флинтгласса.

дисперсионное действие линз будет обратным, и одна линза компенсирует дисперсионное действие другой. Это объясняется тем, что комбинация двух таких линз эквивалентна комбинации из двух призм с противоположно направленными преломляющими ребрами.

Например, для верхнего луча на рис. 163 выпуклая линза действует как призма с преломляющим ребром, направленным вверх, вогнутая — вниз. Вместе с тем преломляющее действие выпуклой линзы сильнее, чем рассеивающее действие вогнутой линзы (ввиду большого показателя преломления). Следовательно, комбинация этих двух линз дает действительное изображение.

На практике, конечно, невозможно найти два стекла с совершенно параллельным ходом дисперсионных кривых. Поэтому полное уничтожение хроматической aberrации невозможно, но все же, комбинируя различные сорта стекол, можно добиться вполне удовлетворительных результатов.

С другой стороны, эту же хроматическую aberrацию можно использовать для некоторых лабораторных целей. Вуд предложил весьма остроумный способ использования хроматической aberrации для отделения различных длин волн друг от друга. Схема его устройства заключается в следующем (рис. 164). Линза из вещества,

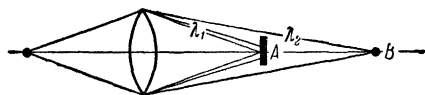


Рис. 164. Схема вудовского фильтра лучей.

обладающего большой дисперсией, собирает лучи с длиной волны λ_1 в точке A , лучи с длиной волны λ_2 — в точке B . Если поместить в точке A непрозрачный экранчик, то, как видно из чертежа, лучи λ_1 будут задержаны, а лучи λ_2 пройдут. Вуд применил это устройство для фильтрации инфракрасных лучей, причем линза была из кварца.

Основное практическое применение дисперсии основано на спектральном разложении света призмами из различных веществ. Обычно употребляемые для фотографирования спектров *спектрографы*

устроены следующим образом. Свет (рис. 165) падает на щель S , перпендикулярную к плоскости рисунка. Щель S находится в фокусе линзы L_1 , дающей параллельный пучок лучей. Пучок лучей, выходящий из линзы, падает на призму P . Пройдя призму, пучок лучей, уже спектрально разложенный, собирается линзой L_2 на фотографической пластинке F . Косое расположение пластинки F

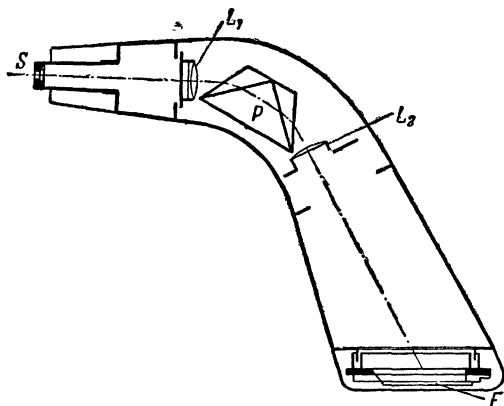


Рис. 165. Схема спектрографа.

по отношению к оптической оси линзы L_2 объясняется хроматической aberrацией этой линзы. Вследствие хроматической aberrации линза L_2 собирает на более близком расстоянии лучи, сильнее преломленные призмой. На рис. 166 показан внешний вид спектрографа.

Чем большей дисперсией обладает стекло, тем сильнее развернут спектр. Как мы видели, из различных сортов стекла наибольшей дисперсией обладает тяжелый флинт. Для исследования различных частей спектра применяют призмы из различных веществ. Выбор вещества определяется как дисперсией, так и прозрачностью. Для инфракрасных лучей применяют призму из каменной соли, так как стекло непрозрачно для длинноволновых инфракрасных лучей; для

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

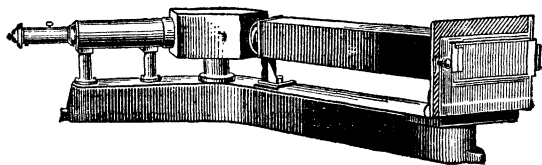


Рис. 166. Спектрограф.

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.