

ГЛАВА V

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

§ 35. Поляризация света

Ньютон в 1704 г., анализируя опыт Гюйгенса над двойным преломлением света в исландском шпате, сформулировал двадцать шестой вопрос своей «Оптики» так: «Не обладают ли лучи света различными сторонами с различными изначальными свойствами?» — и дал положительный ответ на этот вопрос. С точки зрения теории истечения Ньютона наличие «сторон» у луча света должно было быть связано с ориентацией осей световых частиц. Волновая теория наличие «сторон» у светового луча связывает с поперечностью световых волн.

Между свойствами звуковых и световых волн существует большое сходство, но имеется также и глубокое различие: световые волны являются *поперечными*, а звуковые волны — *продольными*. В световых волнах колебания совершаются поперек, а в звуковых волнах — вдоль направления распространения волн. Примером поперечных механических колебаний могут служить колебания веревки, раскачиваемой с одного конца. Волна бежит вдоль веревки, а колебания совершаются в перпендикулярном к ней направлении.

Свет представляет собой электромагнитные колебания; из этого представления о свете вытекает как совершенно необходимое следствие поперечность световых колебаний. Чтобы получить некоторую аналогию с механическими колебаниями, построим в каждой точке луча AB (рис. 127) вектор, по величине и направлению соответствующий значению электрического поля световой волны в данной точке. Эти векторы явятся перпендикулярами к AB ; их концы лежат на синусоиде. Мы совершенно произвольно выбрали случай, когда все векторы электрического поля лежат в плоскости чертежа, что соответствует случаю веревки, раскачиваемой в этой же плоскости. Световые колебания, так же как и колебания веревки, могут, конечно, совершаться и в других плоскостях, проходящих через прямую, совпадающую с направлением распространения колебаний. При этом можно различать два рода колебаний: одни, совершающиеся все время в одной и той же плоскости, и другие, у которых эта плоскость меняется со временем.

В случае веревки примером первых служат колебания веревки, раскачиваемой все время в вертикальной плоскости; примером вторых — колебания веревки, раскачиваемой то в горизонтальной, то в вертикальной плоскости, то в какой-либо промежуточной плоскости. В случае света, испускаемого солнцем или свечой, мы также имеем дело с колебаниями, плоскость которых меняется с большой быстротой и с полной хаотичностью.

Причина хаотичности лежит в том, что излучение светящегося тела состоит из колебаний, испускаемых отдельными атомами. Каждое мгновение в теле «гаснут» миллиарды атомов и «зажигаются» миллиарды новых. Излучение неподвижного атома состоит из колебаний, лежащих в одной плоскости, но, во-первых, атом может повернуться во время своего высвечивания и, во-вторых, на смену одному атому приходит другой, испускающий колебания, лежащие совсем в иной плоскости. Мы уже указывали на эту картину излучения света веществом, когда говорили об интерференции, только там нас интересовала не плоскость колебаний, а их начальная фаза.

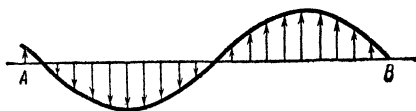


Рис. 127. Поперечность световых колебаний.

В исключительных случаях, на которых мы остановимся дальше, источники испускают свет, колебания которого лежат все время в одной плоскости. Чаще, однако, такой так называемый *поляризованный свет* получается в результате отражения или преломления на поверхности диэлектрика.

Свет, колебания которого лежат в одной плоскости, называют *плоскополяризованными*. Плоскостью поляризации называют плоскость, перпендикулярную к плоскости электрических колебаний. По терминологии Ньютона, две «стороны» поляризованного луча соответствуют плоскости поляризации, а две другие «стороны» — плоскости, к ней перпендикулярной. Ясно, что действительно «изначальные свойства» светового луча в этих двух плоскостях резко различны. Поляризованный свет обладает весьма своеобразными свойствами, вполне понятными с точки зрения нашей аналогии с веревкой.

Волны, бегущие по веревке, раскачиваемой в вертикальной плоскости, будут свободно проходить сквозь вертикальную щель между двумя досками (рис. 128).

Если же мы повернем щель на 90° , то этим приостановим колебания, т. е. как бы потушим их (рис. 129). В случае световых колебаний оказывается возможным создавать подобие такой щели, пропускающей световые колебания, лежащие только в определенной плоскости. Если угол между этой «щелью» и плоскостью световых колебаний равен 90° , то она задержит свет полностью.

На опыте одним из наиболее простых способов получения плоскополяризованного света является отражение света от поверхности стекла. При отражении света под углом (примерно 57°), тангенс которого равен показателю преломления стекла, отраженный свет

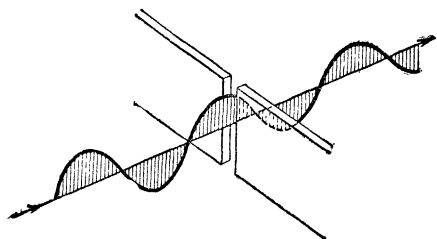


Рис. 128. Щель пропускает колебания, параллельные ее направлению.

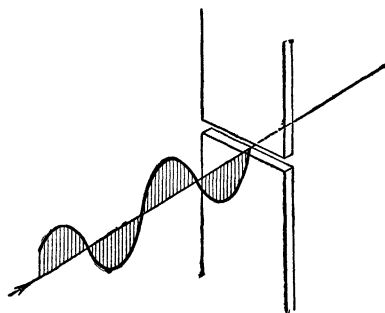


Рис. 129. Щель не пропускает колебаний, перпендикулярных к ее направлению.

получается полностью поляризованным. Этот угол называют *углом полной поляризации* или *углом Брюстера*.

Поскольку в падающем свете колебания совершались в различных плоскостях, а в отраженном остались лишь колебания, лежащие

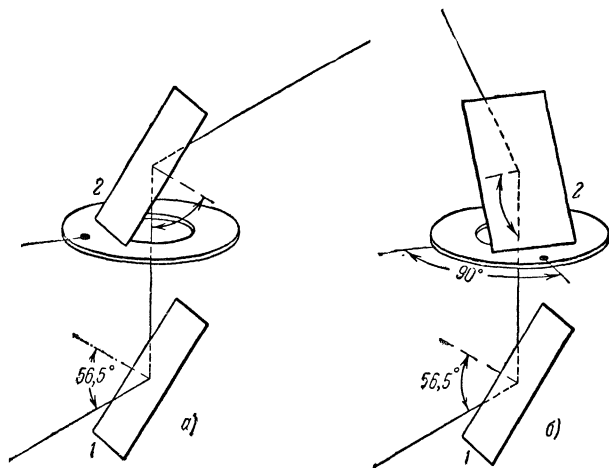


Рис. 130. Поляризация света при отражении от стекла.

в одной плоскости, то можно сказать, что такое стеклянное зеркало и служит упомянутой выше «щелью». Чтобы в этом убедиться, надо поместить над стеклом 1 стекло 2 так, как это изображено на рис. 130, а. Стекло 2 образует тот же угол с лучом, как и первое, и если

повернуть это стекло вокруг луча на 90° (рис. 130, б), то от него не будет отражаться свет. Объясняется это тем, что расположенные таким образом зеркала аналогичны скрещенным щелям. Это явление ясно и отчетливо доказывает поперечность световых колебаний.

Другим явлением, непосредственно указывающим на поперечность световых колебаний, является поляризация света при рассеянии света на частицах, значительно меньших световой волны.

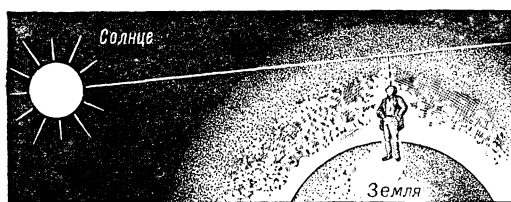


Рис. 131. Поляризация света неба.

При наблюдении под углом 90° к рассеиваемому пучку света наблюдается полная поляризация рассеянного света. Электрический вектор при этом перпендикулярен к пучку. Объясняется это тем, что вторичные колебания, вызванные в частицах проходящими световыми волнами, имеют то же направление, что и колебания в этих волнах. Сбоку все хаотические колебания естественного светового луча проектируются в одну прямую, мы как бы видим световую волну «в профиль».

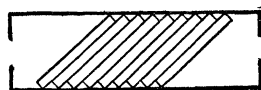


Рис. 132. Стопа.

Благодаря указанному явлению рассеянный свет неба всегда поляризован. Наиболее отчетливо поляризация света неба наблюдается по направлению, перпендикулярному к солнечному лучу (рис. 131).

Кроме света, полностью поляризованного, существует свет, частично поляризованный. Свет частично поляризованный отличается от естественного (неполяризованного) тем, что у него амплитуда колебаний в одной определенной плоскости больше или меньше амплитуд колебаний в других плоскостях. Примером такого частично поляризованного света является свет, отраженный от стекла под углом, отличным от угла полной поляризации, а также свет, преломленный стеклом. Последним обстоятельством пользуются для получения почти полностью поляризованного света, заставляя свет преломляться на ряде поверхностей при прохождении сквозь стопу из стеклянных пластинок (рис. 132).

При каждом преломлении степень поляризации увеличивается и при возрастании числа пластин стремится к 100%. Практически уже при девяти пластинах степень поляризации вполне достаточная.

Все приборы, дающие поляризованный свет, носят название *поляризаторов*. В случае плоского зеркала мы видели, что те же приборы могут служить и для обнаружения поляризации света. В этом последнем случае их называют *анализаторами*.

§ 36. Двойное лучепреломление

Для получения поляризованного света пользуются также явлением двойного лучепреломления.

«Из Исландии, острова, находящегося в Северном море, на широте 66° , — писал Гюйгенс в 1678 г., — был привезен камень (исландский шпат), весьма замечательный по своей форме и другим качествам, но более всего по своим странностям преломляющим свойствам».

Если кусок исландского шпата положить на какую-либо надпись, то сквозь него мы увидим надпись sdвоенной (рис. 133).



Рис. 133. Двойное лучепреломление.

Раздваивание изображения происходит вследствие того, что каждому падающему на поверхность кристалла лучу соответствуют два преломленных луча. На рис. 134 изображен случай, когда падающий луч перпендикулярен к поверхности кристалла; тогда луч *o*, называемый *обыкновенным*, проходит сквозь кристалл непреломленным, а луч *e*, называемый *необыкновенным*, идет по ломаной, изображенной на рис. 134. Названия лучей понятны: обыкновенный луч ведет себя так, как мы этого могли ожидать на основании известных законов преломления. Необыкновенный же луч как бы нарушает эти зако-

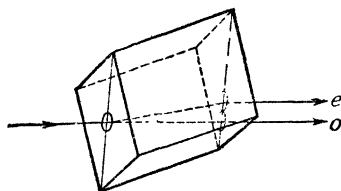


Рис. 134. Ход лучей при двойном лучепреломлении.

ны: он падает по нормали к поверхности, но испытывает преломление. Оба луча выходят из кристалла плоскополяризованными, причем они поляризованы во взаимно-перпендикулярных плоскостях. В этом легко убедиться весьма простым опытом. Возьмем какой-либо анализатор (например, стопу) и посмотрим сквозь него на раздвоенную картину, даваемую кристаллом. При определенном положении стопы мы увидим только одно из изображений, второе будет погашено. При повороте стопы вокруг луча зрения на 90°