

# Поляризация света. Простейшие опыты

**А.МИТРОФАНОВ**

СЕЙЧАС ИЗВЕСТНО, ЧТО СВЕТ – ЭТО электромагнитные волны, причем волны поперечные: бегущая в пространстве со скоростью света  $c$  электромагнитная волна с частотой  $\nu$  и длиной волны  $\lambda$  ( $\lambda = c/\nu$ ) описывается взаимно перпендикулярными векторами напряженности электрического поля  $\vec{E}$  и магнитной индукции  $\vec{B}$ . Векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  перпендикулярны направлению распространения (скорости  $\vec{c}$ ) и изменяются во времени синхронно.

Здесь нас будет интересовать вопрос, как экспериментально установить, что свет это волны поперечные, а не продольные, т.е. проверить справедливость гипотезы, высказанной, видимо, впервые в 1757 году английским физиком Робертом Гуком (она была подтверждена в дальнейшем в работах Т.Юнга, О.Френеля, Дж.К.Максвелла и других ученых).

Рассмотрим сначала классический опыт, который при желании можно повторить самим. Предположим, что у нас есть стеклянная пластинка с гладкой плоской поверхностью  $PP'$ , т.е. зеркало (рис.1). Пусть узкий луч  $AB$  от какого-либо яркого источника, например от Солнца или фонаря, падает на зеркало и отражается от него ( $\alpha$  – угол падения луча на зеркало, отсчитываемый от нормали к зеркалу и равный углу отражения). Далее, пусть отраженный луч  $BC$  падает на второе такое же стекло  $NN'$ , которое можно вра-

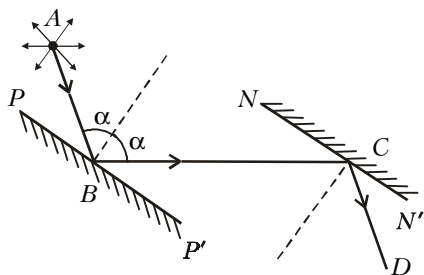


Рис.1. Схема опыта Малюса по отражению света от двух стеклянных поверхностей

щать вокруг оси  $BC$ . Оказывается, что при одном и том же угле падения луча на второе стекло интенсивность зеркально отраженного стеклом света зависит от положения плоскости падения луча (плоскости, содержащей луч и нормаль к поверхности стеклянной пластинки, проведенную из точки падения луча на поверхность): если плоскость  $PP'$  параллельна  $NN'$ , интенсивность отраженного света наибольшая, при развороте  $NN'$  на прямой угол интенсивность минимальная, а когда угол падения равен примерно  $56^\circ$  (для стекла), свет практически не отражается от второго стекла. Геометрия этого опыта такова, что поперечную анизотропию отражения можно объяснить, только предположив поперечность колебаний в световой волне. Для продольных волн разворот плоскости падения вокруг оси, совпадающей с направлением падающего луча, никак бы не сказался на интенсивности отраженного света.

Почему же изменяется интенсивность света, отраженного от второй пластинки? Естественный свет (у нас это солнечный луч или луч от фонаря) симметричен по отношению к направлению распространения, т.е. все направления для вектора  $\vec{E}$  в волне равноправны в плоскости, перпендикулярной направлению распространения. Говорят, что естественный свет не поляризован. Поперечная анизотропия световых волн, или по-другому *поляризация света*, появляется, например, при его отражении, как в рассматриваемом нами опыте. При угле падения около  $56^\circ$  отраженная часть света оказывается почти полностью поляризованной: электрический вектор  $\vec{E}$  в отраженной световой волне занимает определенное положение, а именно – он перпендикулярен плоскости падения светового луча на стеклянный образец. Плоскость, содержащую вектор  $\vec{E}$  и вектор направления распространения

волны, принято называть плоскостью поляризации, а такой свет – *линейно поляризованным* или *плоскополяризованным*.

Автором рассмотренного опыта был французский ученый Этьен Луи Малюс. Поляризацию света при отражении Малюс обнаружил впервые в 1808 году, когда наблюдал за отражением света от окна Люксембургского дворца в Париже с помощью двоякопреломляющего кристалла исландского известкового шпата ( $\text{CaCO}_3$ ). Этот кристалл послужил Малюсу анализатором поляризации. При повороте кристалла вокруг направления луча, отраженного под большим углом от окна, Малюс заметил, что интенсивность двух получающихся изображений периодически изменяется. Следует сказать, что именно с обнаружения двойного лучепреломления (Э.Бартолин, 1669г.) ведут свое начало исследования, приведшие к открытию поляризации света (Х.Гюйгенс, 1690 г.).

В 1812 году шотландский физик Дэвид Брюстер установил закон, связывающий угол полной поляризации при отражении  $\phi_B$  (угол Брюстера) и коэффициент преломления материала  $n$ :

$$\text{tg } \phi_B = n.$$

Согласно этому закону, отраженный и преломленный лучи перпендикулярны друг другу (рис.2). При этом достигается почти полная поляризация для отраженного света, а направление вектора  $\vec{E}$  в отраженной световой волне, как сейчас известно, перпендикулярно плоскости падения.

Закон Брюстера непосредственно следует из простых, правда более поздних, модельных представлений, описывающих прохождение света через плоскую границу вещества. По этим представлениям, отраженная от прозрачной изотропной среды с коэффициентом преломления  $n$  световая волна есть результат излучения вынужденных колебаний электронов атомов среды, которые становятся источниками

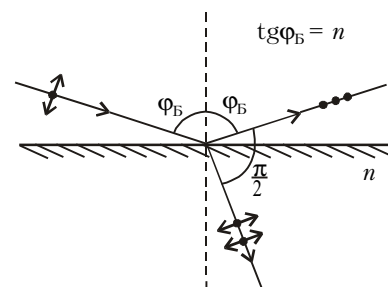


Рис.2. Отражение света под углом Брюстера