

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКМЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ**ОПЫТЫ ПО ПРЕЛОМЛЕНИЮ И ОТРАЖЕНИЮ  
ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА**

Д. И. Сахаров

УМ-74-41

Как известно, при отражении и при преломлении линейно поляризованного света направление плоскости поляризации меняется. Из формул Френеля\*) следует, что поворот плоскости поляризации отсутствует при угле падения, равном нулю, а также в случаях, когда угол между плоскостью поляризации падающего луча и плоскостью его падения равен  $0^\circ$  или  $90^\circ$ . Из тех же формул следует, что угол, на который поворачивается плоскость поляризации при отражении или при преломлении, мало меняется при изменении длины волны падающего света. Известно также, что при полном отражении от границы между двумя диэлектриками или при отражении от металлической поверхности линейно поляризованный свет становится эллиптически поляризованным. Если при этом угол между плоскостью поляризации падающего луча и плоскостью его падения близок к  $0$  или к  $90^\circ$ , то отраженный свет остается практически линейно поляризованным.

Вследствие этого, линейно поляризованный свет, прошедший сквозь прозрачную среду, содержащую множество мелких включений прозрачных веществ с коэффициентом преломления, отличным от коэффициента преломления среды, оказывается деполаризованным и тем больше, чем большее число отражений и преломлений имеет место при прохождении света сквозь эту среду.

Поворот плоскости поляризации при отражении и преломлении и деполаризация при рассеянии света могут быть иллюстрированы следующими простыми демонстрациями. Для их проведения нужны два поляроида (например, в виде двух кругов диаметром 20 см). Поляроиды располагают параллельно друг другу и экрану, равномерно освещенному с обратной стороны белым светом. В пространство между поляроидами свет должен попадать только сквозь поляроид, ближний к освещенному экрану. Наблюдения (или фотографирование) производятся сквозь второй поляроид. Опыты производятся в затемненном помещении.

1) Между поляроидами помещается стеклянная трубка (пуста, пробирка). Демонстрируется, что при параллельных главных плоскостях поляроидов трубка представляется светлой посередине и темной по краям. Затем поляроиды скрещивают и поворачивают трубку около оси, перпендикулярной к направлению поляроидов. При этом наблюдается следующее. Имеется два взаимно перпендикулярных положения трубки, при которых она представляется темной (свет сквозь второй поляроид не проходит). При направлении трубки, составляющих углы  $45^\circ$  с этими положениями трубки, стенки трубки представляются светлыми, а середина ее остается темной (рис. 1). Это объясняется тем, что свет, прошедший сквозь первый поляроид, при преломлении в стенках трубки меняет направление плоскости поляризации и поэтому проходит

\*) Имеются в виду формулы

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \frac{\cos (i_1 + i_2)}{\cos (i_1 - i_2)},$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \alpha \frac{1}{\cos (i_1 - i_2)}.$$

Здесь  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  — углы между плоскостью падения луча и плоскостью колебаний в падающем, отраженном в преломленном лучах,  $i_1$  и  $i_2$  — углы падения и преломления

сквозь второй поляризатор; в середине трубки угол падения света близок к  $0^\circ$ , направление плоскости поляризации остается неизменным и второй поляризатор задерживает свет. При тех положениях трубки, при которых не только середина, но и края трубки представляются темными, угол между плоскостью поляризации и плоскостью падения равен  $0$  или  $90^\circ$  и поворот плоскости поляризации тоже отсутствует.

2) Между скрещенными поляроидами помещается круглая стеклянная колба (или мыльный пузырь). Середина колбы и четыре места на краях представляются темными, образуя фигуру, приближающуюся к кресту; между темными частями креста видны светлые части стенок колбы (рис. 2). При вращении колбы относительно оси,

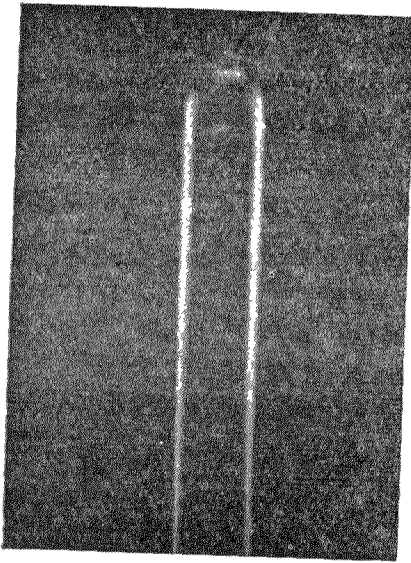


Рис. 1.

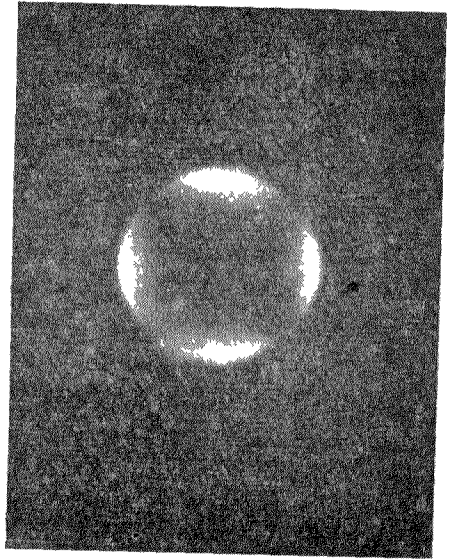


Рис. 2.

перпендикулярной к направлению поляризаторов, направление темного креста сохраняется. При переходе от скрещенного расположения поляризаторов к параллельному крест заменяется двумя темными полосами, которые при дальнейшем повороте одного из поляризаторов исчезают. Объяснение этих явлений сходно с объяснением в случае трубки.

3) Если при изготовлении стеклянного шара еще не затвердевшее стекло привести в соприкосновение с холодной металлической поверхностью, то в месте касания в стекле образуется маленькая область, коэффициент преломления которой отличается от коэффициента преломления окружающего стекла. На таком шаре, помещенном между скрещенными поляроидами, кроме большого креста (такого же, как и на рис. 2), виден маленький темный крестик иногда весьма правильной формы. Направление этого крестика совпадает с направлением большого креста и тоже не меняется при вращении колбы около оси, перпендикулярной к плоскости поляризаторов. На основании пробирки, нагретой до размягчения и деформированной посредством прижатия к холодной плоской поверхности, при наблюдении между скрещенными поляроидами тоже виден темный крестик на светлом фоне (рис. 3). Вблизи оплавленных концов стеклянных трубок видны сложные фигуры из нескольких темных крестиков или темные кольца, параллельные оплавленным краям трубок. Причина появления темных крестиков — та же: поворот плоскости поляризации при преломлении на границах областей с измененным коэффициентом преломления.

4) Между поляроидами помещают металлическую трубку конической формы с блестящей внутренней поверхностью. Широкое отверстие трубки обращено ко второму поляризатору. При скрещенных поляризаторах на внутренней поверхности трубки видны четыре темные полосы (рис. 4). Положение темных полос такое же, как и в случае круглой колбы. При поворачивании трубки около ее оси положение темных полос не меняется. При поворачивании одного из поляризаторов темные полосы поворачиваются в том же направлении и слабеют. При параллельных поляризаторах на тех местах, где при скрещенных поляризаторах были темные полосы, видны светлые полосы, слабо заметные на общем ярком фоне.

В отличие от явлений, наблюдаемых при помещении между поляроидами анизотропных тел, картины, наблюдаемые при опытах 1)–4), являются темно-белыми, никакого окрашивания не наблюдается.

5) Между скрещенными поляроидами помещают тонкую белую или цветную бумагу, белые птичьи перья, слой белого порошка или мыльной пены, молочное или матовое стекло, цветы различной окраски. Все подобные тела представляются самосветящимися, причем окраска тел ничуть не меняется. Яркость их свечения при поворачивании одного из поляроидов остается практически неизменной, что указывает на почти полную деполаризацию света, прошедшего сквозь эти тела.

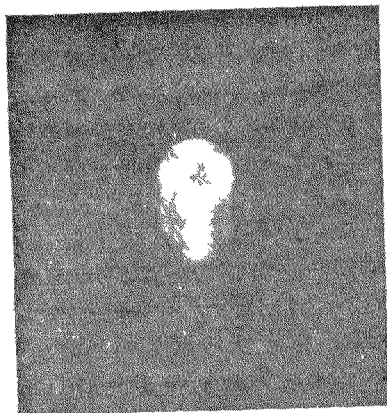


Рис 3

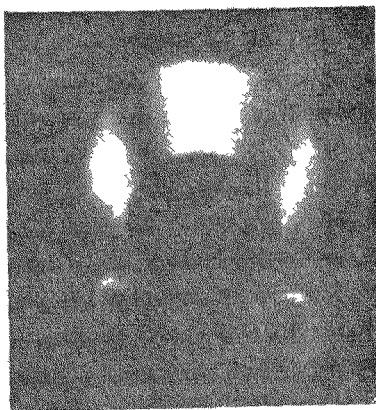


Рис. 4

6) Между двумя поляроидами помещают вертикальную кювету с плоско-параллельными стенками. В кювету налит слабый раствор молока в воде и помещена толстая стеклянная пластинка, так что свет в разных местах кюветы проходит сквозь слой молока разной толщины. Если подобрать надлежащую концентрацию раствора молока, то при параллельных поляроидах тонкий слой молока представляется более светлым, чем толстый, а при скрещенных поляроидах, наоборот, более темным. Это означает, что при данной концентрации раствора увеличение числа частиц, вызывающих деполаризацию, при переходе к более толстому слою имеет большее значение, чем увеличение поглощения света.

