

ЛЕКЦИЯ № 3

9. Поляризация световых волн

– поляризованная и неполяризованная волны;
световая волна – колебания светового вектора (вектора напряженности электрического поля).

- неполяризованная световая волна – естественный свет.

Свет, в котором колебания светового вектора каким-либо образом упорядочены, называется **поляризованным**.

Плоскость поляризации – плоскость, в которой совершает колебания световой вектор (вектор напряженности электрического поля).

– устройство → «поляризатор».

Степенью поляризации называется величина

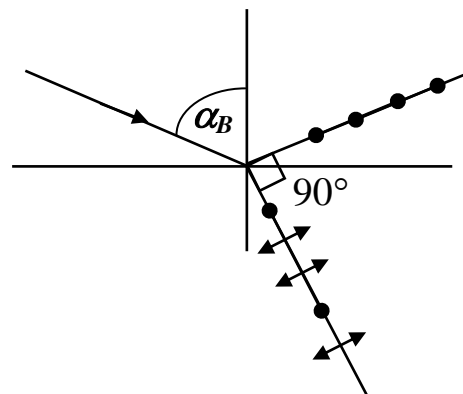
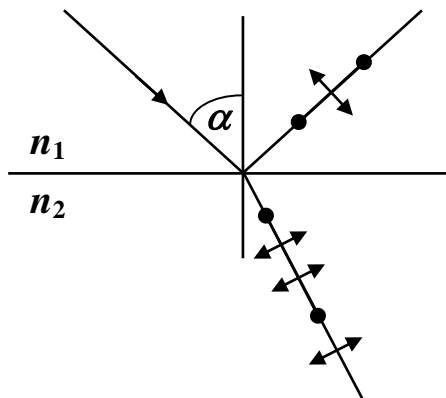
$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (3-1)$$

где I_{\max} и I_{\min} – соответственно максимальная и минимальная интенсивности частично поляризованного света, пропускаемого поляризатором. Для естественного света $I_{\max} = I_{\min}$ и $P = 0$, для плоскополяризованного $I_{\min} = 0$ и $P = 1$.

Поляризация волн при отражении и преломлении:

При падении луча света на границу раздела двух сред с разными показателями преломления происходит частичное отражение и преломление света. Кроме этого отраженный и преломленный лучи оказываются частично поляризованными.

При изменении угла падения степень поляризации лучей изменяется.



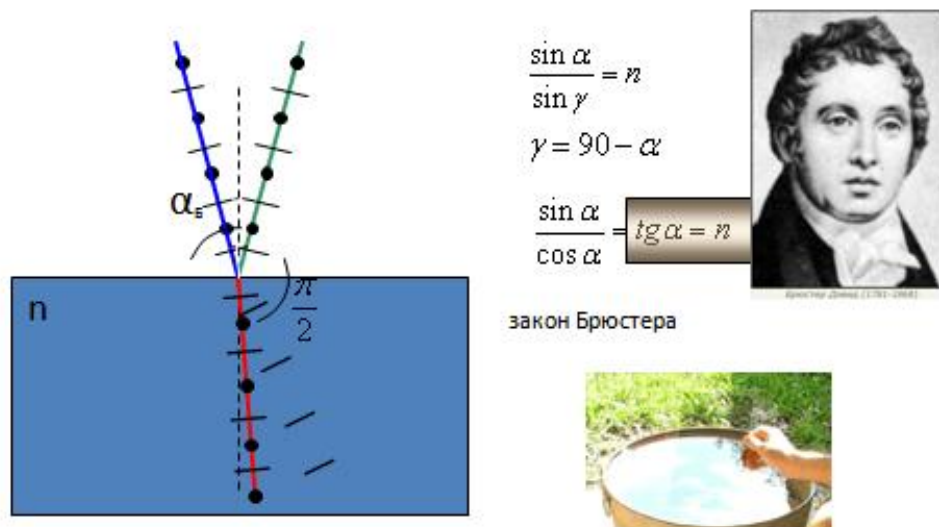
При определенном угле падения (угол Брюстера), при котором угол между отраженным и преломленным лучами становится равным 90° , отраженный луч оказывается 100% поляризованным в плоскости перпендикулярной плоскости падения, а поляризация преломленного луча достигает максимального значения.

Тогда из закона преломления света следует:

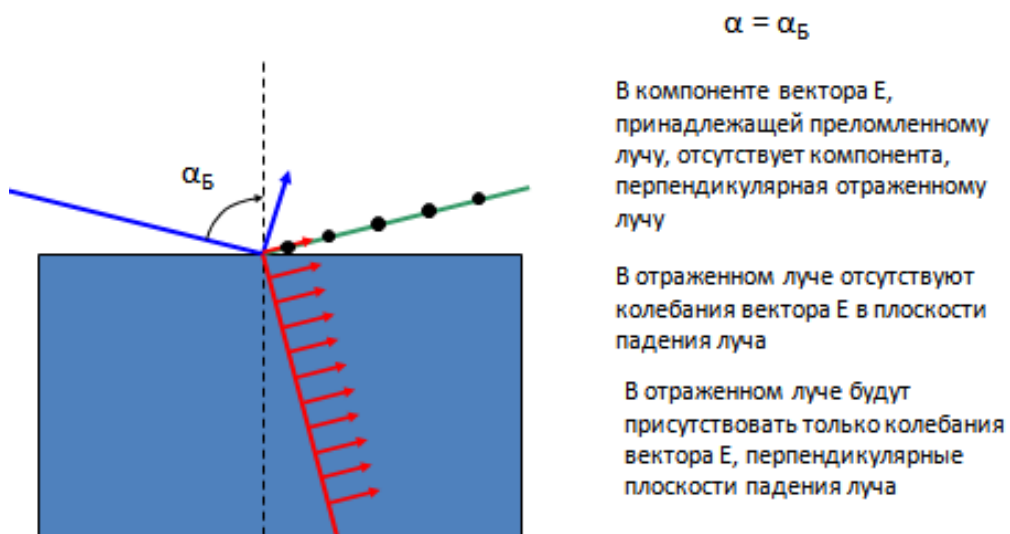
$$\boxed{\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}} \quad (3-2)$$

– закон Брюстера.

Поляризация при отражении и преломлении



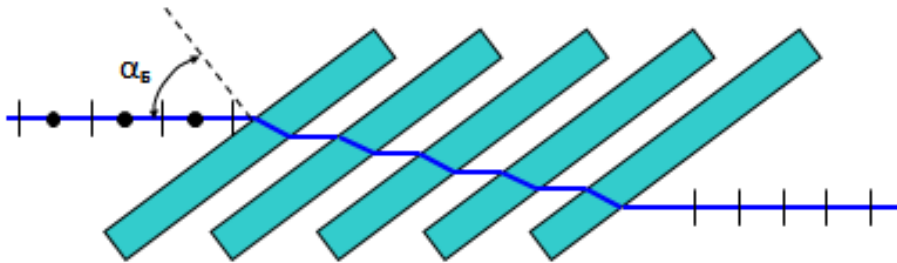
Поляризация при отражении и преломлении



Стопа Столетова

$$\alpha = \alpha_E$$

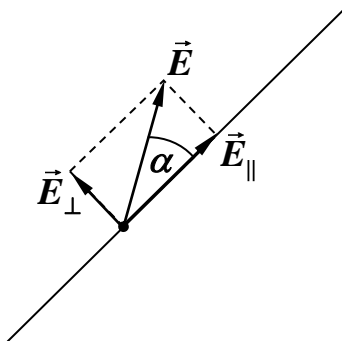
В проходящем луче преобладают колебания вектора E в плоскости падения луча



После многократных преломлений в пластинах (порядка 25) в вышедшем луче будут присутствовать только колебания вектора E в плоскости падения

У большинства прозрачных кристаллов существует плоскость (плоскость пропускания кристалла), пропускающая колебания только определенного направления и полностью задерживающая колебания, перпендикулярные этой плоскости.

Из природных кристаллов, давно используемых в качестве поляризатора, следует отметить турмалин.



$$E_{\parallel} = E \cos \alpha$$

$$E_{\perp} = E \sin \alpha$$

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$$

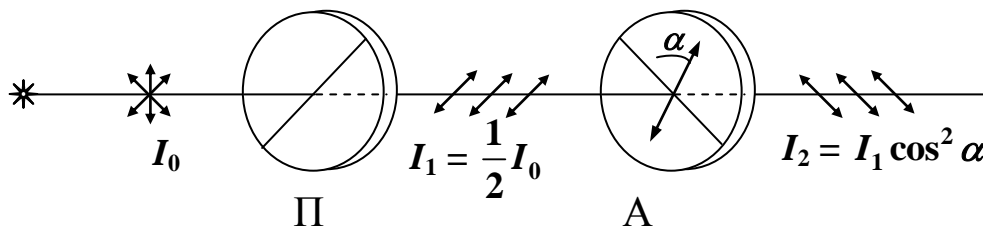
(3-3)

– закон Малюса

естественный свет:

$$I_2 = I_0 \cos^2 \alpha, \text{ но } \langle \cos^2 \alpha \rangle = \frac{1}{2}.$$

$$\text{тогда } I_2 = \frac{1}{2} I_0.$$



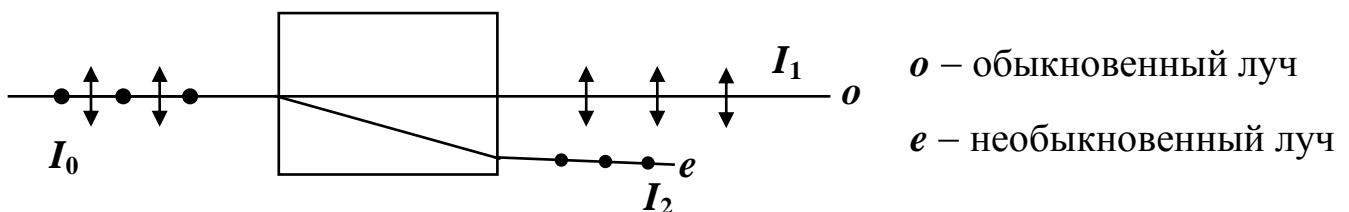
поглощение

$$I_2 = (1 - k) I_1 \cos^2 \alpha \quad (3-3a)$$

Двойное лучепреломление

Большинство прозрачных кристаллов обладают способностью двойного лучепреломления, т.е. раздваивания каждого подающего на них светового пучка. Это явление, впервые обнаруженное датским ученым Э. Бартолином в 1669 г. для исландского шпата (разновидность кальцита CaCO_3), объясняется особенностями распространения света в анизотропных средах и непосредственно вытекает из уравнений Максвелла.

Если на такой кристалл направить узкий пучок света, то из кристалла выйдут два пространственно разделенных луча, параллельных друг другу и падающему лучу. Даже в том случае, когда первичный пучок падает на кристалл нормально, преломленный пучок разделяется на два, причем один из них является продолжением первичного, а второй отклоняется.

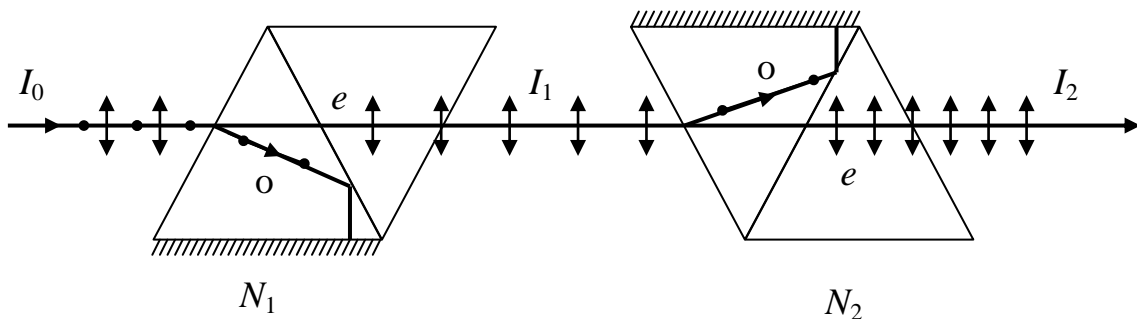
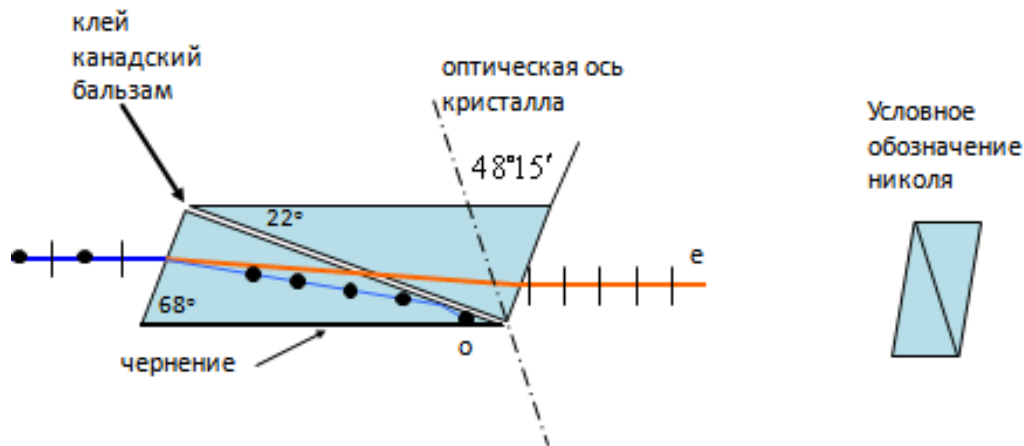


$$I_1 = I_2 = \frac{1}{2} I_0$$

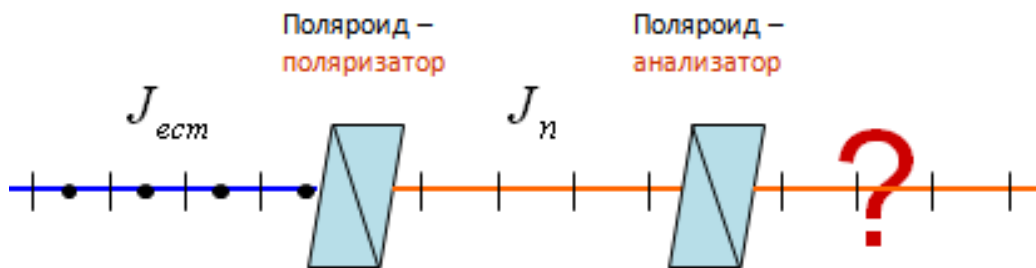
В основу работы поляризационных приспособлений, служащих для получения поляризованного света, лежит явление двойного лучепреломления. Наиболее часто для этого применяют **призмы** и **поляроиды**.

Поляризационные призмы построены по принципу полного отражения одного из лучей (например, обыкновенного) от границы раздела, в то время как другой луч с другим показателем преломления проходит через эту границу. Типичным представителем поляризационных призм является **призма Николя (николь)**.

Бипризма Николя (николь)



Поляризатор - анализатор



1. Оптические оси николей совпадают

$$J_a = J_n$$

2. Оптические оси николей перпендикулярны

$$J_n = 0,5 J_{ест}$$

Двоякопреломляющие кристаллы обладают свойством **дихроизма**, т.е. различного поглощения света в зависимости от ориентации электрического вектора световой волны, и называются **дихроичными кристаллами**.

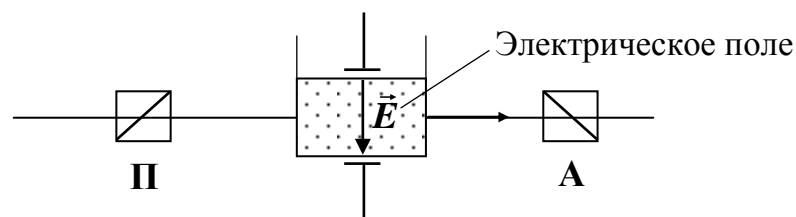
Дихроичные кристаллы приобрели еще более важное значение в связи с изобретением **поляроидов**.

Примером поляроида может служить тонкая пленка из целлулоида, в которую вкраплены кристаллы двоякопреломляющего вещества с сильно выраженным дихроизмом. Такая пленка уже при толщине 0,1 мм полностью поглощает обыкновенные лучи видимой области спектра, являясь в таком тонком слое совершенным поляризатором. Преимущество поляроидов перед призмами – возможность изготавливать их с площадями поверхностей до нескольких квадратных метров.

Пленки на фарах и лобовых стеклах автомобилей!

Искусственная оптическая анизотропия

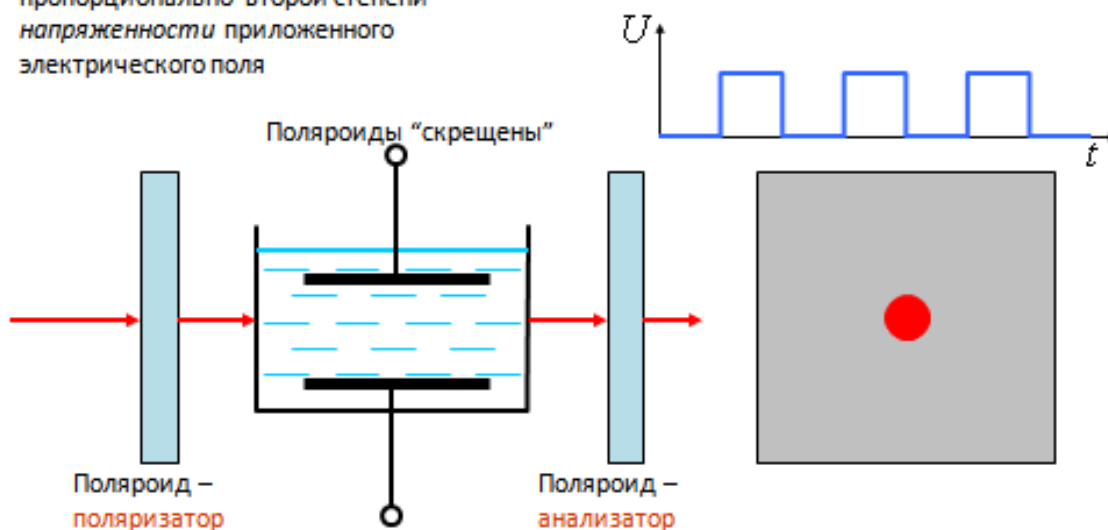
– ячейка Керра (оптический затвор)



Искусственная оптическая анизотропия

Явление изменения значения показателя преломления оптического материала пропорционально второй степени напряженности приложенного электрического поля

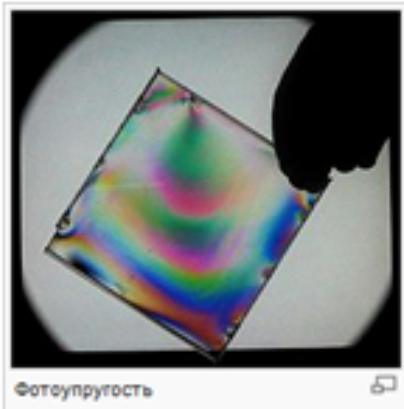
Эффект Керра



Искусственная оптическая анизотропия

Фотоупругость

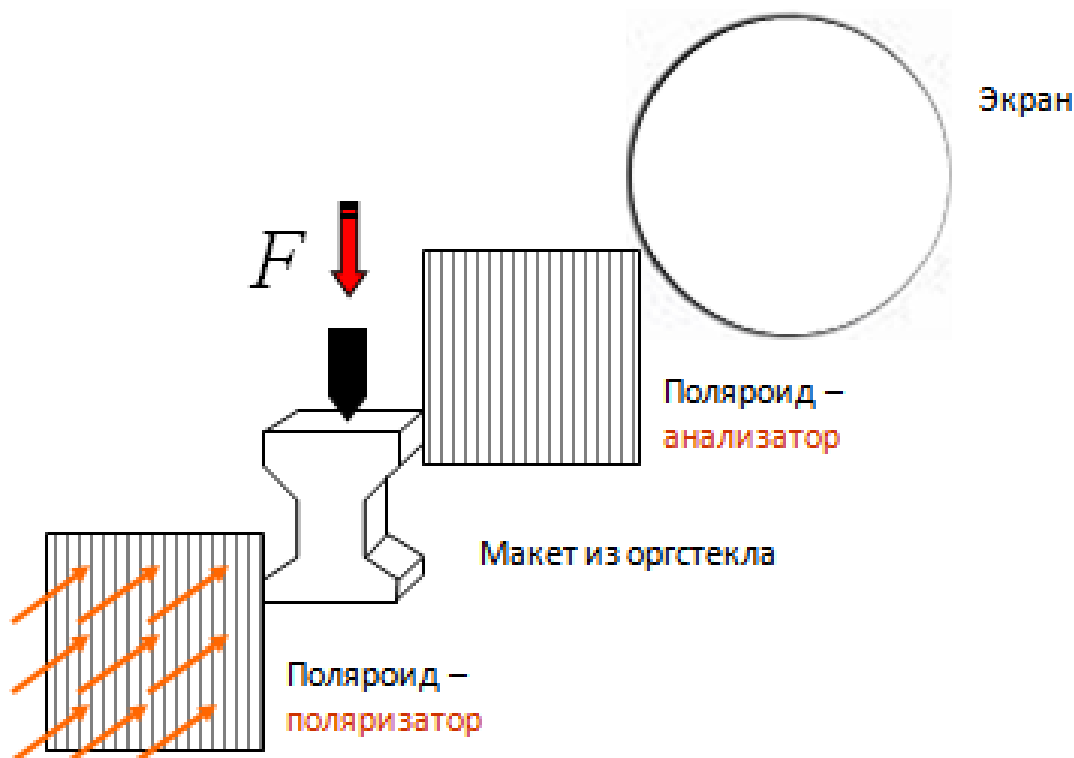
возникновение оптической анизотропии в первоначально изотропных твёрдых телах (в том числе полимерах) под действием механических напряжений



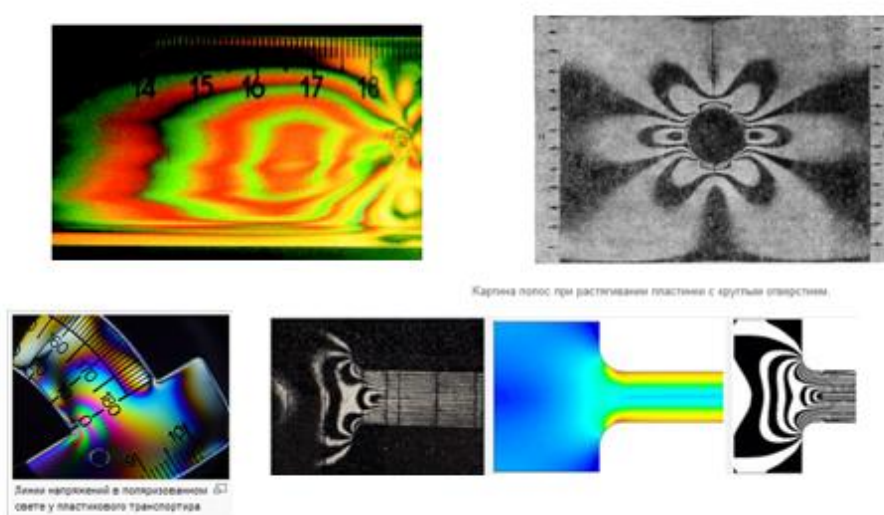
Фотоупругость является следствием зависимости диэлектрической проницаемости вещества от деформации и проявляется в виде двойного лучепреломления и дихроизма, возникающих под действием механических нагрузок

При одноосном растяжении или сжатии изотропное тело приобретает свойства оптически одноосного *кристалла* с оптической осью, параллельной оси растяжения или сжатия

Искусственная оптическая анизотропия



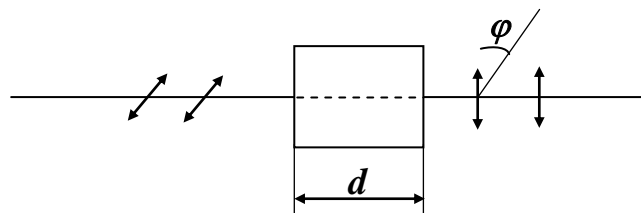
Искусственная оптическая анизотропия



Вращение плоскости поляризации

Оптически активные вещества:

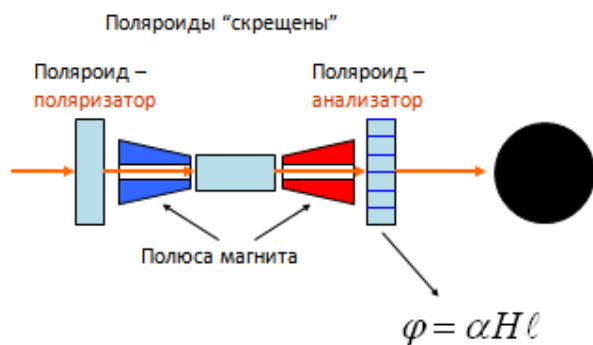
кристалл (кварц) $\varphi = \alpha d, \alpha = \text{const.}$



раствор сахара $\varphi = \beta C d, \beta = \text{const};$
 C – концентрация.

Вращение плоскости поляризации

Эффект Фарадея



Явление поляризации света и особенности взаимодействия поляризованного света с веществом нашли исключительно широкое применение в научных исследованиях кристаллохимической и магнитной структуры твёрдых тел, оптические свойства кристаллов, природы состояний, ответственных за оптические переходы, структуры биологических объектов, характера поведения газообразных, жидких и твёрдых тел в полях анизотропных возмущений (электрическом, магнитном, световом и пр.), а также для получения информации о труднодоступных объектах (в частности, в астрофизике).

Поляризованный свет широко используется во многих областях техники, напр. при необходимости плавной регулировки интенсивности светового пучка (закон Малюса), при исследованиях напряжений в прозрачных средах (поляризационно-оптический метод исследования), для увеличения контраста и ликвидации световых бликов в фотографии, при создании светофильтров, модуляторов излучения и пр.