

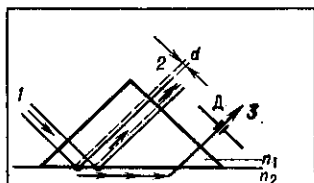
**ПОЛНАЯ СИСТЕМА ФУНКЦИЙ** — см. в ст. *Ортогональная система функций.*

**ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ** — отражение эл.-магн. излучения (в частности, света) при его падении на границу двух прозрачных сред с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  из среды с большим показателем преломления ( $n_1 > n_2$ ) под углом  $\geq \varphi_{кр}$ , для к-рого  $\sin \varphi_{кр} = n_2/n_1 = n_{21}$ . Наим. угол падения  $\varphi_{кр}$ , при к-ром происходит П. в. о., наз. предельным (критическим) или углом полного отражения. Впервые П. в. о. описано И. Кеплером (J. Kepler) в 1600. Поток излучения, падающий при углах  $\varphi \geq \varphi_{кр}$ , испытывает полное отражение от грани раздела, целиком возвращается в среду с  $n_1$ , т. е. коэф. отражения  $R = 1$ . В оптически менее плотной среде  $n_2$  в области вблизи границы существует конечное значение эл.-магн. поля, однако поток энергии через границу отсутствует, т. к. перпендикулярная поверхности компонента *Пойнтинга вектора*, усреднённая по времени, равна нулю. Это означает, что энергия проходит через границу дважды (входит и выходит обратно) и распространяется лишь вдоль поверхности среды в плоскости падения. Глубина проникновения излучения в среду  $n_2$  определяется как расстояние, на к-ром амплитуда эл.-магн. поля в оптически менее плотной среде убывает в  $e$  раз. Эта глубина зависит от относит. показателя преломления  $n_{21}$ , длины волны  $\lambda$  и угла  $\varphi$ . Вблизи  $\varphi_{кр}$  глубина проникновения наибольшая, с ростом угла вплоть до  $90^\circ$  плавно спадает до пост. значения.

Поле эл.-магн. излучения в среде  $n_2$  существенно отличается от поля проходящей поперечной волны, т. к. в среде  $n_2$  компонента амплитуды электрич. вектора в направлении распространения волны не равна нулю. Все три компоненты  $x, y, z$  амплитуды волны имеют конечные значения при всех углах  $\varphi > \varphi_{кр}$  и в области  $\varphi_{кр}$  могут значительно превышать по величине нач. значение амплитуды падающей волны (см. *Нарушенное полное внутреннее отражение*).

Процесс распространения эл.-магн. излучения при П. в. о. в случае ограниченных пучков сопровождается

Схема распространения латеральной волны при полном внутреннем отражении вблизи критического угла пучка света с конечным поперечным сечением: 1 — падающий пучок; 2 — геометрически отражённый пучок; 3 — латеральная волна; Д — диафрагма.



продольным и поперечным смещением падающего пучка. Величина продольного смещения  $d$  зависит от состояния поляризации пучка, угла падения  $\varphi$ , величины  $n_{21}$  и вблизи  $\varphi \approx \varphi_{кр}$  равна

$$d_{p,s} = K_{p,s} \frac{n_{21}}{\pi n_1} \frac{\lambda}{(\sin^2 \varphi - n_{21}^2)^{1/4}}.$$

Для излучения, поляризованного в плоскости падения ( $p$ -поляризация),  $K_p = 1/n_{21}^2$ ; для излучения, поляризованного перпендикулярно плоскости падения ( $s$ -поляризация),  $K_s = 1$ . Величина смещения пучка при П. в. о. коррелирует с глубиной проникновения эл.-магн. излучения в оптически менее плотную среду  $n_2$ . Величина смещения  $d$  сравнима с глубиной проникновения и по порядку величины близка  $\lambda$ .

При П. в. о.  $p$ - и  $s$ -компоненты поляризованного излучения испытывают различный по величине сдвиг фаз, поэтому линейно поляризованное излучение после отражения становится эллиптически поляризованным. Разность фаз  $p$ - и  $s$ -компонент определяется из выражения

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{\cos \varphi (\sin^2 \varphi - n_{21}^2)^{1/4}}{\sin^2 \varphi}.$$

Величина  $\delta$  имеет минимум в области углов  $\varphi_{кр} \approx 90^\circ$ . Подбирая подходящий угол падения и значение  $n_{21}$ , можно получить сдвиг фаз, равный  $\pi/4$ ; для двух отражений величина сдвига удваивается. Такой приём используется в поляризац. устройствах (призма — ромб Френеля, см. *Поляризационные приборы*) для преобразования линейно поляризованного излучения в круговое.

Вследствие дифракции, обусловленной конечными размерами падающего пучка, при П. в. о. наряду с рассмотренным продольным смещением пучка наблюдается латеральная («побочная») волна, распространяющаяся вдоль поверхности, к-рая играет роль своеобразного волновода (рис.). Латеральная волна возникает при угле, превышающем  $\varphi_{кр}$  всего на  $\sim 1'$ , и распространяется на расстояние, на неск. порядков превышающее величину продольного смещения регуляриной волны, имеющей интенсивность, близкую к единице. Интенсивности  $I_p$  и  $I_s$  пучков отражённой латеральной волны для  $p$ - и  $s$ -поляризованного излучения уменьшаются вдоль поверхности пропорционально кубу расстояния, на к-рое произошло смещение волны, и относятся между собой как  $I_p/I_s \propto (n_1/n_2)^4$ . В опыте с гелиево-кадмиевым лазером для границы вода — воздух латеральная волна регистрировалась на расстоянии до 7 см. Для расстояния 3 см и  $\lambda = 441,6$  нм интенсивность волны составляла  $1,6 \cdot 10^{-8}$  от мощности падающего пучка света.

В отличие от селективного отражения металлов, к-рое может быть весьма высоким (но всегда коэф. отражения  $R < 1$ ), при П. в. о. для прозрачных сред  $R = 1$  для всех  $\lambda$  и не зависит практически от числа отражений. Следует, однако, отметить, что отражение от механически полированной поверхности из-за рассеяния в поверхностном слое чуть меньше единицы на величину  $\sim 2 \cdot 10^{-6}$ . Потери на рассеяние при П. в. о. от более совершенных границ раздела, напр. в волоконных световодах, ещё на неск. порядков меньше. Высокая отражат. способность границы в условиях П. в. о. широко используется в *интегральной оптике*, *оптич. линиях связи*, *световодах* и оптич. призмах. Высокая крутизна коэф. отражения вблизи  $\varphi_{кр}$  лежит в основе измерит. устройств, предназначенных для определения показателя преломления (см. *Рефрактометр*). Особенности конфигурации эл.-магн. поля в условиях П. в. о., а также свойства латеральной волны используются в физике твёрдого тела для исследования поверхностных возбуждённых колебаний (плазмонов, поляритонов), находят широкое применение в спектроскопич. методах контроля поверхности на основе нарушенного П. в. о., *комбинационного рассеяния света*, *люминесценции* и для обнаружения весьма низких значений концентраций молекул и величин поглощения, вплоть до значений безразмерного показателя поглощения  $k \geq 10^{-6}$ .

Лит.: Бреховских Л. М., Волны в слоистых средах, 2 изд., М., 1973; Кизель В. А., Отражение света, М., 1973; Калитеевский Н. И., Волновая оптика, 2 изд., М., 1978.

В. М. Золотарёв.

**ПОЛОДИЯ** (от греч. *polos* — ось, полюс) — 1) при движении (в случае Эйлера) твёрдого тела вокруг неподвижного центра  $O$  — кривая, к-рую на поверхности построенного в центре  $O$  эллипсоида инерции описывает точка пересечения этой поверхности с мгновенной осью вращения тела (см. *Герпология*). 2) При плоско-параллельном движении твёрдого тела — то же, что и *центроида*.

**ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ ИОНЫ** — атомы или молекулы газа, лишённые в результате взаимодействия одного или неск. электронов с внеш. обложкой. Вместе с комплексом др. атомов или молекул П. и. могут образовывать *кластерные ионы*. Подробнее см. *Ион, Ионизация*.

**ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ КРИСТАЛЛЫ** — одноосные кристаллы, в к-рых скорость распространения обыкновенного луча света больше, чем скорость распространения необыкновенного луча (подробнее см. *Кристаллооптика*).