

§ 1.14. ПОЛНОЕ ОТРАЖЕНИЕ

Закон преломления света позволяет объяснить интересное и практически важное явление — полное отражение света.

Вернемся снова к опытам с оптической шайбой (см. § 1.8). Только теперь будем наблюдать переход света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную. Для этого поместим осветитель в нижней части диска (рис. 1.62). Падающий луч направим на полуцилиндр вдоль радиуса диска. На цилиндрической поверхности луч не преломится, так как он падает на нее под прямым углом. Внутри стекла пучок света достигнет центра диска. Здесь на границе стекло — воздух часть пучка отразится в соответствии с законом отражения, а часть пройдет в воздух, изменив направление. При этом угол преломления больше угла падения. Поворачивая осветитель по часовой стрелке (см. рис. 1.62), будем постепенно увеличивать угол падения. В результате увеличиваются угол отражения и угол преломления. Угол преломления увеличивается быстрее, чем угол отражения. Но это не самое главное. При увеличении угла падения интенсивность, а значит, и энергия отраженного пучка возрастает, в то время как интенсивность преломленного пучка убывает. Особенно быстро убывает интенсивность

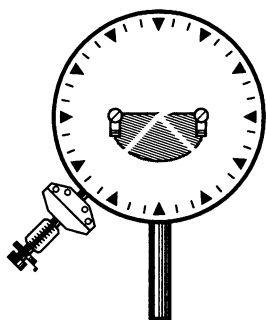


Рис. 1.62

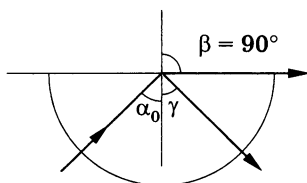


Рис. 1.63

преломленного пучка, когда угол преломления приближается к 90° . Наконец, когда угол падения становится таким, что преломленный пучок идет почти вдоль границы стекло — воздух (рис. 1.63), доля отраженной энергии близка к 100%. Наибольшему возможному углу преломления $\beta = 90^\circ$ соответствует угол падения α_0 . Повернем осветитель, сделав угол падения α больше α_0 . Мы увидим, что преломленный пучок исчез и весь свет отражается от границы раздела обратно в первую среду (стекло). Происходит *полное отражение света*.

Наименьший угол падения α_0 , при котором наступает полное отражение, называется *предельным углом полного отражения*.

Полное отражение наблюдается при переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную, если

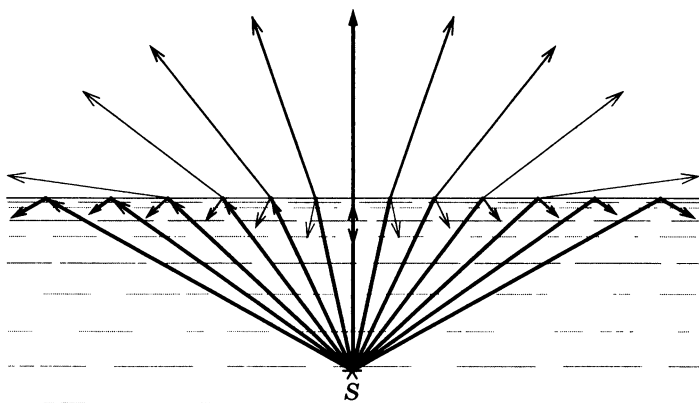


Рис. 1.64

световой пучок падает на границу раздела под углом, большим предельного.

Нельзя утверждать, что по достижении предельного угла преломленный пучок скачком «превращается» в отраженный. В действительности здесь нет скачка. По мере приближения угла α к предельному α_0 интенсивность преломленного пучка, *непрерывно* уменьшаясь, обращается в нуль. Интенсивность же отраженного пучка, *непрерывно* возрастая, становится равной интенсивности падающего пучка.

На рисунке 1.64 изображен пучок лучей от источника, помещенного в воде недалеко от поверхности. Большая интенсивность света показана большей толщиной линии, изображающей соответствующий луч.

Предельный угол полного отражения

Если n_1 — показатель преломления среды, из которой свет выходит, а n_2 — показатель преломления среды, в которую свет входит, причем $n_1 > n_2$, то, согласно закону преломления (1.13.4),

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Отсюда

$$\alpha_0 = \arcsin \frac{n_2}{n_1}. \quad (1.14.1)$$

Если свет переходит из какой-либо среды с показателем преломления n в воздух, показатель преломления которого приближенно можно принять за единицу, то

$$\alpha_0 = \arcsin \frac{1}{n}. \quad (1.14.2)$$

Из этого равенства можно найти значение предельного угла полного отражения α_0 . Для воды ($n = 1,33$) $\alpha_0 = 48^\circ 35'$, для стекла ($n = 1,5$) $\alpha_0 = 41^\circ 50'$, для алмаза ($n = 2,4$) $\alpha_0 = 24^\circ 40'$. Во всех случаях второй средой является воздух.

Наблюдение полного отражения

Явление полного отражения легко наблюдать на простом опыте. Налейте в стакан воду и поднимите его несколько выше уровня глаз. Поверхность воды при рассматривании ее снизу

сквозь стенку кажется блестящей, словно посеребренной, вследствие полного отражения света.

Полным отражением объясняется блеск капель росы на солнечном свете, светящиеся фонтаны, блеск («игра») бриллиантов, хрусталя и т. д. Полное отражение можно наблюдать на пузырьках воздуха в воде. Они блестят потому, что падающий на них свет полностью отражается, не попадая внутрь пузырьков. Это особенно заметно, когда пузырьки воздуха скапливаются на стеблях и листьях подводных растений. На солнце листья кажутся блестящими, как ртуть.

Отметим, что полное отражение является более совершенным (более полным), чем отражение от специально изготовляемых металлических зеркал, где всегда происходит частичное поглощение энергии падающего пучка света.

Волоконная оптика

Полное отражение используют в так называемой *волоконной оптике* для передачи света и изображения по пучкам прозрачных гибких волокон — *световодам*.

Световод представляет собой тонкое волокно цилиндрической формы из кварцевого стекла с добавлением германия или бора. Толщина волокон варьируется от 100 мкм до 1 мкм и меньше. За счет многократного полного отражения свет может быть направлен по любому прямому или изогнутому пути (рис. 1.65). Волокна набираются в жгуты с числом волокон до миллиона.

Создаются волоконные линии связи протяженностью до сотен километров. Волоконный кабель тоньше телефонного и по-

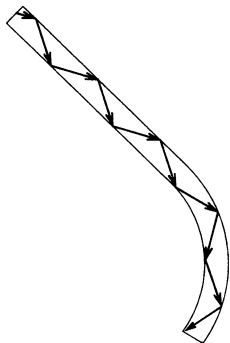


Рис. 1.65

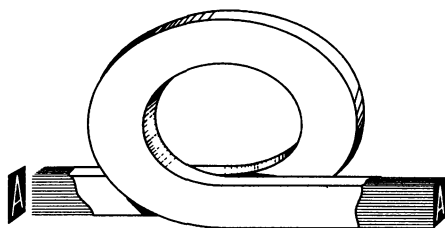


Рис. 1.66