

# Внутреннее отражение

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

**Вну́треннее отраже́ние** — явление отражения [электромагнитных волн](#) от границы раздела двух прозрачных сред при условии , что волна падает из среды с бóльшим [показателем преломления](#).

**Неполное внутреннее отражение** — внутреннее отражение, при условии, что угол падения меньше критического угла. В этом случае луч раздваивается на преломлённый и отражённый.

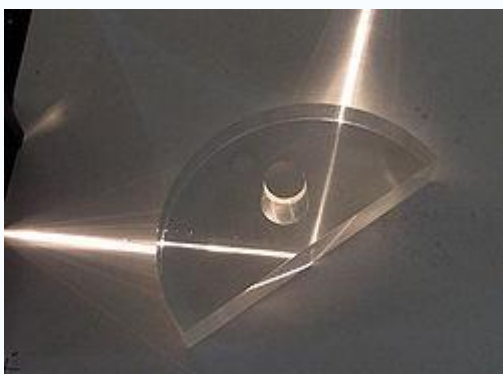
**Полное внутреннее отражение** — внутреннее отражение, при условии, что угол падения превосходит некоторый критический угол. При этом падающая волна отражается полностью, и значение коэффициента отражения превосходит его самые большие значения для полированных поверхностей. К тому же, коэффициент отражения при полном внутреннем отражении не зависит от [длины волны](#).

Этот [оптический феномен](#) наблюдается для широкого спектра [электромагнитного излучения](#) включая и [рентгеновский диапазон](#).

В рамках геометрической оптики объяснение явления тривиально: опираясь на [закон Снелла](#) и учитывая, что угол преломления не может превышать 90°, получаем, что при угле падения, [синус](#) которого больше отношения меньшего коэффициента преломления к большему коэффициенту, электромагнитная волна должна полностью отражаться в первую среду.

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

В соответствии с волновой теорией явления, электромагнитная волна всё же проникает во вторую среду — там распространяется так называемая «неоднородная волна», которая [экспоненциально](#) затухает и энергию с собой не уносит. Характерная глубина проникновения неоднородной волны во вторую среду порядка длины волны.



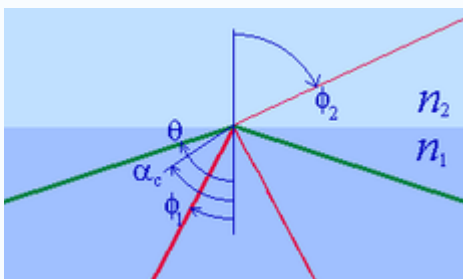
Полное внутреннее отражение света

## Содержание

- [1 Пример](#)

- [2 Полное внутреннее отражение в природе и технике](#)
  - [2.1 Светоделительная призма](#)
  - [2.2 Световод](#)
- [3 Отражение рентгеновских лучей](#)
- [4 Другие волновые явления](#)
- [5 Примечания](#)

## Пример



Рассмотрим внутреннее отражение на примере двух монохроматических лучей, падающих на границу раздела двух сред. Лучи падают из зоны более плотной среды (обозначена более тёмным голубым цветом) с коэффициентом преломления  $n_1$  на границу с менее плотной средой (обозначена светло-голубым цветом) с коэффициентом преломления  $n_2$ .

Красный луч падает под углом  $\Phi_1 < \alpha_c = \Theta_c$ , то есть на границе сред он раздваивается — частично преломляется и частично отражается. Часть луча преломляется под углом  $\Phi_2$ .

Зелёный луч падает и полностью отражается  $\Theta > \alpha_c = \Theta_c$ .

## Полное внутреннее отражение в природе и технике

[Фата-моргана](#), эффекты [миража](#), например иллюзия мокрой дороги при летней жаре. Здесь отражения возникают из-за полного отражения между слоями воздуха с разной температурой.

Яркий блеск многих природных [кристаллов](#), а в особенности — [огранённых](#) драгоценных и полудрагоценных камней объясняется полным внутренним отражением, в результате которого каждый вошедший в кристалл луч образует большое количество достаточно ярких вышедших лучей, окрашенных в результате [дисперсии](#).

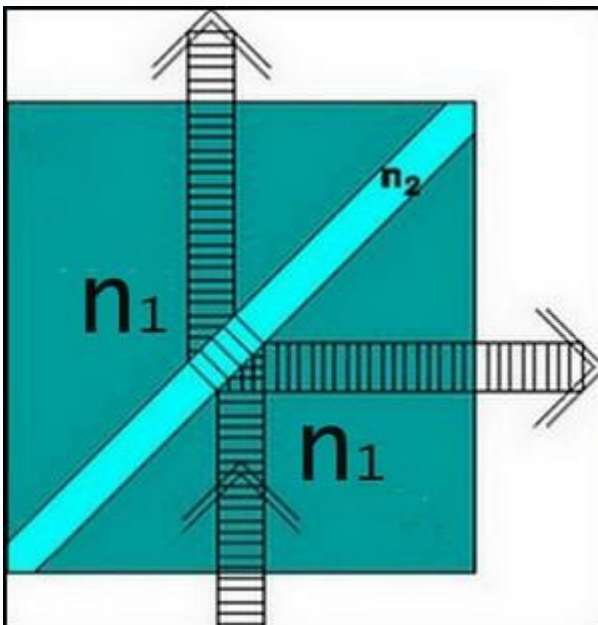
Блеск [алмазов](#), выделяющий их из прочих драгоценных камней, также определяется этим феноменом. Из-за высокого коэффициента преломления ( $n \approx 2$ ) алмаза оказывается большим и число внутренних отражений, которые претерпевает луч света с меньшими потерями энергии, по сравнению со стеклом и другими материалами с меньшим показателем преломления.



Отражение рыбки из-под воды, в поверхности раздела вода-воздух.

Полное внутреннее отражение можно наблюдать, если смотреть из-под воды на поверхность: при определенных углах на границе раздела наблюдается не внешняя часть (то, что в воздухе), а видно зеркальное отражение объектов, которые находятся в воде.

### Светоделительная призма



Непосредственно за первой граничной поверхностью, то есть на расстоянии максимум, равной длине волны [света](#), вторая граничная поверхность имеет тот же коэффициент преломления  $n_1$ . [Электромагнитная волна света](#) проникает через полосу с коэффициентом преломления  $n_2$  и попадает во вторую граничную поверхность с коэффициентом преломления  $n_1$ , но с меньшим значением энергии. Наблюдается раздвоение луча [света](#), часть которого проникла в зону с коэффициентом преломления  $n_2$ . В конечном результате луч раздваивается: часть распространяется дальше в первоначальном направлении, в то время как другая часть отражается. Потеря интенсивности в среде  $n_2$  проходит [экспоненциально](#) по формуле:

$$I = I_0 \cdot \exp\left(-\frac{x}{\lambda}\right)$$

### Световод

Эффект полного внутреннего отражения используется в [световодах](#). Осевая часть волокна создаётся из стекла с высоким показателем преломления и погружается в

оптически менее плотную среду (пластиковая обложка волокна, специальная жидкость, воздух). Такие световоды используются для построения [оптоволоконных кабелей](#)

## Отражение рентгеновских лучей

При [рентгеновском излучении](#) согласно общей формуле значений коэффициента преломления:

$$n = 1 - \delta - i\beta$$

вытекает, что вакуум — оптически более плотная среда, чем любое вещество. Значения коэффициента  $\delta$  прохождения рентгеновских лучей лежат в области между  $< / 10^{-6}$  и  $< / 10^{-5}$  и зависят от квантовой энергии излучения, [констант кристаллической решётки](#) и [плотности](#) вещества.

При небольших углах падения, наблюдается эффект скольжения, преломления рентгеновских лучей с отражением под углом, равным углу падения ( $\theta$ ). Углы скольжения для «жёстких» рентгеновских лучей составляют доли градуса, для «мягких» — примерно 10-20 градусов.<sup>[1][2]</sup>

Преломление рентгеновских лучей при скользющем падении было впервые сформулировано М. А. Кумаховым, разработавшим [рентгеновское зеркало](#), и теоретически обосновано [Артуром Комптоном](#) в [1923 году](#).

## Другие волновые явления

Демонстрация преломления, а значит и эффекта полного внутреннего отражения возможна, например, для звуковых волн на поверхности и в толще жидкости при переходе между зонами различной вязкости или плотности.

Явления, сходные с эффектом полного внутреннего отражения электромагнитного излучения, наблюдаются для пучков медленных нейтронов.<sup>[3]</sup>

Если на поверхность раздела падает вертикально поляризованная волна под [углом Брюстера](#), то будет наблюдаться эффект [полного преломления](#) — отраженная волна будет отсутствовать.

## Примечания

- [↑ http://dssplab.karelia.ru/sources/BOOK/glava1/01.html](http://dssplab.karelia.ru/sources/BOOK/glava1/01.html)
- [↑ http://www.issep.rssi.ru/pdf/0110\\_095.pdf](http://www.issep.rssi.ru/pdf/0110_095.pdf)
- [↑ Нейтронная оптика](#) — статья из [Большой советской энциклопедии](#)

Источник

«[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B5\\_%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B5_%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)»

Категория: [Оптика](#)