

# Волшебная вода

Возраст: 4-99 лет

**Описание:** Этот эксперимент демонстрирует эффект полного внутреннего отражения и объясняет концепции отражения, рефракции и критического угла

## Материалы

- Картонка с изображением, предпочтительно использовать плотный картон, чтобы он не сгибался при погружении в воду.
- Пластиковый файл, который можно плотно закрыть.
- Несмывающийся фломастер.
- Непрозрачная емкость с водой.

## Теоретические основы

**Отражение** - физический процесс взаимодействия волн или частиц с поверхностью, изменение направления волнового фронта на границе двух сред с разными свойствами, в котором волновой фронт возвращается в среду, из которой он пришёл. Одновременно с отражением волн на границе раздела сред, как правило, происходит преломление волн  $\theta_n = \theta_o$ .

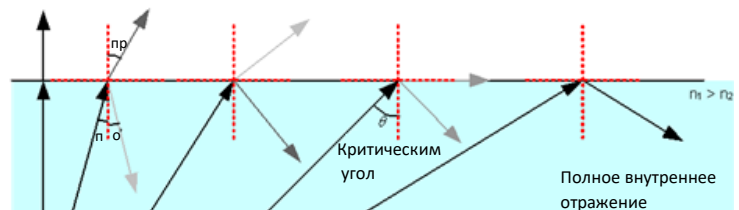
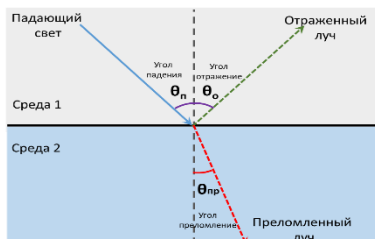
**Преломление** - изменение направления луча (волны), возникающее на границе двух сред ( $n_1$  и  $n_2$  коэффициенты рефракции), через которые этот луч проходит или в одной среде, но с меняющимися свойствами, в которой скорость распространения волны неодинакова. Отношение синуса угла падения света к синусу угла преломления для монохроматического света является определенной величиной, которая не зависит от величины угла падения. Такое отношение имеет название относительного показателя преломления одной среды по отношению к другой. Относительным показателем преломления является отношение абсолютных показателей преломления сред  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

## Полное внутреннее отражение

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. В геометрической оптике явление объясняется в рамках закона Снеллиуса. Учитывая, что угол преломления не может превышать  $90^\circ$ , получаем, что при угле падения, синус которого больше отношения меньшего показателя преломления к большему показателю, электромагнитная волна должна полностью отражаться в первую среду.

$$\sin \theta_c = \frac{n_1}{n_2}$$

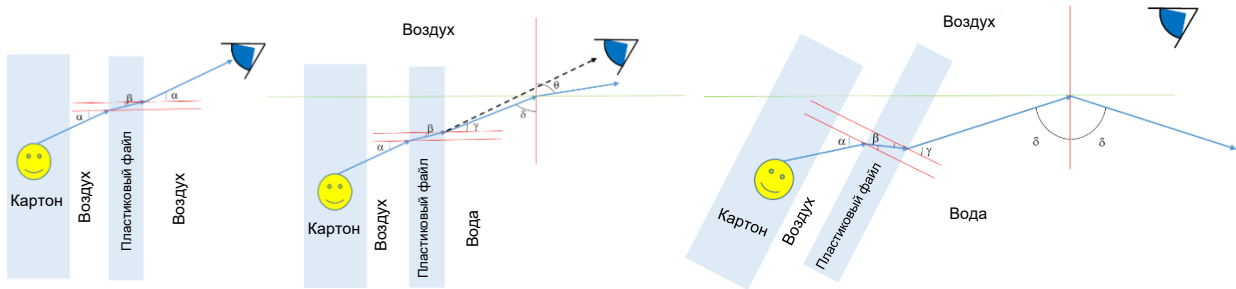
Угол  $\theta_c$  представляет собой наименьший угол падения, при котором наблюдается полное внутреннее отражение. Его называют предельным или критическим углом. Используется также наименование угол полного отражения



[http://macao.communications.museum/eng/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2\\_8\\_4\\_TotalInternalReflection.html](http://macao.communications.museum/eng/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_8_4_TotalInternalReflection.html)

Когда мы погружаем пластиковый файл в воду, луч, отражающийся от изображения на бумаге, поглощается из-за изменения коэффициента рефракции, проходя через воздух, пластик и воду ( $n_{\text{пластик}} > n_{\text{вода}} > n_{\text{воздух}}$ ). Таким образом,

луч больше не может достичь глаза смотрящего. Если мы приблизим изображение к поверхности воды, то можем снова увидеть рисунок, поскольку луч, в такой позиции, вновь попадает в глаз человека. Если мы опять погружаем файл с рисунком в воду под более широким углом, то он становится невидимым нашему глазу. Причиной этого является тот факт, что лучи отражаются от поверхности под углом, большим, чем критический угол. Это объясняет феномен полного внутреннего отражения. При дальнейшем погружении пластикового файла, в определенный момент, мы перестаем видеть все рисунки, в связи с тем, что угол преломления превышает критический.



### Как провести опыт

1. Возьмите плотный картон с рисунком (в нашем примере мы использовали рыбку и смайлик).
2. Поместите картонку с рисунком в пластиковый файл.
3. Если рисунок на картоне – это смайлик, то прорисуйте его на пластиковом файле несмываемым фломастером, если рыбка, то прорисуйте ее скелет.



4. Погрузите пластиковый файл с рисунком в емкость с водой. Попробуйте погружать файл с рисунком под разными углами.



### Вопросы для преподавателей

Используйте эти вопросы для усвоения материала

1. **Какова разница между коэффициентом рефракции воздуха, воды и пластика?**  
Необходимо иметь определенную зависимость ( $n_{\text{пластик}} > n_{\text{вода}} > n_{\text{воздух}}$ ). В частности  $n_{\text{воздух}}=1$ ,  $n_{\text{вода}}=1.33$ ,  $n_{\text{пластик}}=1.49$
2. **Почему картинка не видна, начиная с определенной величины угла?**  
Когда мы погружаем пластиковый файл с изображением в воду, лучи, отражающиеся от изображения, преломляются в воздухе, воде и пластике, что не позволяет им быть видимыми человеческому глазу.
3. **Почему мы видим только рисунок, прорисованный на поверхности пластикового файла?**  
Мы видим только это изображение, поскольку лучи преломляются только в воде и воздухе. При таких условиях они могут достигать человеческого глаза.