

Группой учащихся ФМШ № 165 г. Новосибирска был сконструирован прибор для получения фотографий, имеющий угол обзора близкий к 180° . Об этом приборе они рассказали на научной конференции учащихся физико-математических школ-интернатов, которая проходила в марте 1974 года в г. Тбилиси, а затем написали статью в «Квант». Ее мы и предлагаем вашему вниманию.



Фотокамера «Рыбий глаз»

В. ДРАЧЕВ. А. МАЗУР

Представим себе пловца, который без маски нырнул под воду. Какая картина откроется ему, если он будет смотреть вверх через спокойную поверхность водоема?

При условии, что водоем сравнительно небольшой, пловец увидит следующее. На темном потолке (поверхность воды) — яркое круглое окно, в которое «зажато» все небо от горизонта до горизонта. Все предметы, окружающие водоем, стоят по краям этого окна, устремленные своими «верхушками» к его центру. Более того, можно будет увидеть даже часть прибрежного дна.

Все это можно легко объяснить на основе явления полного внутреннего отражения света. Известно, что при переходе света из оптически более плотной в оптически менее плотную среду существует предельный угол падения (угол α на рисунке 1), начиная с которого свет не будет выходить из первой среды во вторую. Говорят, что в этом случае свет испытывает полное внутреннее отражение. Например, для перехода вода — воздух $\alpha=49^\circ$.

А теперь представим себе, что все лучи идут в обратном порядке, т. е. из воздуха в воду. Тогда, если поле обзора в воде заключено в конусе с углом раствора около 98° (т. е. два предельных угла α_0) то угол обзора в воздухе будет 180° . Поле обзора становится гораздо шире.

Именно так видят, например, рыбы (рис. 2). Правда, предметы, размещенные по краям воздушной полусферы, оказываются сильно искаженными и, конечно, смещенными из своего положения.

Рыба может также видеть предметы, находящиеся в воде и не попадающие, казалось бы, в поле зрения рыбы (например, маленькая рыбка на рисунке 2). Все дело в том, что при полном внутреннем отражении поверхность воды становится хорошим зеркалом, так как резко увеличивается коэффициент отражения света. Для углов падения, близких к нулю, коэффициент отражения у воды примерно 2 %, а для углов, больших предельного, он почти 100 %.

На рисунке показано, что зеркальное отражение рыбки видно под меньшим углом зрения, чем сама рыбка. Конечно, изображение будет хорошим, если поверхность водоема гладкая.

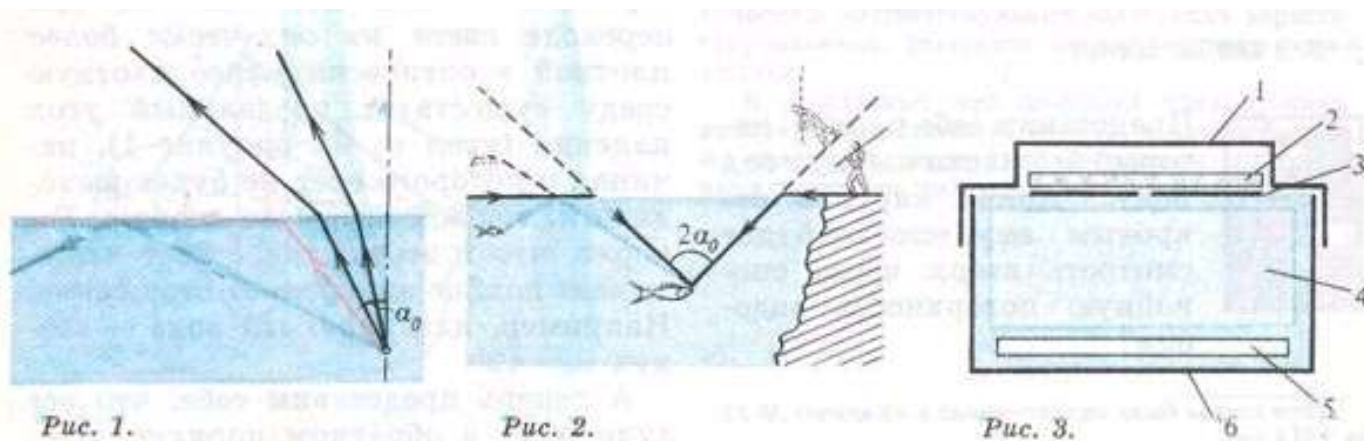
Для моделирования этого явления мы сделали фотокамеру, которая называется «Рыбий глаз». Камера (рис. 3) состоит из жестяной круглой коробки (диаметром 18 см, высотой 4 см) – корпуса 6 с крышкой 1, оргстекла 4, фольги с дырочкой – диафрагмы 3, кружочка обыкновенного плоского стекла 2*) и фотопластинки 5.

Преломление света происходит на верхней поверхности оргстекла, т. е. оргстекло здесь играет ту же роль, что и вода в описанных выше экспериментах.

Стекло, которое является прозрачной крышкой, закрывающей сверху диафрагму, представляет собой тонкую плоскопараллельную пластинку, поэтому оно никаких существенных дополнительных эффектов не дает.

Коробка обязательно должна быть заполнена жидкостью с показателем преломления примерно таким же, как у оргстекла (мы использовали смесь воды и глицерина), иначе свет по выходе из оргстекла примет направление, параллельное исходному, и ожидаемого изображения на фотопластинке не получится. (Аналогично: не увидит вышеописанной картины пловец, нырнувший в маске.)

При расчете диафрагмы надо учитывать следующий фактор. Изображение на фотопластинке получается с помощью дырочной камеры, поэтому диаметр отверстия должен быть малым по сравнению с расстоянием до фотопластинки. Но с уменьшением диаметра диафрагмы все заметнее проявляет себя дифракция света. Это приводит к ухудшению качества изображения. Теоретический расчет дает, что оптимальное значение диаметра отверстия должно быть порядка $d = \sqrt{\lambda h}$, где λ – длина волны света, h – расстояние от отверстия до фотопластинки. У нас лучшие по качеству снимки получались в солнечный день при диаметре диафрагмы 0,3 мм; чувствительность фотопластинки была 180 ед.



*) Тонкое стекло можно резать ножницами, если погрузить и то и другое в воду.