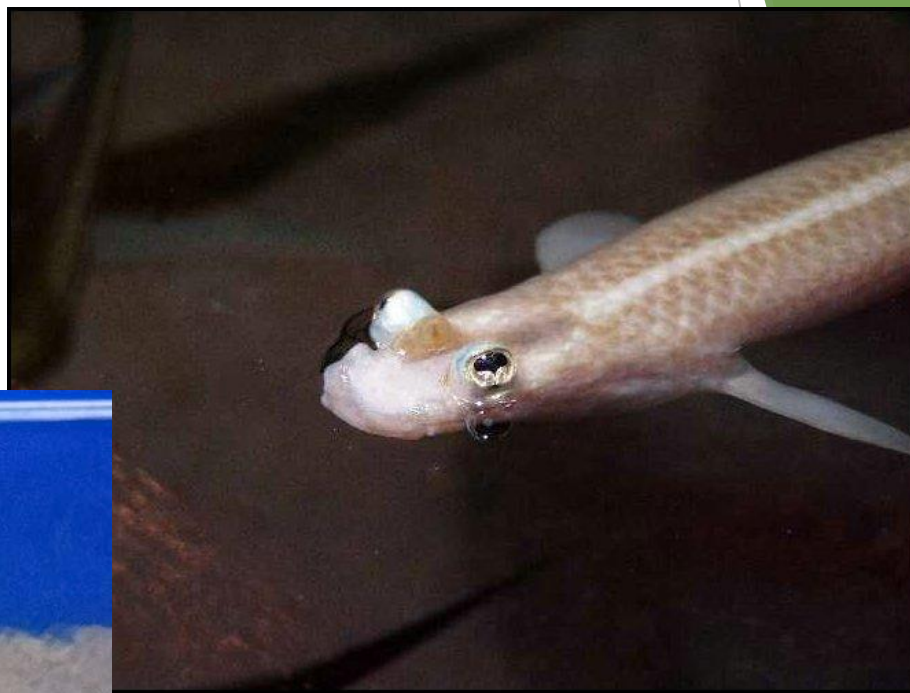


Волны на пляже,
Солнце в небе и
многое другое.

*Гляди в оба!
Народная мудрость
Рыба анаблепа живет на поверхности воды. Ее глаз разделен на два сектора: верхний
видит в воздухе,
нижний – в воде. Одним взглядом анаблепа замечает сразу и птиц в небе, и рыб в
водоеме.*



Тут все понятно:

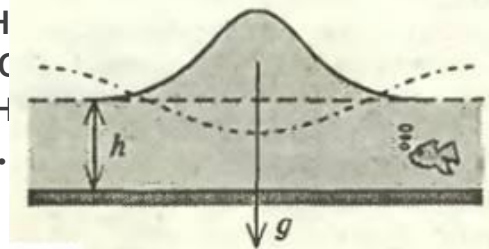
- ▶ в воздухе свет распространяется со скоростью u_1 , в воде — с меньшей скоростью u_2 ($u_2 < u_1$) их отношение называется показателем преломления воды относительно воздуха $n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} > 1$,

а из закона преломления $n_2 \sin \alpha_2 = n_1 \sin \alpha_1$, (1)

описанного в школьном учебнике (правда в несколько ином виде), следует, что при переходе в оптически более плотную среду (при $n > 1$) преломленный луч пойдет ближе к нормали, чем падающий, т.е. $\alpha_2 < \alpha_1$.

Найдем скорость распространения волн на пляже.

Если мы создадим «горб» на поверхности спокойной воды — моря, озера или лужи — глубиной h и предоставим его самому себе, то под действием силы тяготения (пропорциональной ускорению свободного падения g) он начнет проваливаться в проскочит положение, с поверхности, рядом возникнет волна, и начнет распространяться волна.



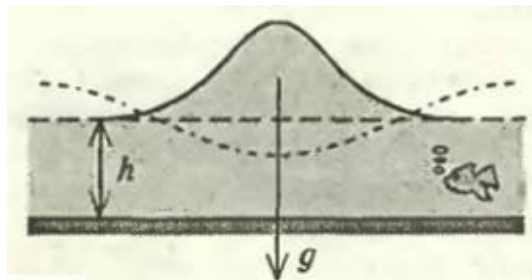
Перечислим величины (и их размерности), от которых, по нашему мнению, может зависеть скорость движения волны v (м/с): h , g . Из этих величин и их размерностей сразу видно, что их можно связать формулой:

$$v \sim \sqrt{gh} \quad (2)$$

Попробуйте сами!

Таким образом, чем мельче водоем, тем с меньшей скоростью распространяется волна (разумеется, это справедливо только для мелкой воды, когда скорость не зависит от длины волны). Значит, с приближением к берегу и уменьшением глубины водоема волны движутся все медленнее. По аналогии с оптикой, можно сказать, что они переходят во все более оптически плотную среду. (Кстати, и в стакане с водой тоже можно создать среду с показателем преломления, плавно растущим по направлению к его дну, если сделать очень концентрированный раствор соли, а затем осторожно, избегая перемешивания слоев, добавлять к нему все менее соленые слои и, наконец, чистую воду (попробуйте!). Тогда подводная часть ложки будет выглядеть не преломленной, а плавно изогнутой.)

Пойдем дальше!



Разобьем мысленно поверхность моря на полосы шириной dx , параллельные берегу (рис.2). В каждом слое будет своя глубина h , своя скорость распространения волны, свой показатель преломления, обратно пропорциональный этой скорости, и свой угол по отношению к оси X , перпендикулярной берегу. Тогда закон преломления (1) для всех этих слоев можно записать в виде:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sqrt{h_1}} = \frac{\sin \alpha_2}{\sqrt{h_2}} = \dots = \frac{\sin \alpha(x)}{\sqrt{h(x)}} = \text{const.} \quad (3)$$

Уже отсюда видно, что если глубина стремится к нулю, то угол между лучом и нормалью тоже стремится к нулю. Это и объясняет, почему волны на пляжах «плюхают» прямо в берег. Но можно пойти и дальше — найти само уравнение луча...

Уравнение Луча $y(x)$.

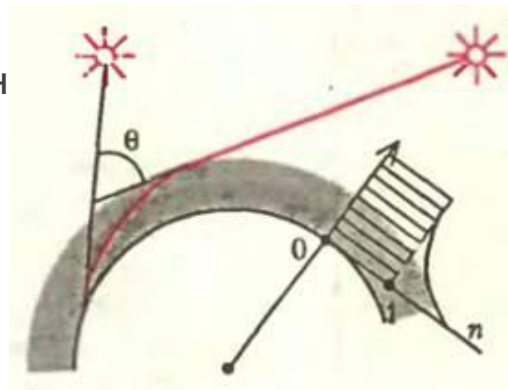
Путем глубоки выводим формулу:

$$\left(\frac{y-y_1}{\frac{x_1}{\sin \alpha_1}} - \cos \alpha_1 \right)^2 + \left(\frac{x}{\frac{x_1}{\sin \alpha_1}} \right)^2 = 1 .$$

Да ведь это уравнение окружности! (Разумеется, при другой зависимости глубины от расстояния получится иное уравнение луча.)

Однако пойдём дальше.

Уравнение (1) объясняет мн

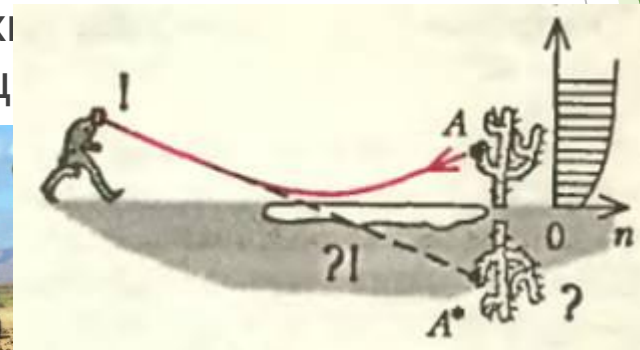


ироды.

Например, атмосферную рефракцию солнечных лучей (рис.3). Поскольку плотность атмосферы растет по направлению к поверхности Земли, коэффициент преломления воздуха падает с высотой, и лучи Солнца изгибаются так, что наблюдатель на Земле видит его еще некоторое время после геометрического захода и перед восходом. В результате световой день удлиняется на несколько минут, что очень полезно (для колхозных полей, например). Благодаря этому же явлению в высоких широтах полярная «ночь» короче полярного «дня», что тоже очень хорошо.

Миражи в пустыне.

Этим же уравнением можно объяснить миражи в пустыне. Когда раскаленный песок подогревает прилегающий слой воздуха, реализуется ситуация, при которой показатель преломления верхнего слоя воздуха меньше, чем нижнего. В результате лучи, идущие от точки A (рис.4), изгибаются. Путник принимает точку A' за желанное озеро, которого нет.



Кстати, о рыбе.

Пусть даже не об упомянутой анаблепе, а о самой простой. Показатель преломления ее среды обитания — воды — заметно больше единицы ($n \approx 4/3$). Но для того чтобы фокусировать лучи, коэффициент преломления ее глаз должен быть еще больше. Что же, природа должна создавать рыбий глаз из кронгласа или флинта? Это вопрос нетривиальный, и как он решен Природой — об этом можно поговорить или просто интересно вспомнить, что знает Природа. Придумать «глазом» среду с показателем преломления, зависящим от расстояния от центра до определенной точки:

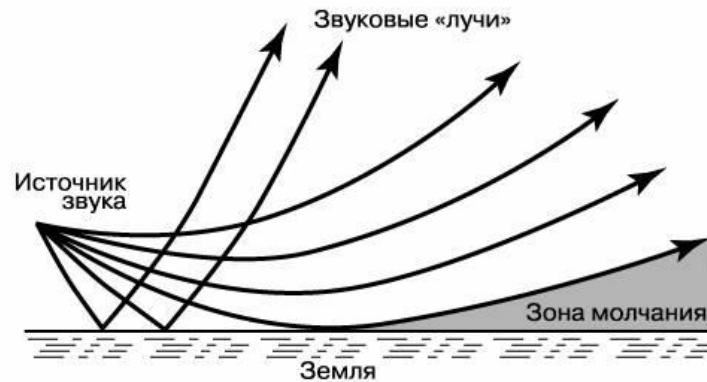
$$n(r) = \frac{n_0}{1 + \left(\frac{r}{a}\right)^2}, \quad \text{здесь } n_0 \text{ — «светл»}$$



(Где n_0 , a — постоянные)

Звуковые волны.

Это все оптика. Но то же самое и в акустике – уравнение (1) описывает общее свойство лучей для волн любой природы загибаться в сторону уменьшения скорости распространения волны. Если днем на пляже песок раскален, то скорость звука в прилегающем горячем слое воздуха несколько больше, чем вверху (она, как известно, пропорциональна температуре). В результате, «лучи звука» звучат приглушенно, а воздух охладиться, а в воздухе обратная ситуация – лучи загибаются вниз, и г



ого
е
/же

Как, однако, полезно знать физику, даже полководцам!

Впрочем, далеко-то они слышны, а вблизи, может быть, и нет. Во время знаменитых битв, производивших много шума, иногда возникали такие атмосферные условия, при которых образовывалась зона молчания. (Конечно, в эти условия, помимо изменения скорости звука с высотой входят и наличие облаков, и рельеф местности, и другие тонкости, с



имер,
, но н
а Гру



Список литературы.

- ▶ Стасенко А.Л. «Волны на пляже, Солнце в небе и многое другое» //Квант. — 1995. — № 3. — С. 37-38.
- ▶ *Веб сайты:*
- ▶ <http://www.physbook.ru/>
- ▶ <http://ru.wikipedia.org/>
- ▶ <https://www.google.ru/>