

Если какой-либо предмет поместить надно сосуде и удалить сосуд от глаз настолько, что предмет не будет виден, то он вновь станет виден на этом расстоянии, если сосуд залить водой.

Евклид

...я... вычислил подробно ход всех лучей, которые падают на различные точки водяной капли, чтобы узнать, под какими углами они могут попасть в наш глаз после двух преломлений и одного или двух отражений.

Рене Декарт

Ученейший Декарт предложил закон преломления, который, как считают, согласуется с опытом, но, чтобы доказать его, он

выдвинул постулат... что, как кажется, противоречит естественным фактам.

Пьер Ферма

...отсюда видно, что угол отражения оказывается равным углу падения.

Христиан Гюйгенс

Солнечный свет состоит из лучей разной преломляемости.

Исаак Ньютон

Геометрическая оптика и очень проста и очень сложна.

Ричард Фейнман

А так ли хорошо знакомы вам преломление и отражение света?

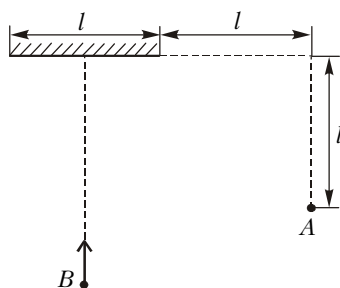
Давние читатели «Кванта» припомнят, что уже встречались с этими понятиями на страницах «Калейдоскопа». Однако мы вовсе не собираемся повторяться, а просто поворачиваем наш любимый прибор, давший название рубрике, чтобы рассмотреть новый «узор», созданный всего лишь двумя оптическими явлениями. Действительно, разве можно исчерпать многообразие парадоксов и загадок, опытов и задач на преломление и отражение света, притягивающих внимание человечества уже более двух тысяч лет?!

Евклид описывает опыт, который до сих пор не сходит со страниц школьных учебников. Декарт пытается объяснить происхождение радуги, и это объяснение практически не претерпевает изменений без малого четыреста лет. Ферма и Гюйгенс ищут и находят универсальные принципы распространения света, с помощью которых сегодня каждый старшеклассник может вывести законы геометрической оптики. Ньютон раскладывает белый свет, пользуясь преломляющей его призмой, — и этот опыт также становится «школьным».

Присоединяйтесь ко всем, кого красота и причудливость оптических явлений не могли оставить равнодушными, и вы обнаружите, что в предупреждении Фейнмана равно привлекательны как первая, так и вторая его половина.

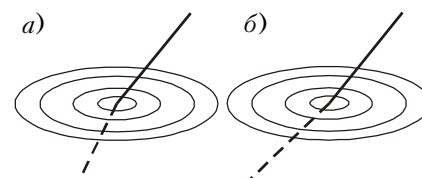
Вопросы и задачи

1. Почему ночью лужа на неосвещенной дороге кажется водителю темным пятном на светлом фоне?
2. Можно ли вместо белого полотна (экрана) в кинотеатрах использовать плоское зеркало?
3. Сбоку от зеркала шириной l в точке A находится человек, как показано на рисунке. Второй человек (точ-



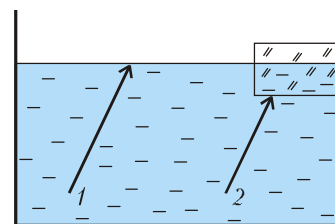
ка B) приближается к зеркалу по перпендикуляру, проходящему через середину зеркала. На каком расстоянии от зеркала будет находиться второй человек в тот момент, когда оба увидят друг друга в зеркале?

4. При каком условии плоское зеркало может дать действительное изображение?
5. Можно ли, направляя свет фонарика на плоское зеркало, осветить находящееся за ним мнимое изображение?
6. Два художника, гуляя по берегу озера, обратили внимание на наклонную палку, торчащую из воды, и



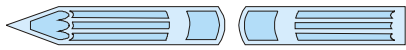
затем изобразили увиденное так, как показано на рисунках а) и б). Какой из художников ошибся?

7. В воде идут два параллельных луча 1 и 2, как изображено на рисунке. Луч 1 выходит в воздух непосредственно, а луч 2 проходит сквозь



горизонтальную плоскопараллельную пластинку, лежащую на поверхности воды. Будут ли эти лучи параллельны при выходе в воздух?

8. Может ли произойти полное отражение света при переходе из воды в стекло?
9. Луч света падает на однородный прозрачный шар и проникает в него. Проходя внутри шара, он достигает поверхности раздела шар — воздух. Может ли в этой точке произойти полное отражение?
10. Погрузив карандаш наполови-



ну в воду, налитую в ванну, вы заметите на ее дне тень от карандаша такой, как это изображено на рисунке. Отчего возник светлый промежуток?

11. Если пятикопеечную монету закоптить и положить на дно сосуда с водой, то она может показаться серебряной. Почему?

12. Чему должен равняться показатель преломления прозрачного материала, из которого изготовлен шарик с посеребренной задней поверхностью, чтобы любой луч, проходящий внутри шарика не слишком далеко от его центра, после отражения от задней поверхности выходил из шарика параллельно падающему лучу?

13. В зеркале из толстого стекла видно одно яркое и несколько бледных изображений лампы. Почему?

14. В плоском зеркале видно изображение свечи. Что произойдет с этим изображением, если между зеркалом и свечой поставить плоскопараллельную пластинку?

15. Отчего толченное стекло непрозрачно? Почему оно становится прозрачным, если его погрузить в воду?

Микроопыт

Встаньте перед плоским зеркалом, закройте левый глаз и наложите на зеркало бумажку так, чтобы не видеть изображения закрытого глаза. Не меняя положения головы, откройте левый глаз и закройте правый. Будет ли видно теперь изображение закрытого глаза? В чем причина наблюдаемого явления?

Любопытно, что...

...еще в комедии древнегреческого драматурга Аристофана отмечалась возможность расплавления восковой таблички с помощью зажигательного (преломляющего) стекла. А над тем, почему палка в воде кажется надломленной, размышлял сам Аристотель.

...со времени появления работы Евклида, в которой он первым дал рациональное объяснение образованию изображений в плоском и сферическом зеркалах, раздел оптики, следующий отражение света, именовался катоптрикой (от греч. *катоптрон* – зеркало), а раздел, занимающийся изучением преломления света, назывался диоптрикой (что по-

гречески означает искусство измерять расстояние).

...в Сиракузах, где, по легенде, Архимед поджигал римские корабли с помощью зеркал, ему был установлен памятник, изображающий ученого со сферическим сегментом в руках, направленным в сторону моря. Однако авторы изваяния не рассчитали, что подобным «зеркалом» можно было бы поджечь что-нибудь на расстоянии всего лишь около полуметра.

...еще древнеримский ученый Плиний в своей «Естественной истории», написанной около двух тысяч лет назад, рассказывал о ловцах жемчуга, набравших в рот оливковое масло перед погружением и выпускавших его под водой. Растекавшаяся по поверхности моря масляная пленка, показатель преломления которой больше, чем у воды, резко уменьшала яркость бликов и улучшала условия видимости.

...знаменитую задачу арабского ученого Альхазена о нахождении точки отражения от сферического зеркала, сформулированную около тысячи лет назад, удалось решить Гюйгенсу только в 1676 году.

...Леонардо да Винчи писал научные трактаты перевернутым (зеркальным) шрифтом, видимо, пытаясь таким образом засекретить их содержание. Его рукописи впервые были расшифрованы и опубликованы лишь три столетия спустя.

...Кеплеру не удалось найти правильный закон преломления света, однако проведенные им многочисленные опыты привели его к открытию явления полного внутреннего отражения.

...критическое отношение к заблуждениям Декарта побудило Ферма обратиться к трудам Герона, установившего еще до новой эры «принцип кратчайшего пути» для света. Четыре года сомнений и размышлений привели французского ученого к доказательству знаменитого «принципа наименьшего времени», на основе которого выводятся законы отражения и преломления света.

...когда Огюстену Френелю необходимо было создать огромную линзу для маяка, ему пришла идея составить ее из множества повернутых друг относительно друга призм. Такая плоская линза оказалась намного легче обычной «чечевицы» и с успехом стала служить мореплавателям. Много позже подобная идея нашла применение в концентраторах солнечной энергии – для этого нужно было лишь изменить направление световых лучей.

...наиболее современная и абстрактная теория геометрической оптики, разработанная ирландским математиком и физиком Уильямом Гамильтоном, имеет важные приложения в... механике. Открытая им оптико-механическая аналогия объяснила, почему и волновая теория Гюйгенса и корпускулярная теория Ньютона одинаково хорошо описывали явления отражения и преломления света.

Что читать в «Кванте» о преломлении и отражении

(публикации последних лет)

1. «Паркет-хамелеон» – 1996, №4, с.36;
2. «Законы отражения и преломления света» – 1996, №5, с.49;
3. «Сквозь розовые очки» – 1997, №6, с.20;
4. «Калейдоскоп «Кванта» – 1998, №3, с.32;
5. «Оптические системы и приборы» – 1998, №5, с.47;
6. «Волшебная линза» – 1999, №1, с.44;
7. «Камера-обскура» – 1999, №2, с.12;
8. «Геометрическая оптика» – 1999, Приложение №2, с.100;
9. «Лазерная указка» – 2000, №3, с.18;
10. «Пределы зоркости приборов» – 2000, №3, с.39.

Материал подготовил
А.Леонвич