

...я прикрепил к одному углу книги нить, протянул ее через отверстие и, обводя ее вдоль контуров отверстия, начертил другим концом при помощи мела фигуру на стене.

Иоганн Кеплер

...мы также рассматриваем не кратчайшие расстояния или линии, а те, которые могут быть пройдены легче, удобнее и за более короткое время.

Пьер Ферма

А ТАК ЛИ ХОРОШО ЗНАКОМЫ ВАМ

ОПТИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ?

Тема этого «Калейдоскопа» свела воедино и автора законов движения планет, и математика, знаменитого своими теоремами, и создателя классической механики, и ученого, проведшего труднейшие эксперименты по определению скорости света в разных средах, и многих других известных ученых. При всем различии научных интересов, их волновал вопрос: можно ли (и как) верно отобразить движение неуловимых световых лучей?

Важность этой проблемы вы ощутите, например, как только начнете перечислять оптические приборы, для постройки и качественной работы которых необходимо знать, что происходит с проходящим через них потоком света. Это очки и луны, микроскопы и телескопы, разнообразные проекторы и фотоаппараты, видеокамеры и бинокли...

Оптические построения играют огромную роль не только для развития оптической техники. Разработанные в оптике модели и представления проникли в другие научные области, где нашли отражение в таких терминах, как «электронный микроскоп», «нейтронное зеркало», «оптическая ЭВМ».

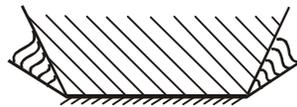
Очень хотелось бы, чтобы в предложенной здесь россыпи задач вы обнаружили и красоту самих построений, и логику стоящих за ними оптических законов.

Вопросы и задачи

1. Заходящее Солнце освещает сквозь щель между облаками решетчатую

ограду. Почему в тени, отбрасываемой решеткой на стену, отсутствуют тени вертикальных прутьев, тогда как тени горизонтальных отчетливо видны? Толщина всех прутьев одна и та же.

2. На рисунке показаны область полной видимости в плоском зеркале



прямого предмета (штриховка прямыми линиями) и области частичной видимости (штриховка волнистыми линиями). Где находится предмет?

3. Солнечные лучи, отражаясь от большого горизонтального зеркала, падают на вертикальный экран. На зеркале стоит шахматная фигура. Какой величины будет ее тень на экране?

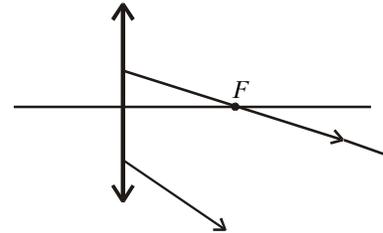
4. Зачем осветительное зеркальце у микроскопа обычно делается вогнутым?

5. Между светящейся точкой и глазом помещена плоскопараллельная пластина. Выясните построением, где находится изображение этой точки.

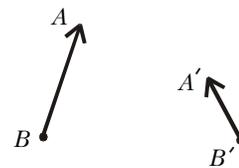
6. Расстояние между предметом и его изображением, создаваемым тонкой линзой, равно $0,5F$, где F – фокусное расстояние линзы. Какое это изображение – действительное или мнимое?

7. Собирающая линза дает изображение источника в точке S' на главной оптической оси. Положение центра линзы O и ее фокусов F известно, причем $OF < OS'$. Найдите построением положение источника S .

8. Определите построением положение светящейся точки, если два луча после преломления в линзе идут так, как изображено на рисунке.

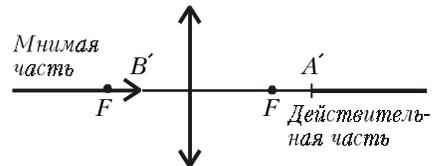


9. На рисунке изображены предмет AB и его изображение $A'B'$, получен-



ное с помощью тонкой линзы. Найдите построением положение линзы и ее фокусов.

10. Изображение некоторого прямого непрерывного предмета AB состоит из двух полубесконечных час-



тей, одна из которых действительная, другая мнимая. По рисунку восстановите положение предмета.

11. Можно ли сфотографировать мнимое изображение?

12. Где на оптической оси собирающей линзы должен находиться точечный источник света, чтобы ни из какой точки нельзя было одновременно увидеть источник и его изображение?

13. Как расположить две линзы, одна из которых рассеивающая, а другая собирающая, чтобы параллельные лучи, пройдя через них, остались параллельными?

14. Постройте изображение предмета в оптической системе, состоящей из собирающей линзы и плоского зеркала, расположенного в фокальной плоскости линзы. Предмет находится перед линзой между фокусом и двойным фокусом.

15. Почему телескоп, выведенный в космос, способен зарегистрировать значительно менее яркие звезды, чем наземный телескоп того же диаметра?

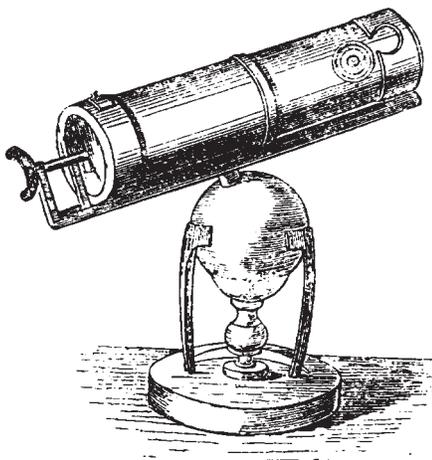
Микроопыт

Расположите в углу комнаты двугранное зеркало с углом при вершине 90° . Каким будет ваше изображение в нем? Попробуйте найти в комнате точки, из которых вы не увидите свое изображение.

Любопытно, что...

...даже в эпоху позднего Возрождения зрение и оптические явления считались подозрительными феноменами. Возможно поэтому один из крупных ученых-оптиков Франческо Мавролик долго не осмеливался опубликовать свой основной труд, и тот увидел свет лишь в год его смерти – 1575.

...впервые безупречное с научной точки зрения построение хода лучей в глазу удалось выполнить в начале XVII века великому астроному Иоганну Кеплеру. Ему же принадлежат раз-



работка теории построения изображений в оптических приборах, введение понятий «фокус» и «оптическая ось», применяемые по сей день.

...к телескопу, изобретенному Галилеем, относились как к чуду – народ толпами спешил в него заглянуть. А после того как Галилей преподнес экземпляр телескопа в подарок венецианскому сенату, его жалованье удвоилось.

...простому микроскопу, состоящему из линзы, снабженной штативом, со временем пришел на смену сложный микроскоп, представляющий собой уже систему линз. Придуман он был почти одновременно с изобретением зрительной трубы – в XVII веке, и заслуги в его создании принадлежат, по-видимому, также голландцам. Однако конкурировать с лупой такой микроскоп смог лишь в XIX веке – при появлении составных объективов.

...пытаясь усовершенствовать линзовый телескоп, Ньютон самостоятельно сконструировал и построил прибор, «применяя вместо объективного стекла вогнутый металл», т.е. зеркало. Именно за создание такого – отражательного – телескопа он был избран членом Лондонского Королевского общества в 1672 году.

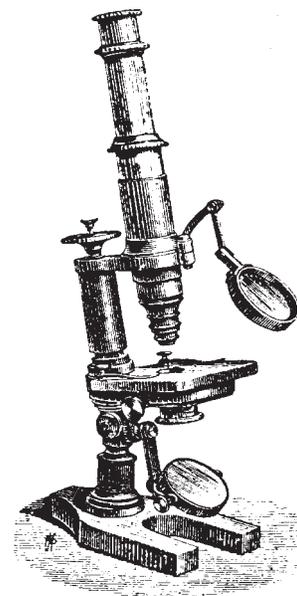
...как и немало выдающихся ученых, Фуко сам изобретал оригинальные инструменты, в том числе и для астрономических наблюдений. Им, например, был разработан очень важный метод серебрения стекла для отражательных телескопов.

...старинное изобретение «камера-обскура» – черный ящик с маленьким отверстием – при всей своей простоте порой может соперничать даже с современной специальной фотоаппаратурой. Так, с ее помощью делают превосходные цветные снимки без каких-либо искажений.

...телескопы XVIII века имели невероятную длину. Причина в том, что составных объективов, компенсирующих искажения, тогда делать не умели, а однолинзовый объектив давал неокрашенное изображение, лишь если его фокусное расстояние достигало 40 метров!

...отчетливое изображение в глазу рыб возникает подобно настройке на резкость в фотоаппарате. Шарообразный хрусталик не изменяет своей кривизны, как у человека, а перемещается мышцами «вперед-назад».

...чтобы улучшить качество изображения, объективы современных фотоаппаратов составляют из нескольких линз, изготовленных из разных сор-



тов стекла. Конструкция настолько сложна, что проектирование объективов «поручают» компьютерам. Чисто геометрические построения, однако, не могут учесть всех потерь, которые испытывает световой поток при многократных отражениях на поверхностях линз.

...в последнее время неизмеримо возрос поток астрономической информации – во многом благодаря началу работы рекордного по размерам десятиметрового зеркального телескопа имени Кека на Гавайях и запуску на околоземную орбиту космического телескопа Хаббла с зеркалом диаметром 2,4 метра.

Что читать в «Кванте» об оптических построениях

(публикации последних лет)

1. «Путешествие в луче отраженного света» – 1995, №2, с.38;
2. «Глаз и небо» – 1995, №3, с.2;
3. «Звездная aberrация и теория относительности» – 1995, №4, с.10;
4. «Геометрическая оптика» – 1995, №4, с.52;
5. «Калейдоскоп «Кванта» – 1995, №5, с.32;
6. «Странные тени и отражения» – 1996, №3, с.11;
7. «Аномальные атмосферные явления» – 1996, №4, с.7;
8. «Законы отражения и преломления света» – 1996, №5, с.49;
9. «Интерференция света» – 1997, №4, с.47;
10. «Интерференция на островах Синего Мыса» – 1998, №1, с.42.

Материал подготовил
А.Леонович