

Кто из нас не испытывал восторга от новогодней елки, сияющей разноцветными огнями (рис. 207)? А от чуда природы — полярного сияния (см. панорамную страницу)?

Свет очаровывает человека, дает возможность ему лучше понять окружающий мир. Однако роль света не сводится только к получению информации о явлениях природы.

Сам свет вызывает различные явления: химическую реакцию (на этом основана пленочная фотография, фотосинтез и др.), электрический ток (это явление легло в основу работы солнечных батарей, которые особенно важны для космических полетов) и т. д. Без света невозможна сама жизнь на Земле.

Что же такое свет? Вопрос о природе света представляется одним из наиболее сложных. Раздел физики, изучающий свойства света, называется **оптикой**.



Рис. 207



## § 32.

### Источники света



Рис. 208



Рис. 209

Древние греки считали свет особым веществом, истекающим из глаз. Согласно этим представлениям, человек видит тела, прощупывая их направленным потоком этого вещества. Но тогда почему ночью человек не может видеть? Ответить на этот вопрос было невозможно. Позже И. Ньютоном была выдвинута гипотеза: свет — это поток частиц (корпускул), испускаемых светящимся телом. Корпускулярная теория объясняла возможность видеть предмет попаданием в глаз частиц, излучаемых этим предметом. Эта теория хорошо объясняла образование тени за непрозрачным телом. Однако и она не могла объяснить многие явления, например образование радуги (о них вы узнаете в старших классах).

Все тела, излучающие свет, называются **источниками света**. Источники света бывают *естественными* и *искусственными*. К ним относятся Солнце и другие звезды, зажженные свечи (рис. 208), лампочки, костры (рис. 209). Это *тепловые* источники света.

Источниками света являются различные светящиеся организмы: некоторые представители рыб, насекомых (рис. 210), грибов (рис. 211). Их называют источниками *холодного* свечения.

Существует много веществ, которые становятся источниками света только после того, как через них пропустят свет. Такие вещества называются *фотолюминофорами*, а их свечение — *фотолюминесценцией*.

Рассмотрим опыт. Растворим в воде немного флуоресцеина (рис. 212, а) и пропустим через раствор пучок белого света. Раствор начнет светиться зеленым светом (рис. 212, б).

Способность веществ светиться при их облучении используют в рекламе (рис. 213). В новогоднюю ночь вы наблюдали, как светятся елочные игрушки, покрытые такими веществами. Дорожные знаки (рис. 214), в краску которых добавлен люминофор, при облучении светом фар светятся и хорошо видны водителю. Это делает движение на дороге безопасным.

Уникальным источником света является лазер, нашедший эффективное практическое применение в телевидении, связи, медицине (рис. 215), машино- и приборостроении, метрологии. Именно лазер позволил ответить на вопрос: «Сколько сантиметров (заметьте, не километров, а сантиметров) от Земли до Луны?». Лазерные часы дают ошибку в 1 с за 300 млн лет. Большой вклад в изучение лазеров внес белорусский ученый Б. И. Степанов. Институт физики Национальной академии наук Беларуси носит имя ученого как признание его вклада в создание и развитие института.



Рис. 210



Рис. 211

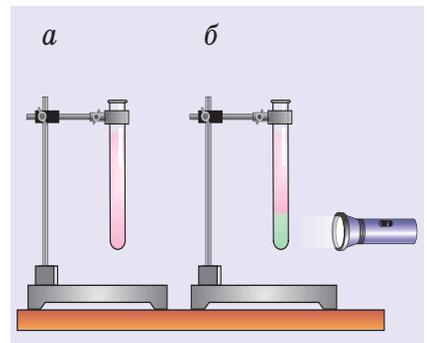


Рис. 212



Рис. 213



Рис. 214

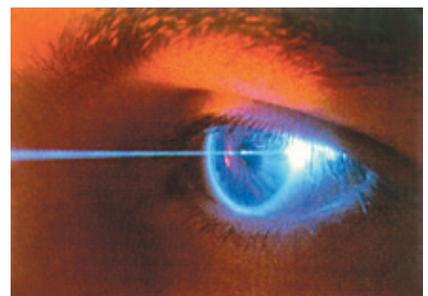


Рис. 215



Рис. 216



Рис. 217

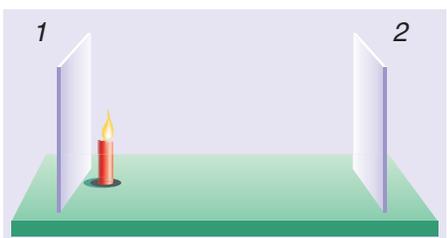


Рис. 218

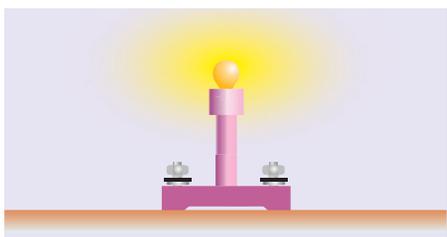


Рис. 219

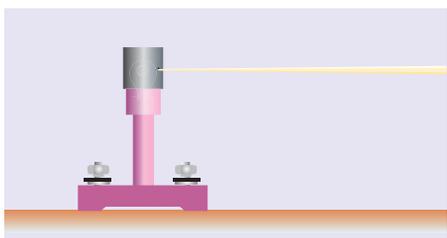


Рис. 220

Большинство видимых нами тел не излучают, а отражают падающий на них свет. Такими телами являются Луна, деревья, здания (рис. 216), люди, фликеры и т. д.

Отметим, что во всех источниках света в световую энергию превращается какой-либо вид энергии: тепловая, химическая, электрическая, световая (вспомните свечение раствора флуоресцеина) и т. д.

Источники излучения могут давать и невидимые лучи. Все вы, конечно, слышали об ультрафиолетовых лучах. Невидимыми лучами переносится энергия от тела к телу при теплообмене излучением (см. § 5). Однако в этом учебнике мы будем рассматривать лишь *видимое излучение* источников света, иначе говоря, свет, который, попадая в глаз, вызывает зрительные ощущения. Это белый свет и составляющие его цвета от красного до фиолетового. Все цвета одновременно можно наблюдать в радуге (рис. 217).

Если размерами источника света в данных условиях можно пренебречь, то его называют *точечным*. Точечными источниками света для нас, например, являются звезды, лампы уличного освещения и др.

Посмотрите на рисунок 218. Пламя свечи по отношению к экрану 2 можно считать точечным источником света, но его нельзя принять за точечный по отношению к экрану 1. Объясните сами причину этого. В дальнейшем точечный источник света мы будем обозначать буквой *S*. Любой точечный источник излучает свет по всем направлениям (рис. 219).

Наденем на горящую электрическую лампочку колпак, имеющий небольшое отверстие (рис. 220). Из отверстия выходит узкий пучок света. **Линия, вдоль которой распространяется свет, называется световым лучом.** Чем меньше отверстие, тем в большей степени пучок света можно моделировать лучом.

## ▼ Для любознательных

Ничто в природе не было так неуловимо, ни один свой секрет природа не охраняла так тщательно, как секрет о том, что такое свет. Не случайно свет часто называли самым темным пятном в физике. Уже сам факт существования света вызывает ряд неизбежных вопросов. Например, имеет ли свет вес? Занимает ли он объем? Давит ли он на тело при падении на него? Горяч или холоден свет? Как быстро он распространяется? Почему свет не может пройти через тонкий лист картона, в то же время он легко проходит через толстое стекло? И целый ряд других вопросов, на которые мы будем искать ответы, изучая физику.

## ▣ Главные выводы

1. Источники света — это тела, излучающие свет.
2. Источник света называется точечным, если его размерами в условиях данной задачи можно пренебречь.
3. Большинство окружающих нас тел мы видим благодаря отраженному свету.
4. Луч света — это линия, вдоль которой распространяется свет.

## ? Контрольные вопросы

1. Что такое источник света?
2. Какие источники света относятся к естественным, искусственным, тепловым, холодного свечения?
3. Когда источник света можно считать точечным? Приведите примеры.
4. Какой вид энергии превращается в световую в источниках света: лампочке фонарика, светящихся рачках?
5. Что такое луч света?

## ➔ Домашнее задание

Возьмите картонную коробку, сделайте в ней несколько отверстий разного диаметра и покажите, из какого отверстия выходящий пучок света можно назвать лучом. В качестве источника света можно использовать включенный мобильный телефон.



## § 33.

### Скорость света. Прямолинейность распространения света

Измерить скорость света ученые пытались давно. Например, Галилей проводил такой опыт. На вершине одного из холмов (рис. 221) находился с фонарем его ассистент, на вершине другого холма — он сам. Ассистент должен был снять крышку со своего зажженного фонаря в тот момент, когда увидит вспышку света фонаря Галилея. Измерив промежуток времени между вспышкой своего фонаря и моментом, когда он увидел вспышку света фонаря ассистента, и зная расстояние между холмами, Галилей пытался определить скорость света. Однако измеряемый промежуток времени был так мал, что Галилей рассматривал его лишь как время реакции человека. Скорость же света он считал бесконечно большой.

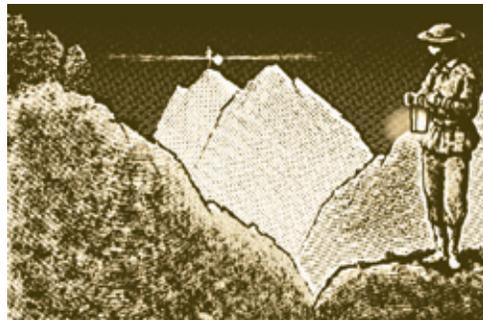


Рис. 221

Как показали последующие измерения, скорость света имеет конечную величину. Впервые ее значение удалось определить в 1676 г. датскому астроному О. Рёмеру. Многократно наблюдая за движением одного из спутников Юпитера (Ио), Рёмер обнаружил разницу между рассчитанным и наблюдаемым временем его затмения. По данным наблюдений, он получил значение скорости света, равное  $215\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ .

После Рёмера скорость света измеряли неоднократно все более совершенными методами. Более точные результаты были получены в опытах американского ученого А. Майкельсона. С ними вы познакомитесь в 11-м классе. Полученное им значение скорости света равнялось  $299\,700 \frac{\text{км}}{\text{с}}$  (см. форзац 1).

Принятое в настоящее время значение скорости света в вакууме (пустоте) равно  $c = 299\,792\,458 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Если не требуется особая точность, то значение скорости округляется до  $c = 300\,000\,000 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Скорость света в вакууме является максимальной. Скорость света в воздухе, как показали опыты, отличается от этого значения лишь незначительно. В других прозрачных средах скорость света меньше, чем в воздухе, например:

в воде  $v_{\text{в}} \approx 2,25 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

в скипидаре  $v_{\text{ск}} \approx 2,04 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

в стекле  $v_{\text{ст}} \approx 2,00 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

в алмазе  $v_{\text{ал}} \approx 1,24 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

О среде, в которой свет распространяется с **меньшей скоростью**, говорят как об **оптически более плотной** и, наоборот, о среде, в которой свет распространяется **быстрее**, — как об **оптически менее плотной**. Обратите внимание, что слова «более (менее) плотный» *не связаны с плотностью  $\rho$  вещества*, в котором распространяется свет. Так, например, в скипидаре, плотность которого  $\rho = 855 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  меньше плотности воды  $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , свет распространяется медленнее, чем в воде, — значит, скипидар является оптически более плотной, чем вода, средой.

А как распространяется свет? Проведем опыт. Поставим на столе три экрана с отверстиями (рис. 222). Зажжем свечу или электрическую лампочку и попытаемся, перемещая экраны, увидеть свет через отверстия в них. Затем возьмем тонкий прямой стержень и вставим его в отверстия. Мы увидим, что стержень проходит через все отверстия. Значит, они расположены на одной прямой. А теперь сместим один экран. Свет в глаз больше не попадает. Это говорит о том, что свет распространяется прямолинейно.

В опыте средой, в которой распространялся свет, был воздух. А если взять другую среду, например воду, то как в ней будет распространяться свет?

Проведем опыт. В стеклянный сосуд нальем воду и добавим немного молока, чтобы луч стал видимым. Фонарь или лазерную указку, от которых идет пучок света, поднесем к стенке сосуда (рис. 223). Мы увидим в воде прямую светящуюся линию. Она образована светом, отраженным от частичек молока. Значит, и в воде свет распространяется прямолинейно. И воздух, и вода имеют по всему объему одинаковые физические свойства, поэтому являются *однородными средами*.

Теперь можно сформулировать закон: **в однородной среде свет распространяется прямолинейно**.

А если среда неоднородна (состоит из нескольких различных однородных сред)? Тогда этот закон выполняется только в случае, когда световой луч падает перпендикулярно к поверхности среды (рис. 224, а). Во всех других случаях при

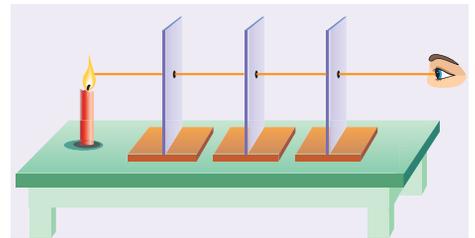


Рис. 222

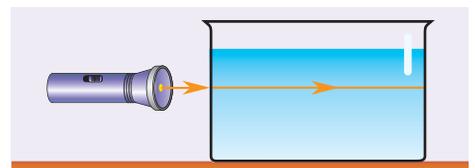


Рис. 223

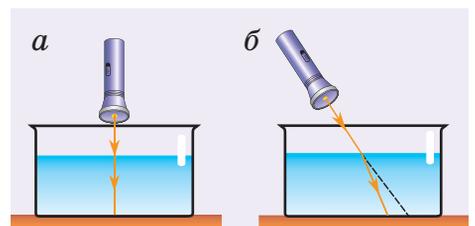


Рис. 224



Рис. 225

переходе из одной среды в другую свет меняет свое направление (рис. 224, б).

С неоднородностью среды связано искривление лучей, приводящее к образованию миражей (рис. 225). Неоднородность среды есть следствие различной температуры соседних слоев воздуха.

Прямолинейностью распространения света объясняются многие явления, например образование тени и полутени. Возьмем миниатюрную электрическую лампочку, мячик и экран. Расположим их, как показано на рисунке 226. В область между лучами 1 и 2 свет не попадает. На экране мы видим четко очерченную тень.

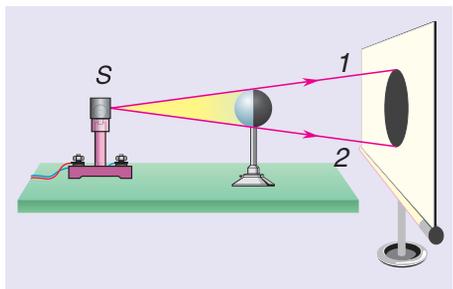


Рис. 226

А теперь осветим мячик двумя лампочками (рис. 227). На экране мы увидим тень, т. е. область, куда не попадает свет ни от лампочки 1, ни от лампочки 2, и полутени (области 1' и 2'). В области 1' и 2' не попадает свет только от одной лампочки. Тень и полутень можно получить и от одного источника, если он не является точечным (рис. 228).

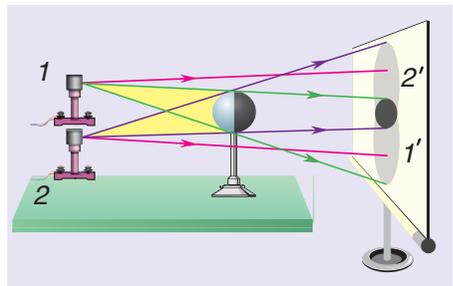


Рис. 227

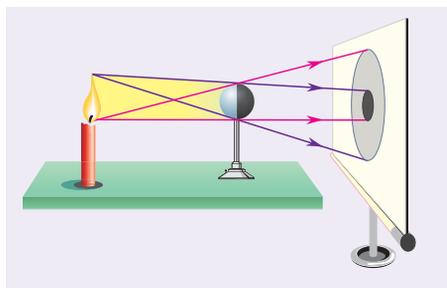


Рис. 228

### ▼ Для любознательных

Образованием тени и полутени можно объяснить солнечные и лунные затмения. Когда Луна оказывается между Землей и Солнцем, на поверхность Земли в область 2 солнечные лучи не попадают (рис. 229) и жители этой местности оказываются свидетелями полного солнечного затмения. В области 1 и 3 свет попадает частично. Это области полутени. Жители этих мест будут видеть ту часть Солнца, от которой в данную область попадает свет.

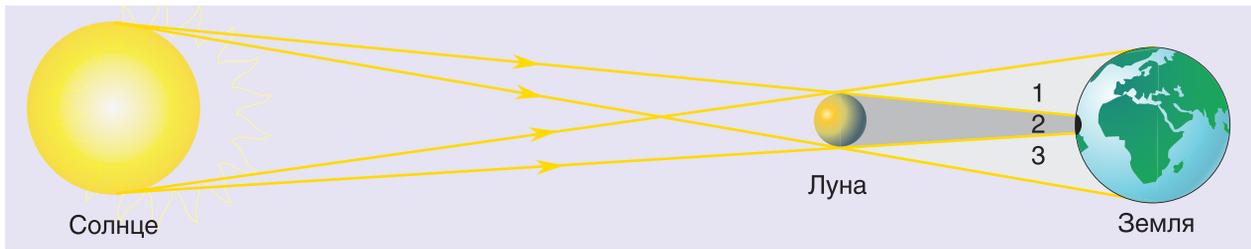


Рис. 229

### ■ Главные выводы

1. Скорость света в вакууме и в воздухе примерно равна  $300\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ .
2. Скорость света в прозрачных жидких и твердых средах меньше скорости света в воздухе.
3. Чем меньше скорость света в среде, тем среда оптически более плотная.
4. В однородных прозрачных средах свет распространяется прямолинейно.

### ? Контрольные вопросы

1. Почему так долго не могли измерить скорость света?
2. Чему равно максимальное значение скорости света?
3. В чем суть закона прямолинейного распространения света?
4. Как объяснить образование тени и полутени?

### → Домашнее задание

С помощью источника света и листа картона с двумя отверстиями получите на экране тень и полутень непрозрачного предмета. Опишите эксперимент.

### Упражнение 21

1. Можно ли, имея точечный источник света, экран и непрозрачный предмет, получить: а) только тень; б) тень и полутень; в) только полутень?

2. Сколько времени идет свет от Солнца до Земли, если расстояние между ними  $l = 1,49 \cdot 10^8$  км?

3. Почему астрономы говорят: «Мы изучаем прошлое звезд»?

4. На какой высоте над поверхностью воды в бассейне глубиной  $h = 3,9$  м нужно повесить лампочку, чтобы свет от нее шел в воздухе и воде одинаковое время?

5. Почему руки хирурга, освещаемые сверху светильниками (рис. 230), не дают на «операционном поле» тень, которая могла бы мешать проведению операции?



Рис. 230