

ПРЕДИСЛОВИЕ

Свет, звук и волны – очень знакомые нам явления. Как будет рассказано в этой книге, свет и звук также относятся к волновым явлениям, поэтому, чтобы хорошо понять природу света и звука, нужно прежде всего разобраться с основными свойствами волн. Однако понятие «волна» известно своей сложностью, потому что довольно трудно правильно представить ее движение. Не так просто понять, как расходящиеся в пространстве волны меняются с течением времени. Наоборот, если удастся получить правильное представление о движении волн, то само собой получится понять и их свойства.

В этом как раз и состоит задача манги. Как я уже говорил в предисловии к манге «Разбираемся с помощью манги. Физика (механика)», манга – это уникальный инструмент, позволяющий живо представить, как менялось то или иное явление с течением времени. И такое сложное явление, как волна, с помощью манги объяснить проще, чем в учебнике или в видеоуроках.

В данной книге манга чередуется с текстовыми разъяснениями, но, используя разные приемы, например повторяя самые важные моменты, мы постарались сделать так, чтобы, читая только разделы с мангой, можно было получить полное представление о волнах на уровне физики в старших классах. Попробуйте прочитать данную мангу несколько раз, пока нужная информация не отложится в голове. В книге также попадаются некоторые формулы, но если вам они покажутся слишком сложными, то можете просто продолжить чтение, пропуская их. В любом случае я бы хотел, чтобы вы перечитывали эту книгу, так как при повторении материала вы понемногу начинаете понимать неясные поначалу места.

Разделы с текстовыми разъяснениями ориентированы на тех, кто хочет попрактиковаться в теме или узнать о ней побольше. Информация в разделе «Дополнительный материал» дается на базовом уровне физики в старших классах школы, в то время как в разделах «Дополнительный материал. Повышенный уровень» и «Дополнительный материал. Экспертный уровень» информация ориентирована на старшеклассников научно-технических школ и студентов. Особенно сложным является раздел «Дополнительный материал. Экспертный уровень», где используется дифференциальное исчисление. Чтобы разобраться в движении волн, из уравнения выводится волновая функция, и в то же время определяется скорость волны, для чего необходимо хорошее знание математики. Если вам интересны такие процессы, обязательно прочитайте раздел «Дополнительный материал. Экспертный уровень».

В завершение я хочу выразить благодарность художнице Фукамори Аки, которая проделала такую трудную работу, как представление в манге теории света, звука и волн. Кроме того, выражаю благодарность компаниям Trend Pro и Ohmsha за подготовку, редактирование и публикацию данной книги.

Октябрь 2015 года
Нитта Хидео

СОДЕРЖАНИЕ

Пролог	1
Глава 1. СВЕТ	9
1 Свет и его отражение	10
Лабораторная работа. Твое отражение в зеркале	15
Поглощение света. Прозрачность и непрозрачность	16
2 Преломление света	16
3 Линзы	22
Лабораторная работа. Действительное изображение, созданное выпуклой линзой	28
4 Дисперсия света и цвета	29
Дополнительный материал	
История исследования света	32
Причины рассеяния света	32
Поглощение света. Прозрачность и непрозрачность	34
Тепло солнечного света	35
Закон отражения	35
Отражение наружного света от окна	36
Скорость света и показатель преломления	37
Закон преломления	38
Формула линзы	39
Дисперсия света	41
Дополнительный материал. Повышенный уровень	
Как получается радуга?	42
Глава 2. ВОЛНЫ	45
1 Волны. Основы	47
2 Суперпозиция волн	67
Дополнительный материал	
Взаимосвязь между графиками «координата-смещение» и «время-смещение»	76
Отражение волн	77
Дополнительный материал. Повышенный уровень	
Уравнение движения	79
Колебания	79
Простые колебания и функция синуса	81
Уравнение и график синусоидальной волны	83
Нормальные волны	85

Дополнительный материал. Экспертный уровень	
Дифференциальное уравнение движения	87
Уравнение движения и простые колебания	87
Волновое уравнение	88
Волновое уравнение для поперечной волны	91
Скорость продольной волны и модуль Юнга	92
Решение волнового уравнения	93
Принцип суперпозиции и волновое уравнение	94
Развивающая задача	95
Глава 3. ЗВУК	97
1 Звуковые волны. Основы	99
2 Как распространяется звуковая волна?	108
Лабораторная работа. Графики	
«время-смещение» для разных	
музыкальных инструментов.	115
3 Нормальная волна звука и биение	119
Лабораторная работа. Биения.	130
Дополнительный материал	
Колебания воздуха в воздушном столбе	134
Скорость звука	137
Скорость поперечной волны, издаваемой струной	137
Гамма.	137
Дополнительный материал. Повышенный уровень	
Уравнение скорости звука	140
Тембр и суперпозиция звуковой волны	141
Компенсация свободного конца.	143
Дополнительный материал. Экспертный уровень	
Волновое уравнение для звуковой волны	143
Выведение формулы скорости звука	146
Связь между смещением газа и изменением	
плотности.	147
Глава 4. ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА	149
1 Как слышится звук, если источник звука движется	151
Лабораторная работа. Формула эффекта Доплера	
для движущегося источника звука	156
2 Звук, воспринимаемый при движении наблюдателя	159
Лабораторная работа. Формула эффекта Доплера,	
когда движется наблюдатель	163

Дополнительный материал	
Эффект Доплера для случая, когда движутся и источник звука, и наблюдатель	169
Принцип работы измерителя скорости	171
Дополнительный материал. Повышенный уровень	
Эффект Доплера при диагональном направлении	174
Эффект Доплера для света	176
Ударная волна	176
Глава 5. СВЕТОВАЯ ВОЛНА	179
1 Интерференция и дифракция волн	181
Лабораторная работа. Формула, описывающая области взаимного усиления и взаимного ослабления волн	187
2 Частицы и волны	191
Лабораторная работа. Дифракционная решетка и интерференция	201
3 Всюду волны	205
Дополнительный материал	
Энергия и интенсивность волны	211
В какой среде передаются электромагнитные волны?	211
Дополнительный материал. Повышенный уровень	
Сферические волны	212
Интерференция сферических волн	213
Корпускулярная и волновая природа	214
Дополнительный материал. Экспертный уровень	
Уравнение энергии волны	215
Энергия синусоидальной волны	216
Приложение А. Единицы измерения	217
Основные и производные единицы измерения	217
Обозначения и названия значений, кратных 10.	218
Децибелы	219
Приложение В. Математическая справка	220
Решение задачи со стр. 95	222
Предметный указатель	226

ΠΡΟΛΟΓ





ОХ,
ЖАРКО!
СОЛНЦЕ

ТАК
СИЛЬНО
СВЕТИТ!



*ПШШ-
ПШШ*



СИНАО ОТОХА
(16 ЛЕТ)



СВЕТ...



И ТЕМА ВЫСТУПЛЕНИЯ НАШЕЙ
КОМАНДЫ ЧИРЛИАДЕРОВ -

КАК РАЗ
"СВЕТ"...



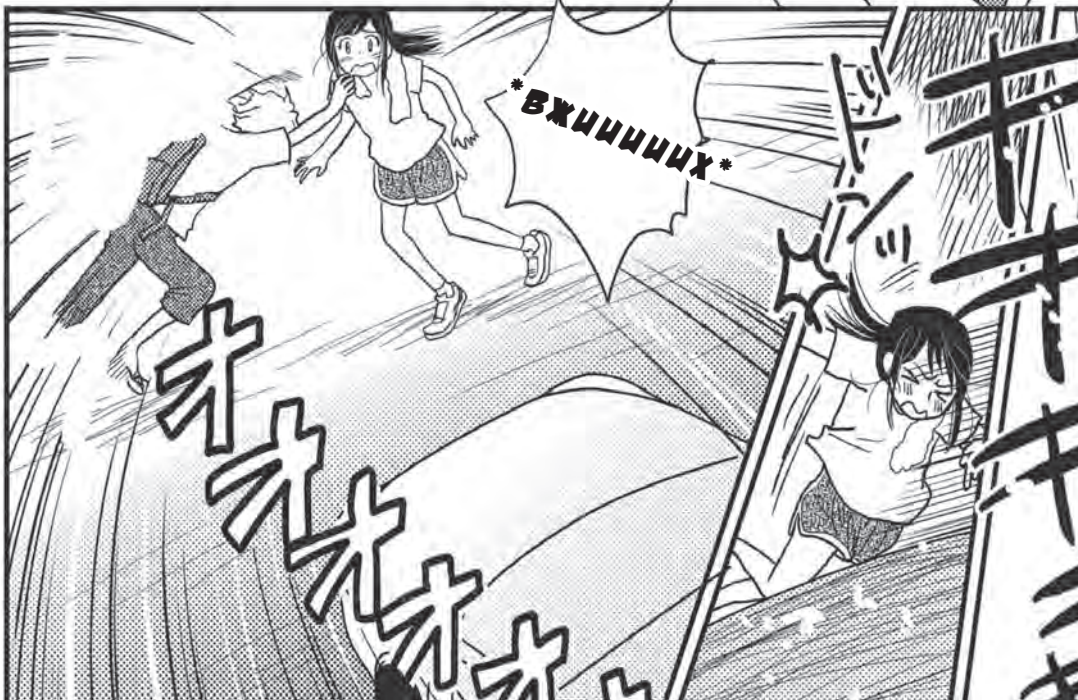
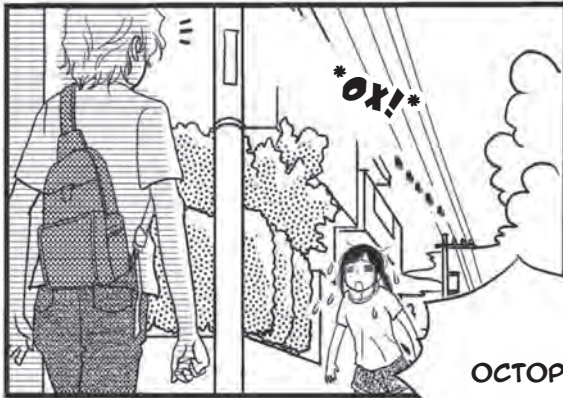
ОЙ, КАК ПИТЬ
ХОЧЕТСЯ...

А ДЕНЬГИ-ТО
ВЗЯТЬ ЗАБЫЛА...



ПРОБЕЖКА
В ПОЛДЕНЬ
В САМЫЙ РАЗГАР
ЛЕТА, ЧТОБЫ
УКРЕПИТЬ
МЫШЦЫ!

...ЧТО ЗА
ГЛУПАЯ
ИДЕЯ...





ВУ-ВУ

ВУ-ВУ

ВУ-ВУ

ЗВУК СИРЕНЬ?..

НО...

ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА НЕТ...
СИЛА ЗВУКА НЕ МЕНЯЕТСЯ...

ЗНАЧИТ...

Я, ВИДИМО, НАХОЖУСЬ
В МАШИНЕ СКОРОЙ ПОМОЩИ...

ВУ-ВУ



...КХ?

СКОРО УЖЕ
ПРИЕДЕМ
В БОЛЬНИЦУ!..



ТОТ, КТО СПАС
МЕНЯ ОТ

МАШИНЫ, ЕХАВШЕЙ
НА КРАСНЫЙ СВЕТ...

ХВАТЬ



...ОКАЗАЛСЯ
МОИМ ОДНО-
КЛАССНИКОМ...

ТЭРУЯМА
КОУКИ...





КОУКИ, КАК ТЫ
СЕБЯ ЧУВСТВУЕШЬ?



А,
ОТОХА!

Я УЖЕ
ВОЛНЕ ХО-
РОШО СЕБЯ
ЧУВСТВУЮ.



ИЗВИНИ,
ЧТО ТАК
ПОЛУЧИЛОСЬ...

ХВАТИТ УЖЕ
ИЗВИНЕНИЙ!

ЭТО САМО
СОБОЙ
ПРОИЗОШЛО,
Я И САМ
НЕ ПОМНЮ,
КАК.

ТЫ МНЕ, ПОЛУЧАЕТСЯ,
ЖИЗНЬ СПАС.



ТУТ...

..КНИГИ,



Физика.
Опыты.

ЧТО ТЫ ПРОСИЛ.



Физика.
Опыты.

СПАСИБО!

ТЫ
ДАЖЕ
В БОЛЬНИЦЕ
УЧИШЬСЯ, ТАКОЙ
ОТВЕТСТВЕННЫЙ!



ЭТО СКОРЕЕ
МОЕ ХОББИ.



КСТАТИ ГОВОРЯ,
КОУКИ...

...И НА ПЕРЕМЕНАХ
ВЕДЬ ВСЕ ВРЕМЯ
ЧИТАЛ...

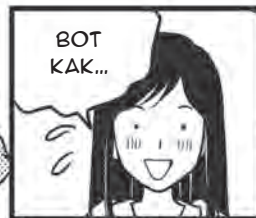


ЗНАЧИТ,
ТЫ ЛЮБИШЬ
ФИЗИКУ.

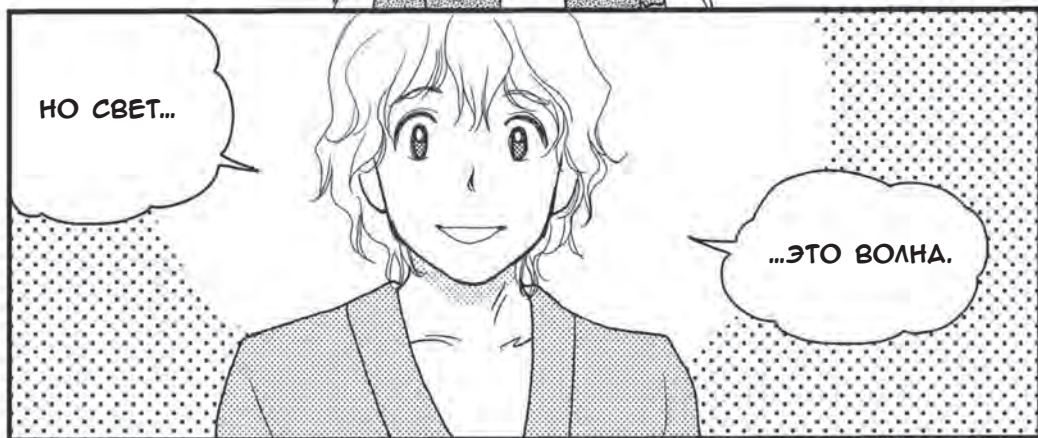
ФИЗИКА
ЛЕЖИТ В ОСНО-
ВЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ
НАУК.

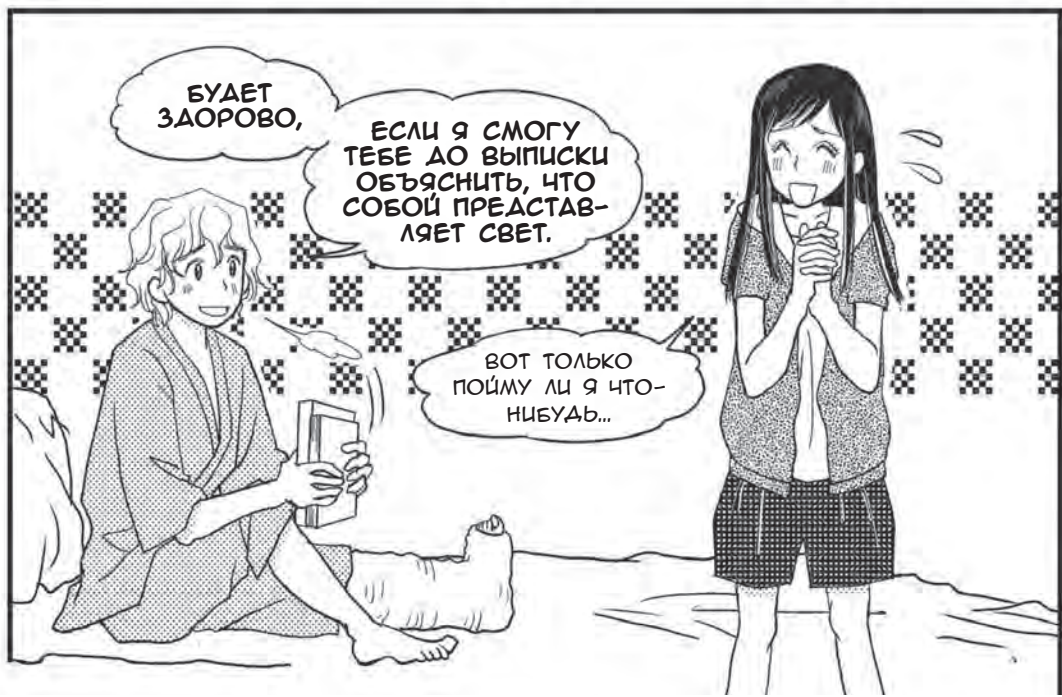


И ОНА ПОЗВОЛЯЕТ
ПО-НОВОМУ ВЗГЛЯ-
НУТЬ НА ОКРУЖАЮЩИЕ
НАС ПРЕДМЕТЫ И ЯВЛЕ-
НИЯ. ПОЭТОМУ Я ТАК ЕЮ
ОЧАРОВАН!



ВОТ
КАК...



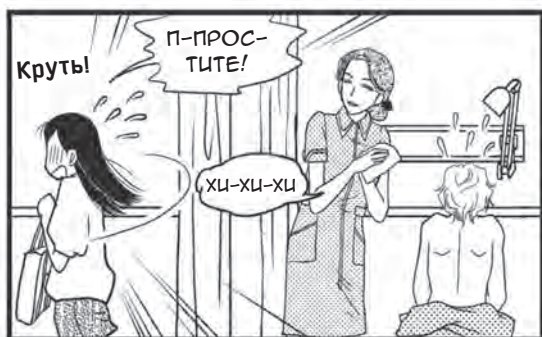
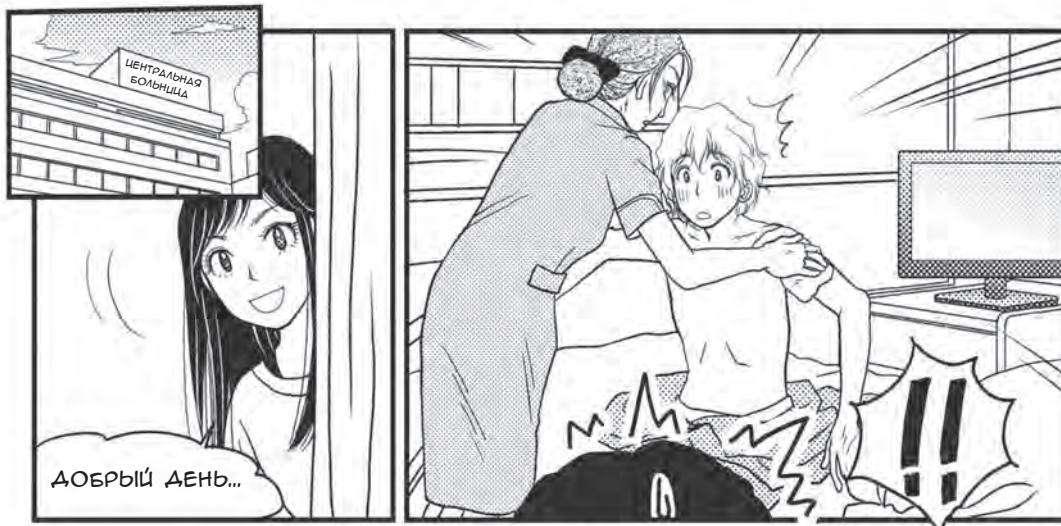


ГЛАВА 1

СВЕТ

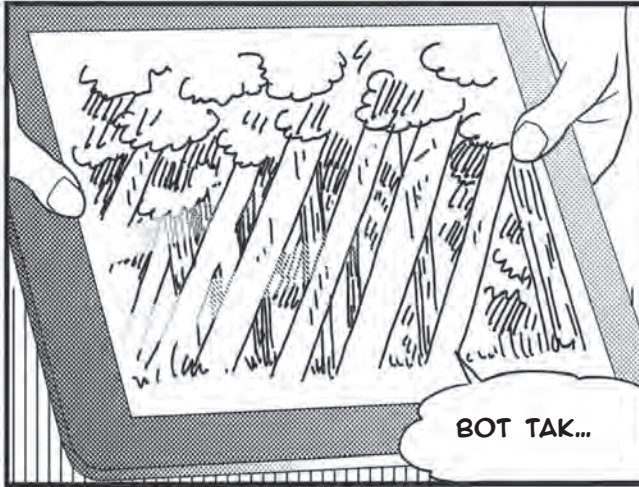


1. Свет и его отражение



• Рассеяние света





СМОТРИ: ИЛИ
ОБЪЕКТ САМ
ИСПУСКАЕТ СВЕТ,

ИЛИ ОН ОТТАЛКИВАЕТ
ОТКУДА-ТО
ПРИШЕДШИЙ СВЕТ...

ТАК, СВЕТ ОТ ЛАМПЫ
МЕНЯЕТ НАПРАВЛЕНИЕ
ПРИ СТОЛКНОВЕНИИ
С ПРЕДМЕТОМ И ПО-
ПАДАЕТ В ГЛАЗА...

ДРУГИМИ СЛОВАМИ,
МЫ ВИДИМ
ПРЕДМЕТЫ, ПОТОМУ
ЧТО РАССЕЯННЫЙ
СВЕТ ПОСТУПАЕТ
К НАМ В ГЛАЗА.



ПОЭТОМУ В ПОЛНОЙ
ТЕМНОТЕ НИЧЕГО
НЕ ВИДНО, ДА?

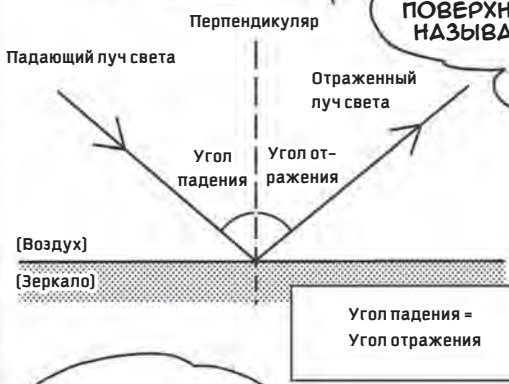
• Отражение света

ПРОЩЕ ВСЕГО
ПОНЯТЬ ЭТО
БУДЕТ НА
ПРИМЕРЕ ЗЕРКАЛА.



СВЕТ ПАДАЕТ ПОД
УГЛОМ, КОТОРЫЙ
НАЗЫВАЮТ
"УГЛОМ ПАДЕНИЯ".

А УГОЛ, ПОД
КОТОРЫМ СВЕТ
ОТСКАКИВАЕТ ОТ
ПОВЕРХНОСТИ,
НАЗЫВАЕТСЯ
"УГЛОМ
ОТРАЖЕНИЯ".
И ОНИ РАВНЫ!



ЭТО ЗАКОН
ОТРАЖЕНИЯ.



КОРЧИТ РОЖУ

ЭТО ИЗ-ЗА ЗАКОНА
ОТРАЖЕНИЯ
В ЗЕРКАЛЕ МЫ ВИДИМ
ВЕЩИ ТАКИМИ,
КАКИЕ ОНИ ЕСТЬ
НА САМОМ ДЕЛЕ?

ВЕРНО!

• Отражение в зеркале

ИЗОБРАЖЕНИЕ
В ЗЕРКАЛЕ СОЗ-
ДАНО СВЕТОМ,
ОТРАЖЕННЫМ
ОТ ЗЕРКАЛА.

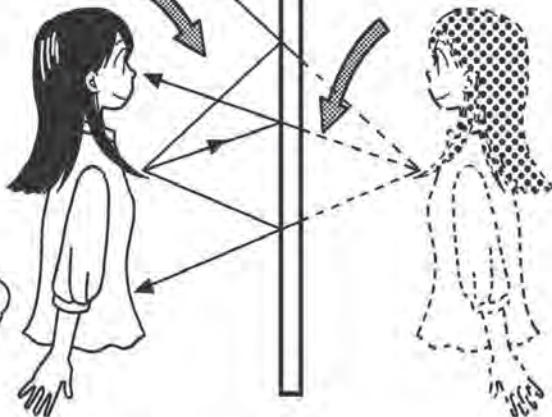
ОДНАКО...

...КОГДА МЫ ЕГО
ВИДИМ, ЭТО НЕ
ЗНАЧИТ, ЧТО МЫ
ВИДИМ СВЕТ,
ОТРАЖЕННЫЙ
ЗЕРКАЛОМ.

ЭТО ЗНАЧИТ, ЧТО
МЫ ВИДИМ СВЕТ,
КОТОРЫЙ ПРЯМО
ПАДАЕТ НА НАС.

Траектория падающих
лучей света (сплошные
линии)

Траектория воображае-
мого продолжения от-
раженных зеркалом лу-
чей света



Лабораторная работа. Твое отражение в зеркале



Решим такую задачу, касающуюся отражения в зеркале. Предположим, что на стене висят три зеркала разной высоты. Какой высоты должно быть зеркало, чтобы отразить тебя целиком?

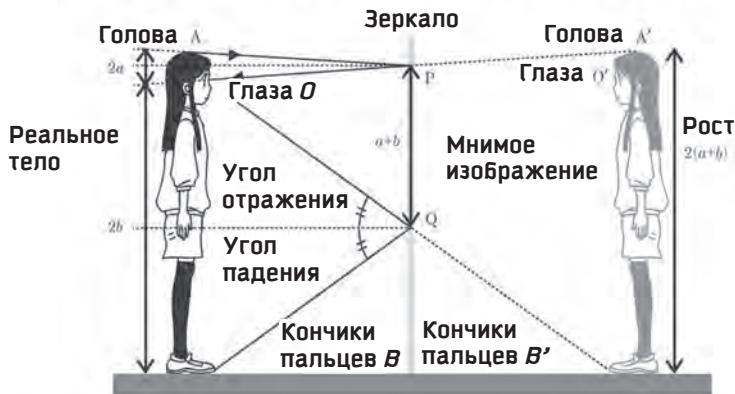
- ① Бóльшей высоты, чем ты.
- ② Такой же высоты, как ты.
- ③ Высоты в половину твоего роста.



Конечно, 1 или 2. Ведь чтобы отразить меня целиком, зеркало должно быть по высоте как минимум с мой рост, разве нет?



А вот и нет! Достаточно высоты и в половину твоего роста! Так что правильным будет ответ 3. Если нарисовать траекторию света, который идет от ног и, отражаясь от зеркала, приходит к глазам, то получится подобие линии BQO на рисунке ниже. В глазах человека свет выглядит идущим прямолинейно. Поэтому будет казаться, что свет идет по линии $B'QO$. Поэтому и в зеркале высотой в половину твоего роста можно будет увидеть свое отражение до ступней ног. Это верно, и если ты стоишь рядом с зеркалом, и если стоишь далеко.



Кстати говоря, весь отраженный зеркалом свет, подобно идущему от ног свету, кажется нам идущим прямолинейно с той стороны зеркала, потому что глаза человека не могут различить идущий от источника свет и отраженный свет. Это нужно просто понять.

2. Преломление света

• Поглощение света. Прозрачность и непрозрачность





• Угол падения и угол преломления





И ПРАВДА, Я ВИДЕЛА, КАК
ПОВЕРХНОСТЬ ВОДЫ СВЕРКАЕТ...



...ИЛИ СВОЕ
ОТРАЖЕНИЕ
В СТЕКЛЯННОЙ
ВИТРИНЕ...

И СВЕТ, КОТОРЫЙ
ПРОХОДИТ
СКВОЗЬ ПРЕДМЕТ,
НЕ ИДЕТ ПРОСТО
ПО ПРЯМОЙ...



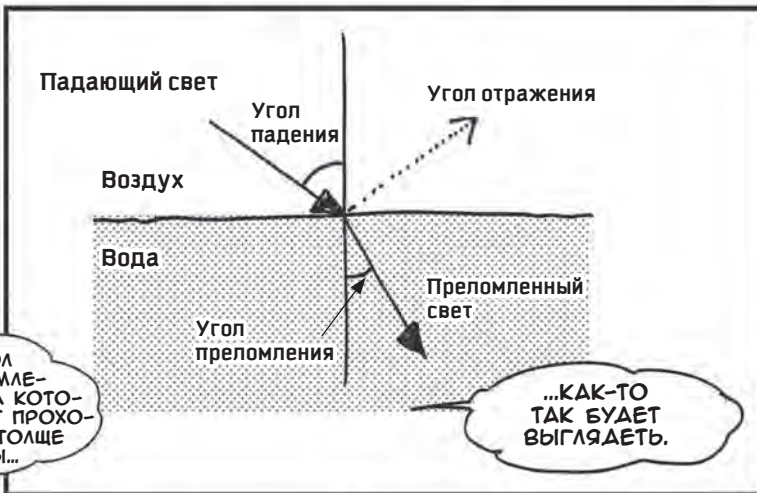
...А НЕМНОГО
МЕНЯЕТ
НАПРАВЛЕНИЕ...

...ЭТО НАЗЫ-
ВАЕТСЯ "ПРЕ-
ЛОМЛЕНИЕМ
СВЕТА".



"УГОЛ ПАДЕНИЯ",
ПОД КОТОРЫМ
СВЕТ ПАДАЕТ НА
ПОВЕРХНОСТЬ
ВОДЫ...

...УГОЛ
ПРЕЛОМЛЕ-
НИЯ", ПОД КОТО-
РЫМ СВЕТ ПРОХО-
ДИТ В ТОЛЩЕ
ВОДЫ...



...КАК-ТО
ТАК БУДЕТ
ВЫГЛЯДЕТЬ.



ХММ?



УГОЛ ПРЕЛОМЛЕ-
НИЯ В ВОДЕ НЕ-
МНОГО МЕНЬШЕ
УГЛА ПАДЕНИЯ.

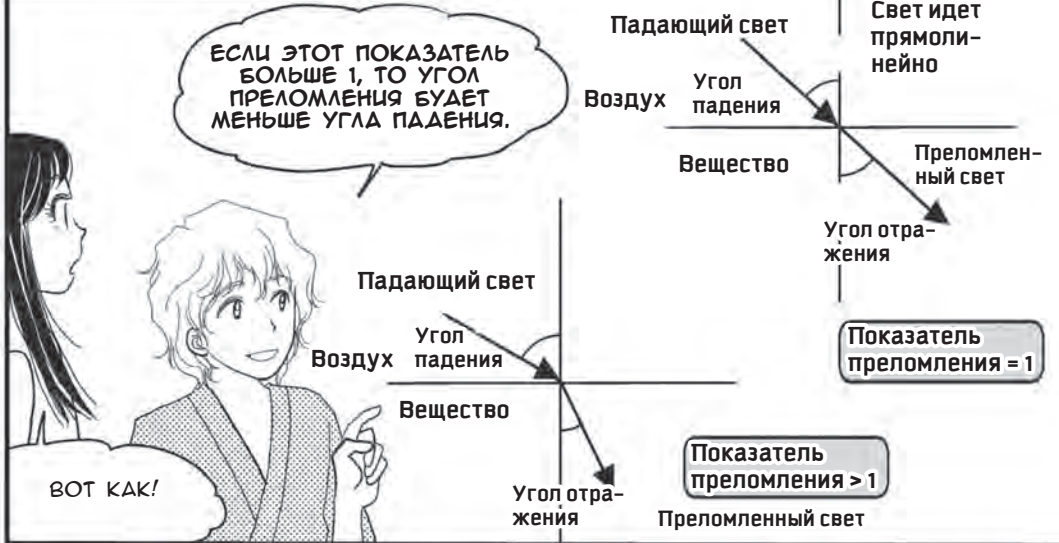


А НА СКОЛЬКО
МЕНЯЕТСЯ УГОЛ?



ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОЗДУХА СЧИТАЕТСЯ РАВНЫМ 1.

ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЕСЛИ У ВЕЩЕСТВА ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ РАВЕН 1, ТО УГОЛ ПРЕЛОМЛЕНИЯ = УГЛУ ПАДЕНИЯ.



Показатель преломления

- 1.3
Вода
- 1.4
~2
Стекло
- 2.4
Бриллиант

Показатель преломления воды равен 1,3, стекла – от 1,4 до 2. А у бриллианта этот показатель равен 2,4.

Такой высокий!

Свет, попавший в бриллиант, сильно преломляется.

Вот в чем дело...

Поэтому-то бриллианты так сверкают!

• Критический угол

Воздух

Вода

Воздух

Вода

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ УГЛОМ ПАДЕНИЯ И УГЛОМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ОДИНАКОВА И ДЛЯ СИТУАЦИИ, КОГДА СВЕТ ПОПАДАЕТ ИЗ ВОЗДУХА В ВОДУ...

...И КОГДА СВЕТ ПОПАДАЕТ ИЗ ВОДЫ В ВОЗДУХ.

А КОГДА СВЕТ ЦАЕТ ИЗ ВОДЫ В ВОЗДУХ, ТО ОТРАЖЕНИЕ ТОЖЕ ПРОИСХОДИТ?

ДА.

И В ЭТОМ СЛУЧАЕ ТОЖЕ УГОЛ ПАДЕНИЯ БУДЕТ РАВЕН УГЛУ ОТРАЖЕНИЯ.

КРОМЕ ТОГО, ДЛЯ ИСХОДЯЩЕГО ИЗ ВОДЫ СВЕТА УГОЛ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ВОЗДУХЕ БУДЕТ БОЛЬШЕ УГЛА ПАДЕНИЯ В ВОДЕ.

Когда свет идет из воздуха в воду

Падающий свет

Угол падения

Угол отражения

Отраженный свет

Воздух

Вода

Угол преломления

Преломленный свет

Когда свет идет из воды в воздух

Угол преломления

Преломленный свет

Воздух

Вода

Угол падения

Угол отражения

Отраженный свет

Падающий свет

ТОГДА ПОЛУЧАЕТСЯ, ТАК КАК УГОЛ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ВОЗДУХЕ БОЛЬШЕ

УГЛА ПАДЕНИЯ В ВОДЕ, ТО ЕСЛИ УГОЛ ПАДЕНИЯ БУДЕТ ВСЕ ВРЕМЯ УВЕЛИЧИВАТЬСЯ...

...В КАКОЙ-ТО МОМЕНТ СВЕТ НЕ СМОЖЕТ ВЫЙТИ НА ПОВЕРХНОСТЬ?



Угол падения < Критический угол

Воздух
Вода
Критический угол
Угол падения
Падающий свет
Преломленный свет
Угол преломления
Отраженный свет

Угол падения = Критический угол

Воздух
Вода
Угол преломления = 90°
Угол падения (= критическому углу)
Падающий свет
Отраженный свет

Угол падения > Критический угол

Воздух
Вода
Полное отражение
Критический угол
Угол падения
Падающий свет
Отраженный свет

ЕСЛИ СВЕТ НАПРАВЛЯЕТСЯ ИЗ ВОДЫ В ВОЗДУХ С УГЛОМ ПАДЕНИЯ БОЛЬШИМ, ЧЕМ КРИТИЧЕСКИЙ УГОЛ, ТО ТОГАА ВСЬ СВЕТ БУДЕТ ОТРАЖАТЬСЯ. ЭТО НАЗЫВАЕТСЯ "ПОЛНЫМ ОТРАЖЕНИЕМ".



ИЗ-ЗА ТОГО ЧТО СВЕТ, ИСХОДЯЩИЙ ОТ НАХОДЯЩИХСЯ В ВОДЕ ПРЕДМЕТОВ, ПРЕЛОМЛЯЕТСЯ, ИХ ПОЛОЖЕНИЕ ВЫГЛЯДИТ СМЕЩЕННЫМ.

ВИДИМАЯ НАМИ ТРАЕКТОРИЯ СВЕТА, КАК БУДО ИДУЩЕГО ПРЯМОЛИНЕЙНО

РЕАЛЬНАЯ ТРАЕКТОРИЯ СВЕТА

ХОТЯ СВЕТ, ИСХОДЯЩИЙ ОТ ОБЪЕКТОВ В ВОДЕ, ПРЕЛОМЛЯЕТСЯ...

...МЫ ВИДИМ ЕГО КАК БУДО ИДУЩИМ ПРЯМОЛИНЕЙНО, ПОЭТОМУ...

...НАХОДЯЩИЕСЯ В ВОДЕ ПРЕДМЕТЫ КАЖУТСЯ НАМ РАСПОЛОЖЕННЫМИ ВЫШЕ И СЖАТЫМИ ПО ВЕРТИКАЛИ.

ТЕПЕРЬ ВСЕ ЯСНО!

3. Линзы

• Плоское стекло и преломление

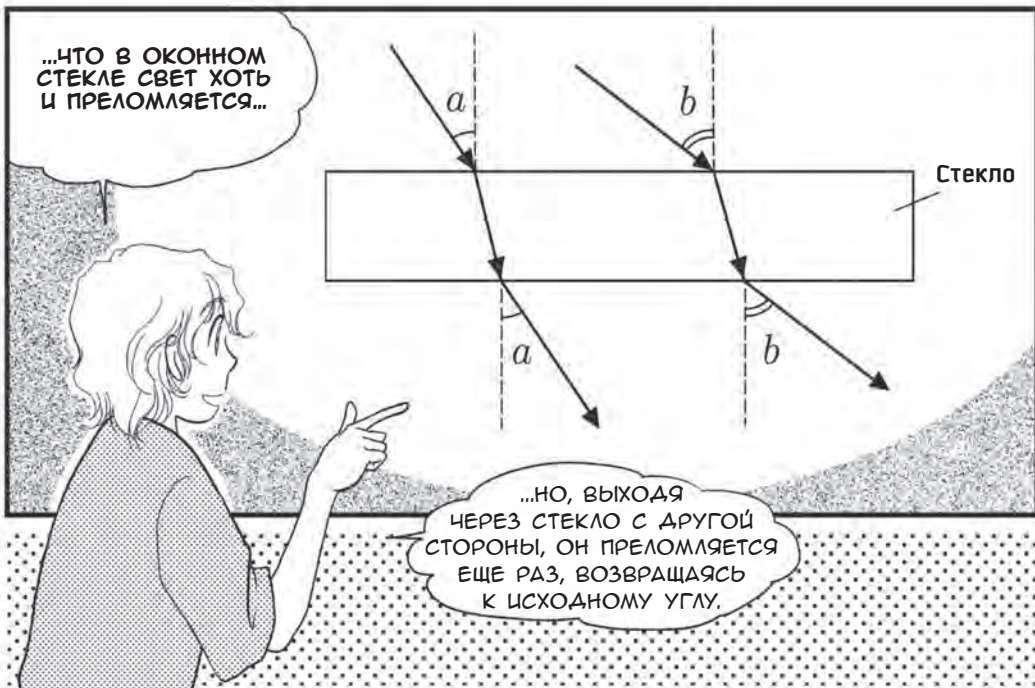
НО ВЕДЬ КОГДА МЫ СМОТРИМ ЧЕРЕЗ СТЕКЛО, НЕ ВЫГЛЯДИТ ПЕЙЗАЖ ПРЕЛОМЛЕННЫМ...

ПЕЙЗАЖ

ХА-ХА!

ВЕРНО ПОДМЕЧЕНО!

ЭТО ПОТОМУ...



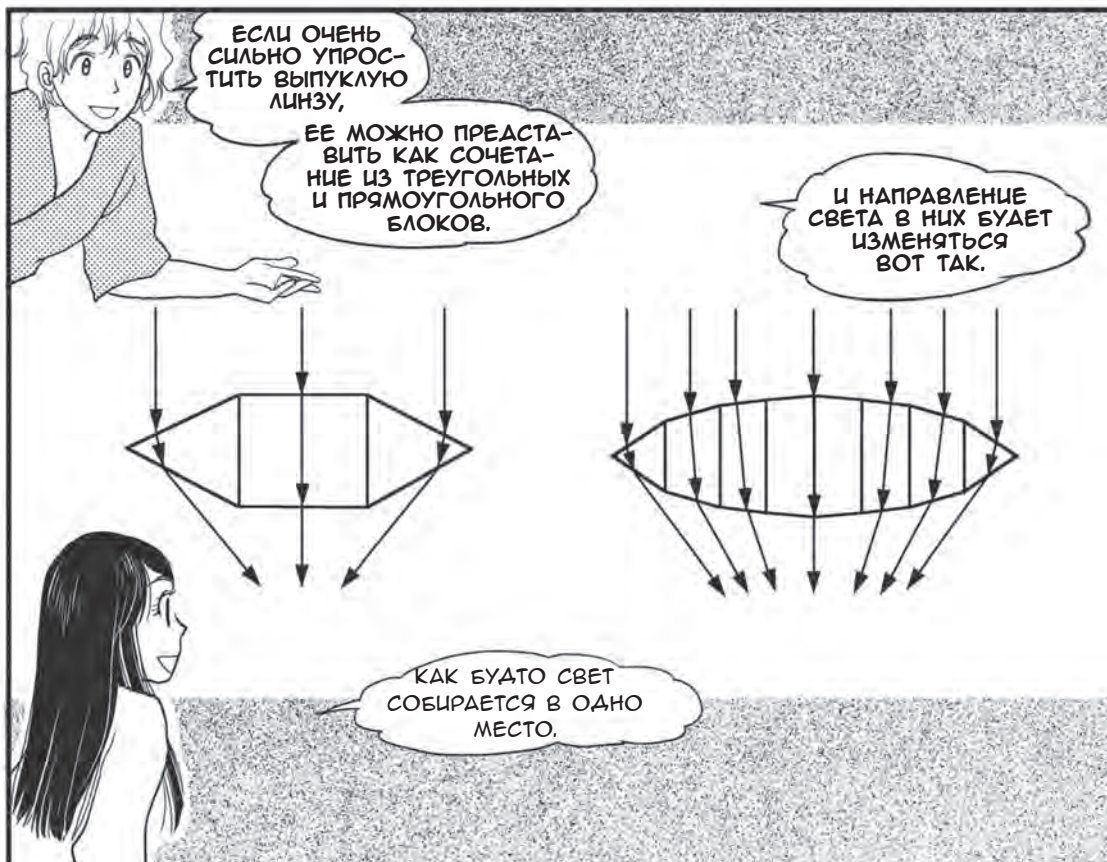
• Когда поверхность не плоская





НАПРИМЕР...

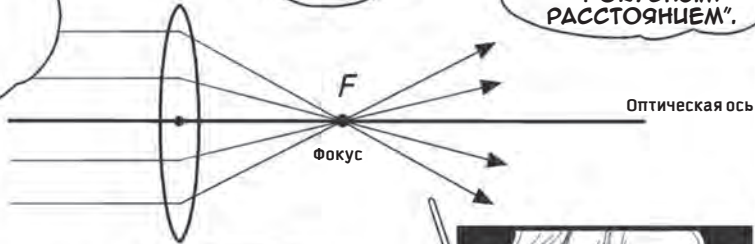




НА САМОМ ДЕЛЕ ВЫПУКЛАЯ ЛИНЗА ТАК И ДЕЛАЕТСЯ, ЧТОБЫ СВЕТ СОБРАЛСЯ В ОДНОЙ ТОЧКЕ.

ТОЧКА F , В КОТОРОЙ СОБИРАЕТСЯ СВЕТ, НАЗЫВАЕТСЯ "ФОКУСОМ".

А РАССТОЯНИЕ ОТ ЦЕНТРА ЛИНЗЫ ДО ФОКУСА НАЗЫВАЕТСЯ "ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ".



КСТАТИ, ЛИНИЯ, СОЕДИНЯЮЩАЯ ЦЕНТР ЛИНЗЫ И ФОКУС, НАЗЫВАЕТСЯ "ОПТИЧЕСКОЙ ОСЬЮ"



ТАК ПРЕДМЕТЫ КАЖУТСЯ БОЛЬШЕ, ПОТОМУ ЧТО СВЕТ ПРЕЛОМЛЯЕТСЯ?

ТО, КАК ВЫГЛЯДЯТ

ПРЕДМЕТЫ В ЛИНЗЕ, ЗАВИСИТ ОТ СООТНОШЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДМЕТА И ФОКУСА ЛИНЗЫ.



ЕСЛИ ХОЧЕШЬ УВЕЛИЧИТЬ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПРЕДМЕТА, НАДО ПОМЕСТИТЬ ЕГО МЕЖДУ ЛИНЗОЙ И ЕЕ ФОКУСОМ.

ПРЕДСТАВЬМ, ЧТО ЭТО СВЕЧА.

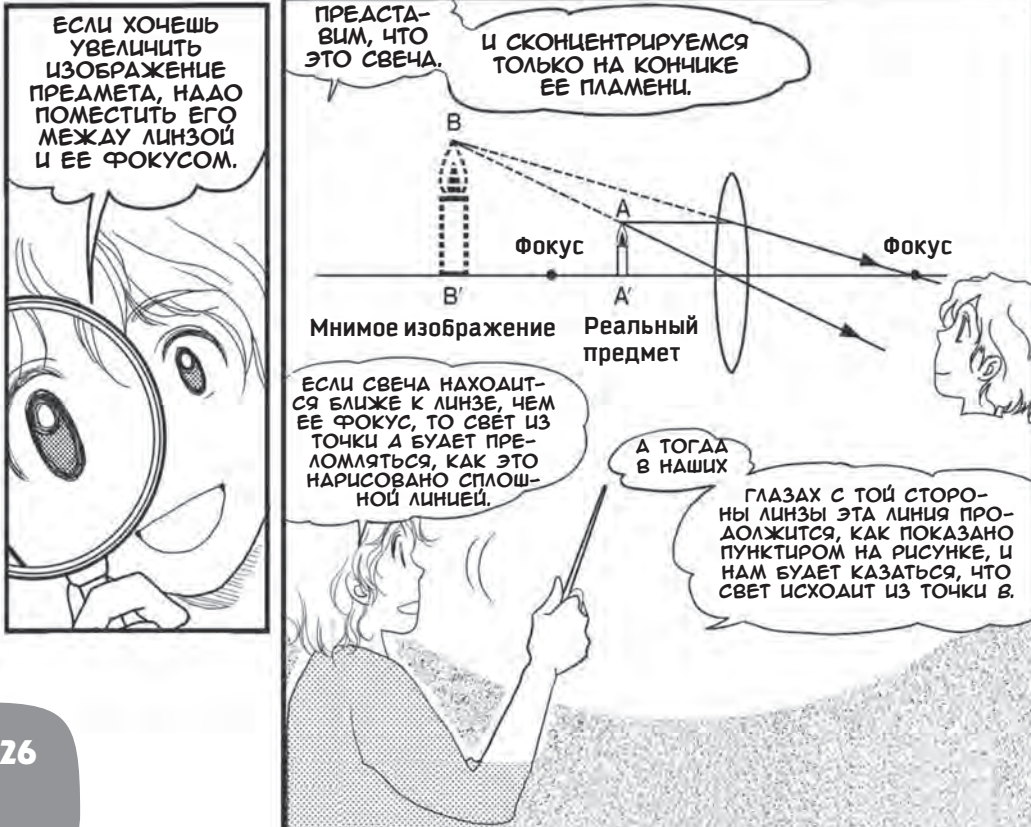
И СКОНЦЕНТРИРУЕМСЯ ТОЛЬКО НА КОНЧИКЕ ЕЕ ПЛАМЕНИ.



ЕСЛИ СВЕЧА НАХОДИТСЯ БЛИЖЕ К ЛИНЗЕ, ЧЕМ ЕЕ ФОКУС, ТО СВЕТ ИЗ ТОЧКИ А БУДЕТ ПРЕЛОМЛЯТЬСЯ, КАК ЭТО НАРИСОВАНО СПЛОШНОЙ ЛИНИЕЙ.

А ТОГДА В НАШИХ

ГЛАЗАХ С ТОЙ СТОРОНЫ ЛИНЗЫ ЭТА ЛИНИЯ ПРОДОЛЖИТСЯ, КАК ПОКАЗАНО ПУНКТИРОМ НА РИСУНКЕ, И НАМ БУДЕТ КАЗАТЬСЯ, ЧТО СВЕТ ИСХОДИТ ИЗ ТОЧКИ В.



ПОЭТОМУ, ЗНАЧИТ, ХОТЯ РЕАЛЬНАЯ ВЫСОТА ПРЕДМЕТА ДА, НАМ ОНА КАЖЕТСЯ РАВНОЙ ВВ'?

ИМЕННО ТАК.

ВИДИМОЕ НАМИ ИЗОБРАЖЕНИЕ ВРОДЕ ВВ' НАЗЫВАЕТСЯ "МНИМЫМ".

А ТЕПЕРЬ ПОПРОБУЮ ПОСМОТРЕТЬ НА ЧТО-ТО, ЧТО НАХОДИТСЯ ДАЛЬШЕ ОТ ВЫПУКЛОЙ ЛИНЗЫ, ЧЕМ ЕЕ ФОКУС.

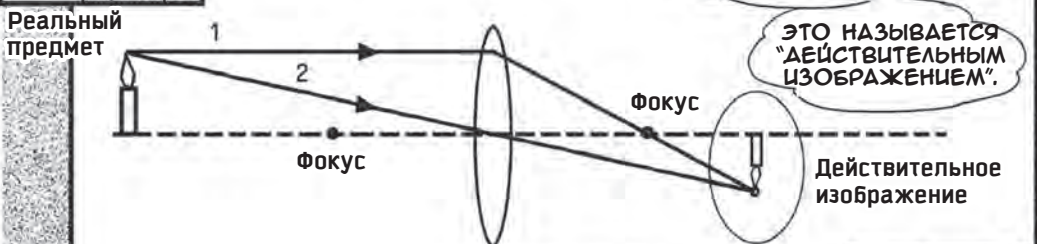
ДАЛЬШЕ?

ПЕЙЗАЖ ПОЛУЧИЛСЯ ПЕРЕВЕРНУТЫМ...



ПОЧЕМУ ТАК ПРОИЗОШЛО, ПРОЩЕ ВСЕГО ОБЪЯСНИТЬ НА РИСУНКЕ.

ПРОХОДЯ ЧЕРЕЗ ЛИНЗУ, СВЕТ СОБИРАЕТСЯ С ДРУГОЙ ЕЕ СТОРОНЫ, ВОСПРОИЗВОДА ФОРМУ СВЕЧИ.



ЭТО НАЗЫВАЕТСЯ "ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ ИЗОБРАЖЕНИЕМ".

ЭТО ИЗОБРАЖЕНИЕ НАЗЫВАЕТСЯ "ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ", ПОТОМУ ЧТО ОНО НА САМОМ ДЕЛЕ ОБРАЗОВАНО С ЭТОЙ СТОРОНЫ ЛИНЗЫ ПОСРЕДСТВОМ СХОДЯЩИХСЯ ЛУЧЕЙ СВЕТА, ДА?



Лабораторная работа. Действительное изображение, созданное выпуклой линзой



Закроем верхнюю половину выпуклой линзы черной бумагой, не пропускающей света. Что в этом случае произойдет с изображением свечи?

- 1 Изображение исчезнет.
- 2 Останется только половина изображения.
- 3 Изображение останется таким же, но потемнеет.



Ну раз закрыта половина линзы, видимо, получится половина изображения, да?



Правильный ответ – 3.

Свет, исходящий от реального предмета, проходит через всю поверхность линзы. Здесь мы изобразим траекторию света тремя линиями, выходящими от верхней, и еще тремя – от нижней границы предмета. Как можно видеть на рисунке ниже, даже если закрыть верхнюю половину линзы бумагой, часть света достигнет положения действительного изображения. Другими словами, свет, проходящий только через нижнюю половину линзы, все равно образует действительное изображение. Однако количество света, создающее изображение, снизится вдвое, поэтому и яркость действительного изображения уменьшится. Свет, исходящий от верхнего и нижнего концов предмета и сформировавший действительное изображение, показан закрашенной областью.

