

# 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
<b>Глава 1. СВЕТ</b> .....	<b>9</b>
1 Свет и его отражение .....	10
<b>Лабораторная работа.</b> Твое отражение в зеркале .....	15
Поглощение света. Прозрачность и непрозрачность .....	16
2 Преломление света .....	16
3 Линзы .....	22
<b>Лабораторная работа.</b> Действительное изображение, созданное выпуклой линзой .....	28
4 Дисперсия света и цвета .....	29
<b>Дополнительный материал</b> .....	32
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
<b>Дополнительный материал. Повышенный уровень.</b> .....	42
Как получается радуга? .....	42
<b>Глава 2. ВОЛНЫ</b> .....	<b>45</b>
1 Волны. Основы .....	47
2 Суперпозиция волн .....	67
<b>Дополнительный материал</b>	
Взаимосвязь между графиками «координата-смещение» и «время-смещение» .....	76
Отражение волн .....	77
<b>Дополнительный материал. Повышенный уровень</b>	
Уравнение движения .....	79
Колебания .....	79
Простые колебания и функция синуса .....	81
Уравнение и график синусоидальной волны .....	83
Нормальные волны .....	85

<b>Дополнительный материал. Экспертный уровень</b>	
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
<b>Глава 3. ЗВУК . . . . .</b>	<b>97</b>
1 Звуковые волны. Основы . . . . .	99
2 Как распространяется звуковая волна? . . . . .	108
<b>Лабораторная работа. Графики</b> «время-смещение» для разных музыкальных инструментов. . . . .	115
3 Нормальная волна звука и биение . . . . .	119
<b>Лабораторная работа. Биения.</b> . . . . .	130
<b>Дополнительный материал</b>	
Колебания воздуха в воздушном столбе . . . . .	134
Скорость звука . . . . .	137
Скорость поперечной волны, издаваемой струной . . . . .	137
Гамма. . . . .	137
<b>Дополнительный материал. Повышенный уровень</b>	
Уравнение скорости звука . . . . .	140
Тембр и суперпозиция звуковой волны . . . . .	141
Компенсация свободного конца. . . . .	143
<b>Дополнительный материал. Экспертный уровень</b>	
Волновое уравнение для звуковой волны . . . . .	143
Выведение формулы скорости звука . . . . .	146
Связь между смещением газа и изменением плотности. . . . .	147
<b>Глава 4. ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА . . . . .</b>	<b>149</b>
1 Как слышится звук, если источник звука движется . . . . .	151
<b>Лабораторная работа. Формула эффекта Доплера</b> для движущегося источника звука . . . . .	156
2 Звук, воспринимаемый при движении наблюдателя . . . . .	159
<b>Лабораторная работа. Формула эффекта Доплера,</b> когда движется наблюдатель . . . . .	163

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

# ΠΡΟΛΟΓ





ОХ,  
ЖАРКО!  
СОЛНЦЕ

ТАК  
СИЛЬНО  
СВЕТИТ!



\*ПШШ-  
ПШШ\*



СИНАО ОТОХА  
(16 ЛЕТ)



СВЕТ...



И ТЕМА ВЫСТУПЛЕНИЯ НАШЕЙ  
КОМАНДЫ ЧИРЛИАДЕРОВ -

КАК РАЗ  
"СВЕТ"...



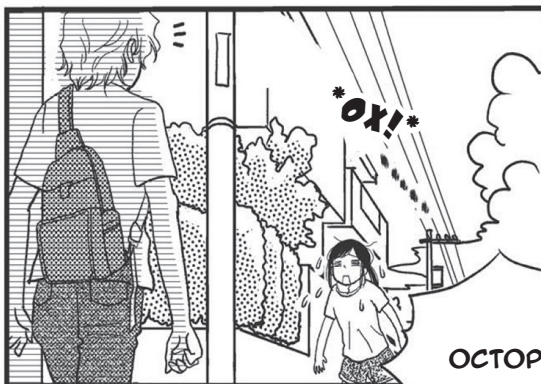
ОЙ, КАК ПИТЬ  
ХОЧЕТСЯ...

А ДЕНЬГИ-ТО  
ВЗЯТЬ ЗАБЫЛА...



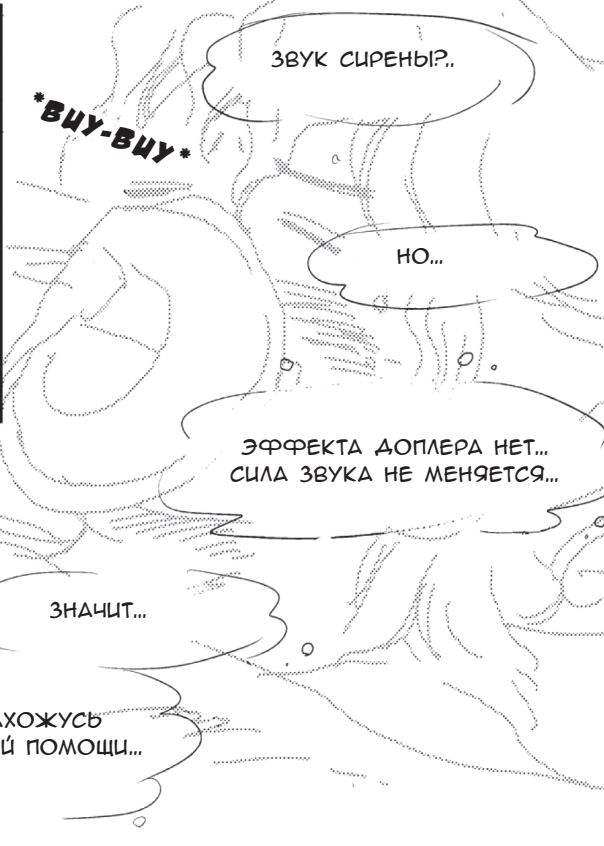
ПРОБЕЖКА  
В ПОЛДЕНЬ  
В САМЫЙ РАЗГАР  
ЛЕТА, ЧТОБЫ  
УКРЕПИТЬ  
МЫШЦЫ!

...ЧТО ЗА  
ГЛУПАЯ  
ИДЕЯ...



ОСТОРОЖНО!





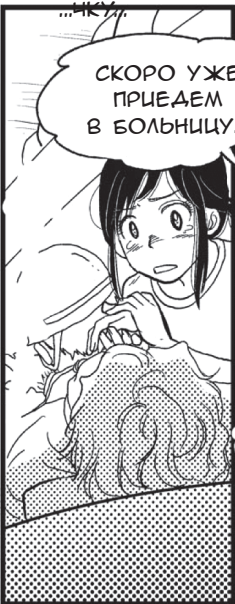
ЗВУК СИРЕНЬ?..

НО...

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

ЗНАЧИТ...

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



СКОРО УЖЕ  
ПРИЕДЕМ  
В БОЛЬНИЦУ!..



ТОТ, КТО СПАС  
МЕНЯ ОТ

МАШИНЫ, ЕХАВШЕЙ  
НА КРАСНЫЙ СВЕТ...

\*ХВАТЬ\*



...ОКАЗАЛСЯ  
МОИМ ОДНО-  
КЛАССНИКОМ...



ТЭРУЯМА  
КОУКИ...



ТЭРУЯМА  
КОУКИ

НЕДЕЛЮ СПУСТЯ



КОУКИ, КАК ТЫ  
СЕБЯ ЧУВСТВУЕШЬ?



А,  
ОТОХА!

Я УЖЕ  
ВПОЛНЕ ХО-  
РОШО СЕБЯ  
ЧУВСТВУЮ.



ИЗВИНИ,  
ЧТО ТАК  
ПОЛУЧИЛОСЬ...

ХВАТИТ УЖЕ  
ИЗВИНЕНИЙ!

ТЫ МНЕ, ПОЛУЧАЕТСЯ,  
ЖИЗНЬ СПАС.

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



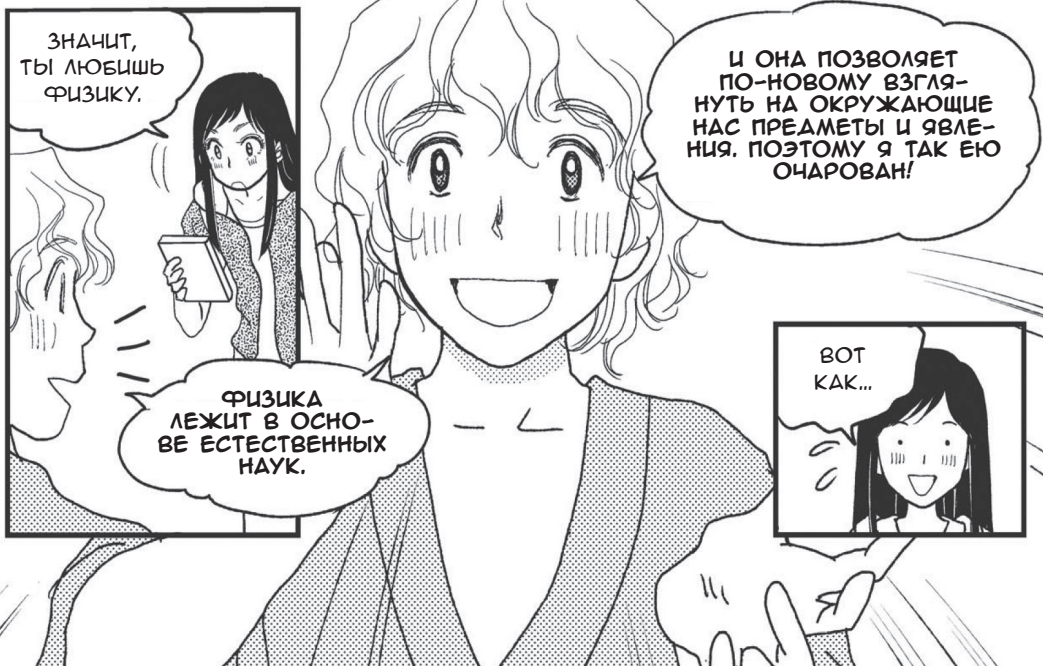
ТУТ...

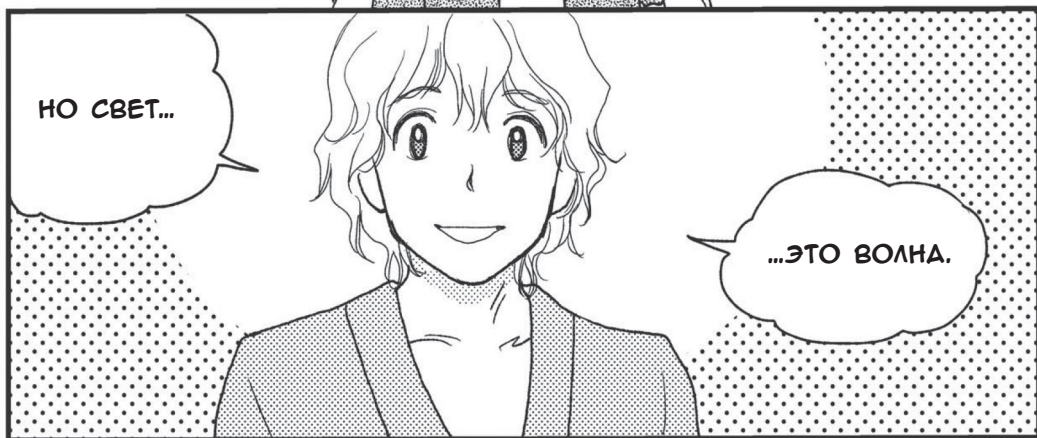
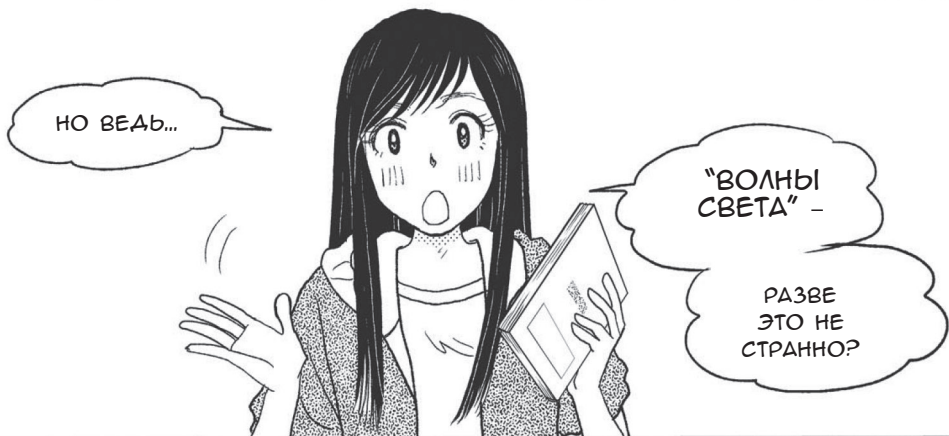
..КНИГИ,

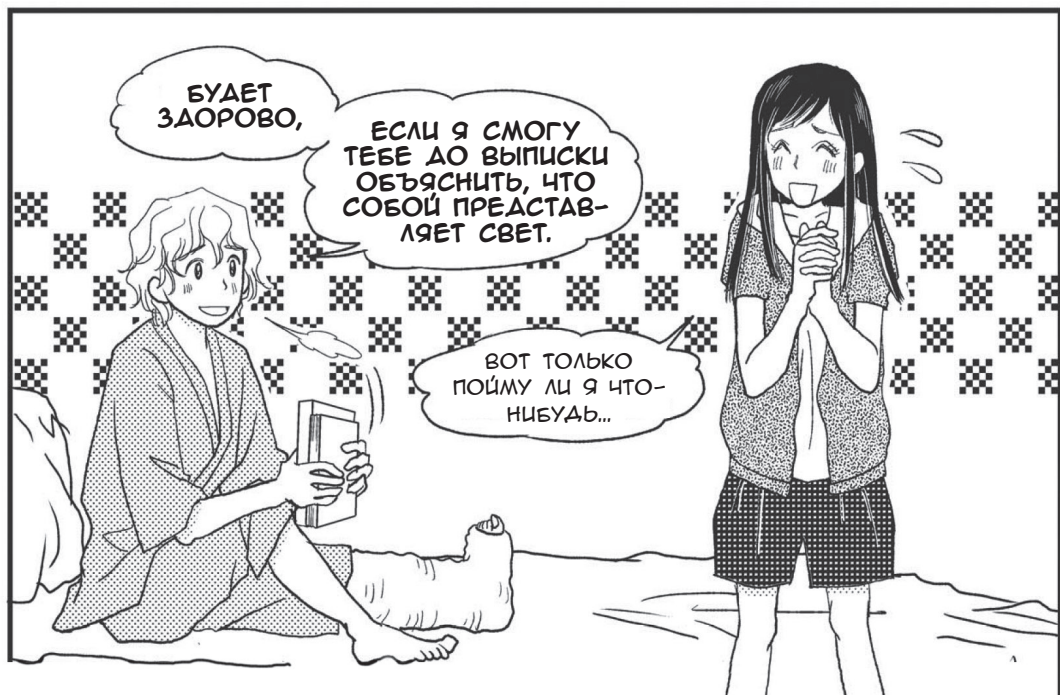
ЧТО ТЫ ПРОСИЛ.



Физика.  
Опыты.





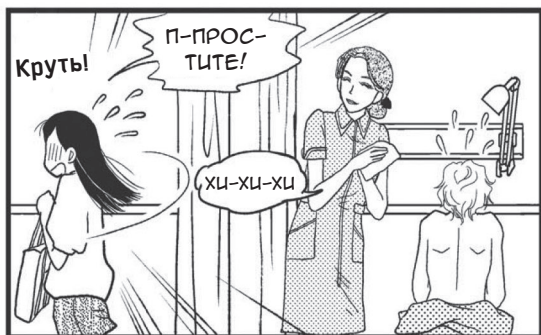
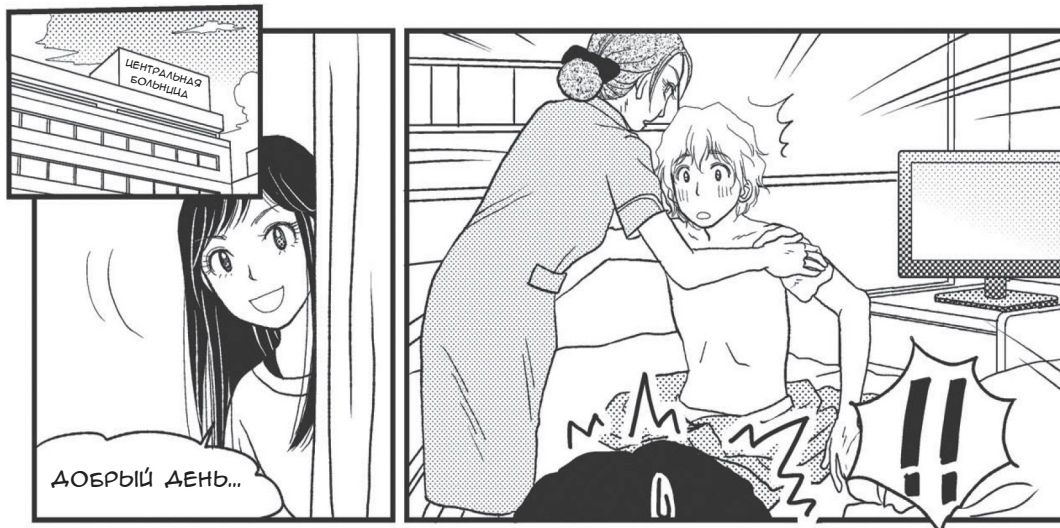


ГЛАВА 1

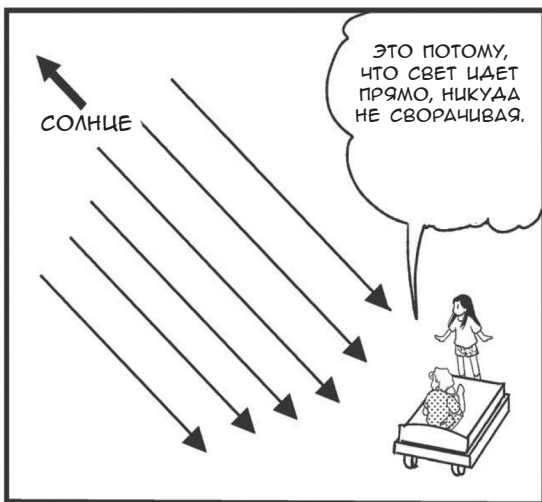
СВЕТ

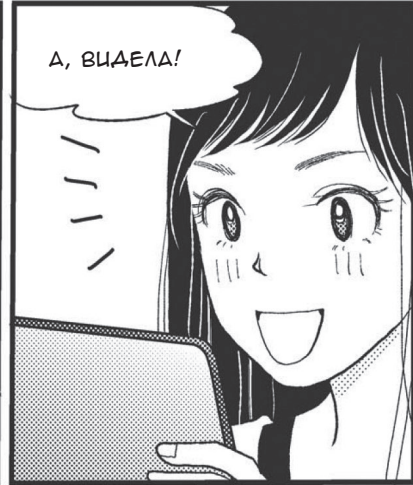
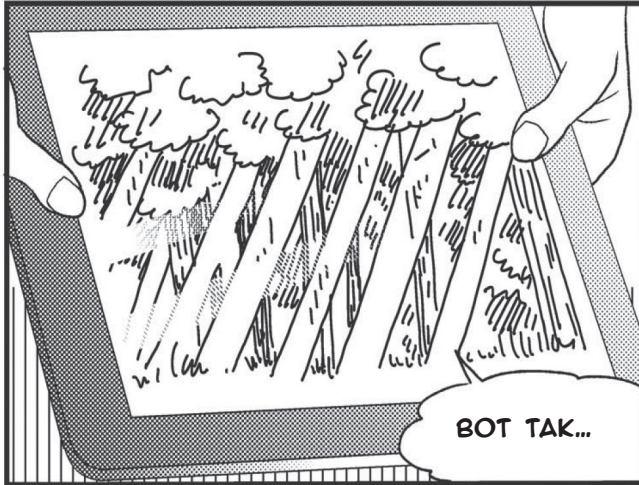


# 1. Свет и его отражение



• Рассеяние света







СМОТРИ: ИЛИ  
ОБЪЕКТ САМ  
ИСПУСКАЕТ СВЕТ,

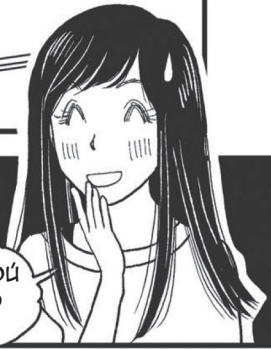
ИЛИ ОН ОТТАЛКИВАЕТ  
ОТКУДА-ТО  
ПРИШЕДШИЙ СВЕТ...

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?



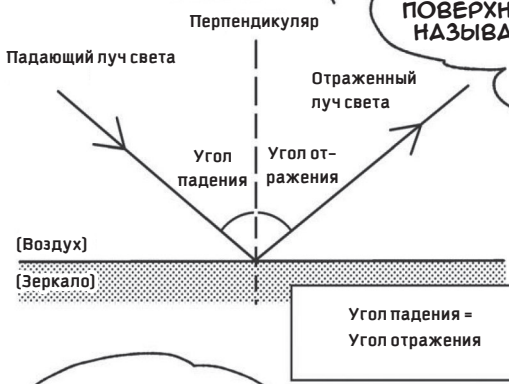
### • Отражение света

ПРОЩЕ ВСЕГО  
ПОНЯТЬ ЭТО  
БУДЕТ НА  
ПРИМЕРЕ ЗЕРКАЛА.



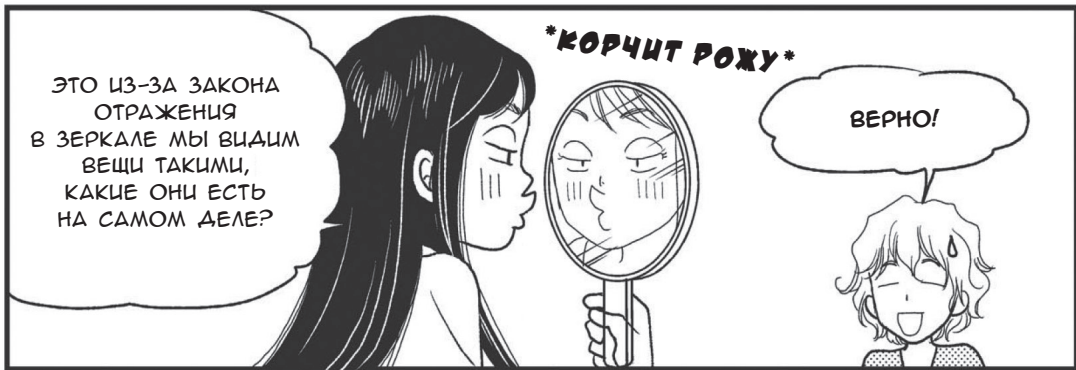
СВЕТ ПАДАЕТ ПОД  
УГЛОМ, КОТОРЫЙ  
НАЗЫВАЮТ  
"УГЛОМ ПАДЕНИЯ".

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

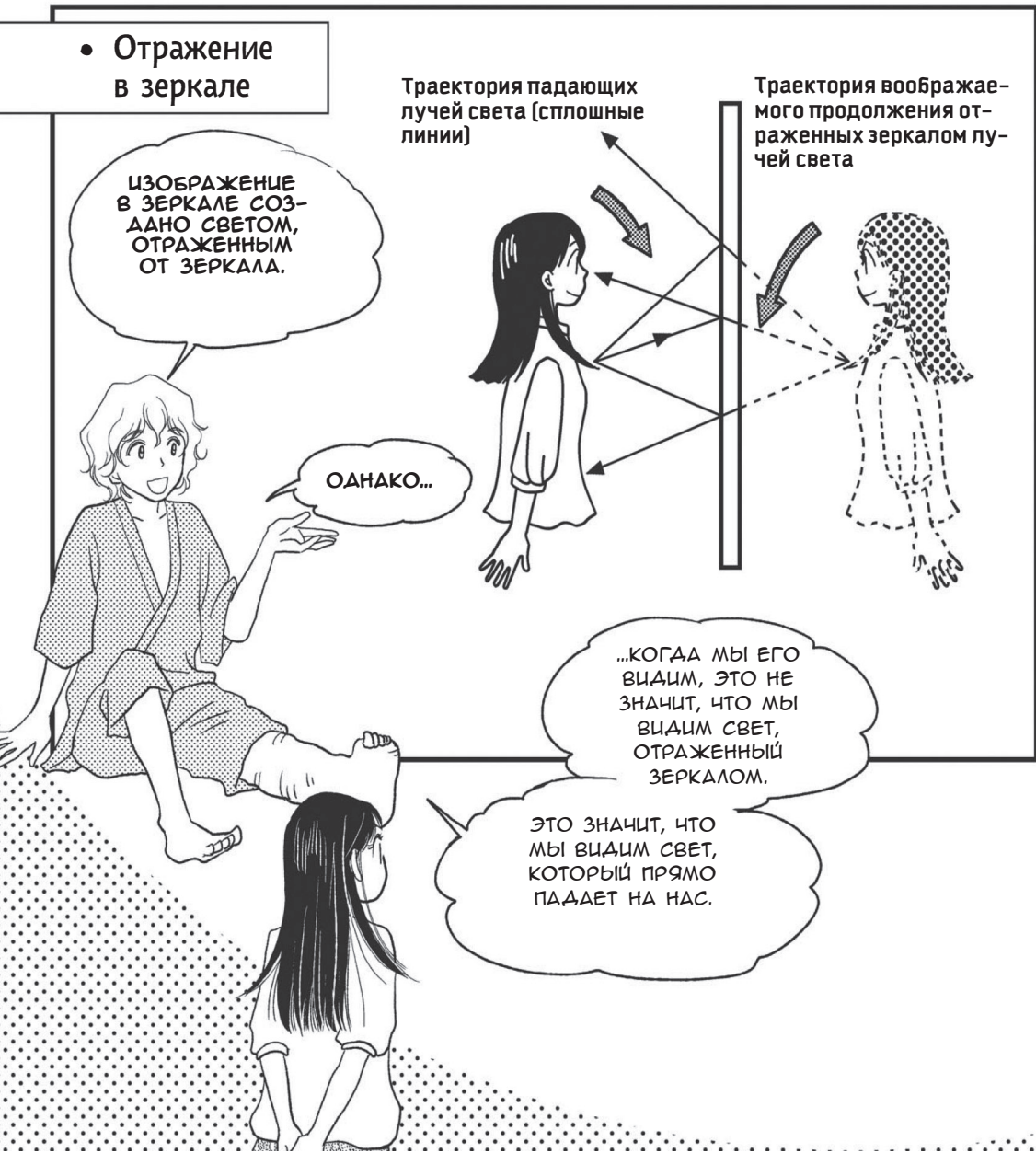


ЭТО ЗАКОН  
ОТРАЖЕНИЯ.





• Отражение в зеркале



## 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?

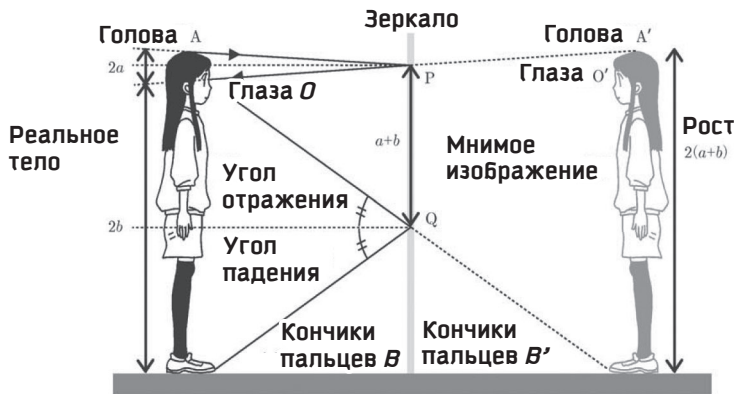
- ① Бóльшей высоты, чем ты.
- ② Такой же высоты, как ты.
- ③ Высоты в половину твоего роста.



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.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)