

С. Д. Клементьев

Электронный микроскоп

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 62-63
ББК 30.6
С11

С11 **С. Д. Клементьев**
Электронный микроскоп / С. Д. Клементьев – М.: Книга по Требованию, 2013. – 48 с.

ISBN 978-5-458-31898-3

Не задумывались ли вы над тем, почему обычное плоское стекло не увеличивает рассматриваемый предмет, а лупа увеличивает его во много раз. В чём секрет увеличительных стёкол? Секрет кроется в том, что лупа увеличивает так называемый угол зрения. Это такой угол, который составляют две прямые, проведённые к глазу от крайних точек рассматриваемого предмета...

ISBN 978-5-458-31898-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Одним из простейших приборов, выполняющих эту роль, и является увеличительное стекло — лупа или, как её ещё называют, двояковыпуклая линза.

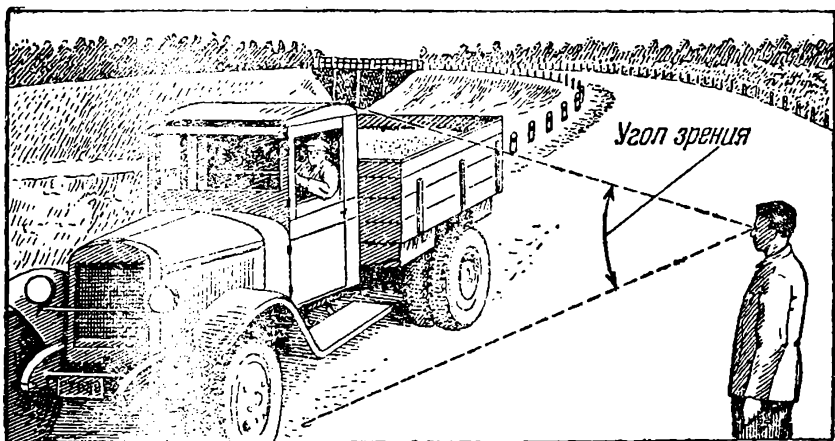
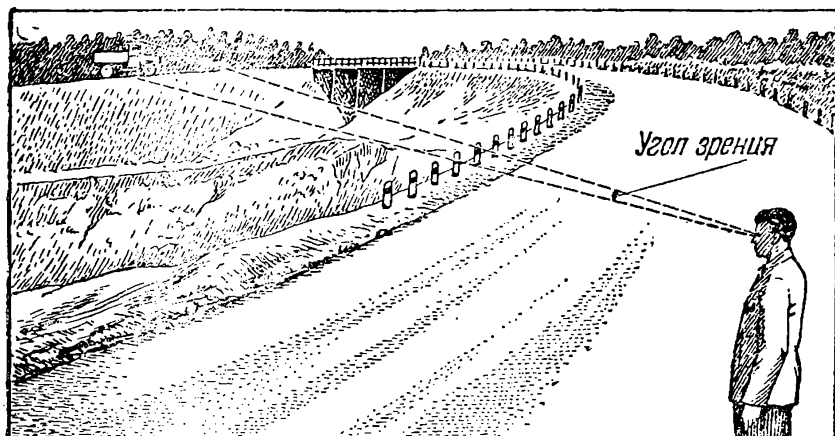


Рис. 1. Чем ближе и чем больше предмет, тем больше и угол зрения, под которым мы видим этот предмет.

На рисунке 2 показан ход световых лучей в двояковыпуклой линзе. Выходящие из точки лучи преломляются в линзе и дают её изображение. В зависимости от положения точки лучи могут и не сходиться; в этом случае говорят, что образуется мнимое изображение.

Когда мы рассматриваем предмет при помощи лупы (рис. 3), наши глаза не воспринимают преломления лучей. Нам кажется, что лучи, идущие от линзы в глаз, прямолнейны, что они продолжают за увеличительным стеклом, не преломляясь. Поэтому мы и видим предмет под

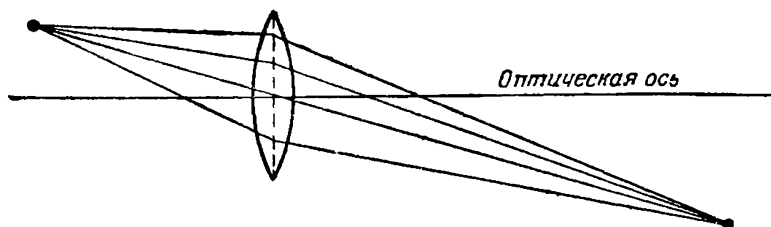


Рис. 2. Ход лучей в двояковыпуклой линзе — лупе.

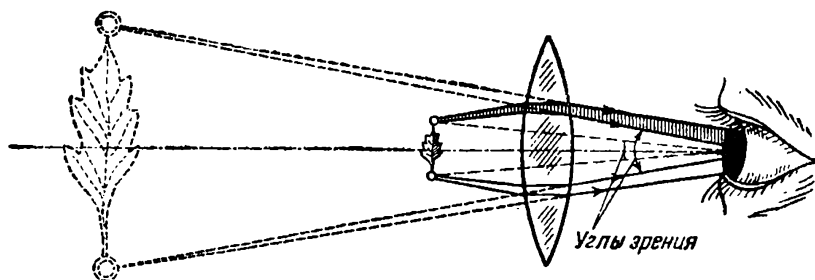


Рис. 3. Лупа увеличивает угол зрения.

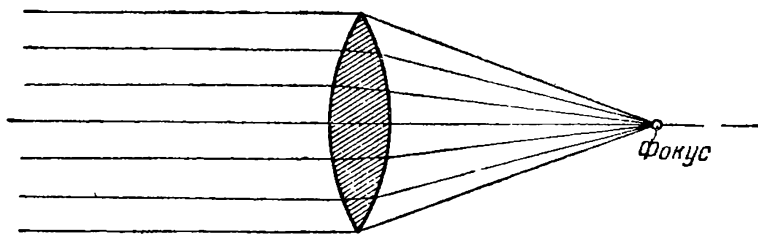


Рис. 4.

большим углом зрения, то-есть видим увеличенное изображение предмета по сравнению с тем, как видит предмет наш глаз без лупы. И причина этого кроется в том, что при помощи двояковыпуклой линзы мы видим мнимое изображение предмета под большим углом зрения, чем без линзы.

Однако надо заметить, что лупа не всегда увеличивает угол зрения. Это зависит от того, где расположить рассматриваемый предмет относительно фокуса линзы (фокусом линзы называют точку на главной оптической оси линзы, где сходятся параллельные лучи, прошедшие через линзу; см. рис. 4).

При помощи одной линзы можно увеличить предмет в десятки раз, не больше. При таком увеличении нельзя увидеть многое в мире малых предметов.

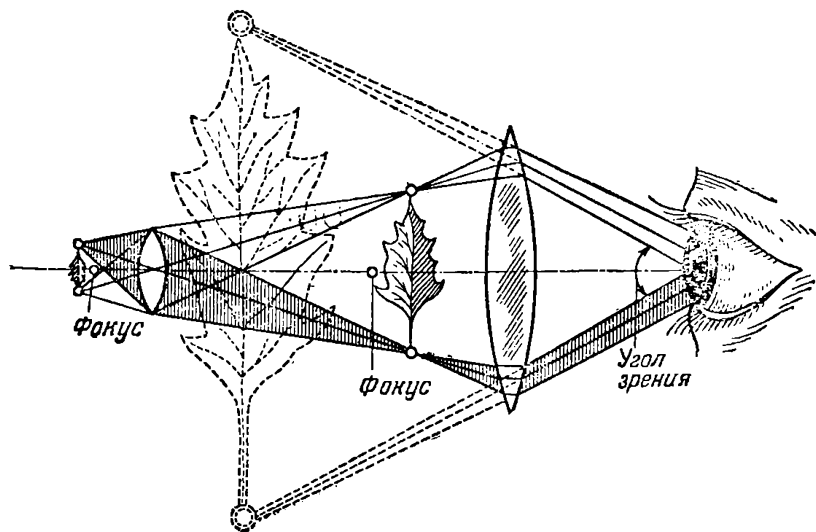


Рис. 5. Ход лучей в микроскопе.

Чтобы иметь возможность видеть ещё лучше, надо увеличить угол зрения в сотни и тысячи раз. Можно ли это сделать?

Можно.

Уже давно было установлено, что если взять не одно, а два увеличительных стекла и расположить их друг за другом, то изображение предмета можно увеличить ещё сильнее, во много раз больше, чем с помощью только одного стекла. Такие приборы были построены впервые ещё в XVI веке и были названы оптическими микроскопами.

Ход лучей в микроскопе показан на рисунке 5. Как видно из рисунка, первое увеличенное изображение пред-

мета даёт объектив — линза, расположенная первой у рассматриваемого предмета. Здесь предмет помещается за фокусом объектива, и поэтому объектив даёт действительное увеличенное и перевёрнутое изображение предмета. Это изображение снова увеличивается окуляром — линзой, расположенной у глаза наблюдателя. А окуляр,

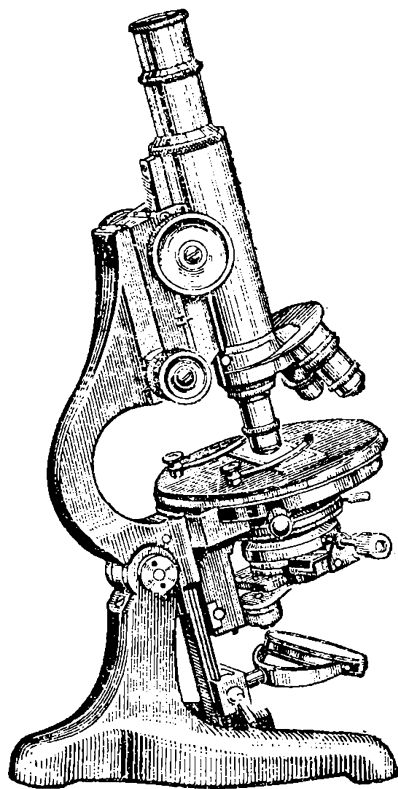


Рис. 6. Внешний вид современного оптического микроскопа.

как и лупа, располагается в микроскопе так, что первое увеличенное изображение рассматриваемого предмета оказывается между этой линзой и её фокусом. Новое, ещё более увеличенное, мнимое изображение предмета мы и видим в окуляре микроскопа.

Оптический микроскоп позволил увеличить угол зрения уже в сотни и тысячи раз. Современные оптические

микроскопы дают увеличение изображений предметов в 2000 и более раз. В них применяются уже не две линзы, как это было у первых микроскопов, а сложные системы из многих линз. Внешний вид такого микроскопа изображён на рисунке 6 *).

2. О ПРИРОДЕ СВЕТА

Изобретение оптического микроскопа, с помощью которого можно было наблюдать и изучать различные тела, недоступные невооружённому человеческому глазу, помогло расширить представление об окружающей нас живой и мёртвой природе.

Оптический микроскоп позволил изучить строение клеток растительных и животных организмов, внутреннее строение минералов, металлов и сплавов. В оптический микроскоп впервые были рассмотрены невидимые простым глазом тончайшие ответвления нервных волокон и кровеносных сосудов. Наконец, с помощью оптического микроскопа были открыты мельчайшие живые существа — микробы, многие из которых вызывают опаснейшие заболевания (рис. 7).

Сотни тысяч человеческих жизней были спасены благодаря этому замечательному изобретению. Однако возможности оптического микроскопа были ограничены. Так, например, с его помощью нельзя было обнаружить ещё неизвестных возбудителей некоторых заразных болезней.

Страшная болезнь — бешенство, некоторые виды энцефалита, корь, грипп и другие заболевания, видимо, вызывались настолько мелкими существами, что увидеть их нельзя было даже в самые совершенные оптические приборы.

Как было установлено, в оптический микроскоп нельзя увидеть частиц, размеры которых меньше двух десятитысячных долей миллиметра.

Почему это так? Чем это объяснить? Ведь, казалось бы, чем больше линз в микроскопе, тем большего увеличе-

*) О том, как устроен оптический микроскоп, подробно рассказывается в книжке «Научно-популярной библиотеки» Гостехиздата: В. С. Сухоруких, «Микроскоп и телескоп».

ния рассматриваемых предметов можно добиться с его помощью. Почему же у оптического микроскопа есть предел, есть «потолок» его возможностей?

Оказывается, можно придумывать всяческие ухищрения для улучшения оптического микроскопа, но переступить границу его возможностей нельзя.



Рис. 7. Так выглядят различные бактерии при рассматривании их в оптический микроскоп.

Оптический микроскоп не позволяет видеть предметы, размеры которых меньше двух десятитысячных долей миллиметра. И, как это ни странно, препятствием для дальнейшего увеличения является... сам свет. Тот самый свет, который позволяет нам видеть окружающий мир!

В чём же здесь дело? Ведь мы знаем, что видеть предметы мешает темнота, а вовсе не свет.

Но это верно, если говорить о видимости больших предметов или о частицах, размером более чем две десятитысячные доли миллиметра.

Частицы же ещё более мелкие нельзя увидеть даже в самый лучший оптический микроскоп.

Чтобы понять причину этого, вспомним, что такое световые лучи.

Бросьте в воду камень. От места его падения кругами разойдутся волны.

Расстояние между верхушками (гребнями) этих кругов называют длиной волны.

Волны бывают разной длины. Например, в море во время бури расстояние между двумя соседними гребнями волн доходит до 200 метров. Высота их, от гребня до впадины, достигает нередко высоты трёхэтажного дома, а движутся они со скоростью пассажирского поезда.

Кроме водяных волн в природе существует много других.

Существуют радиоволны, которые мы не видим и не слышим, но которые существуют также реально, как волны в воде или в воздухе. Обнаружить их можно с помощью радиоприёмника.

Невидимые ультрафиолетовые лучи и лучи Рентгена, при помощи которых «просвечивают» человеческое тело,— это тоже волны.

Такую же волновую природу имеет и свет. Он также распространяется волнами. Свет — это особые, так называемые электромагнитные волны.

Когда распространяется электромагнитная волна, то в каждой точке пространства возникают периодические изменения — колебания электрических и магнитных сил, происходит как бы их волнообразное колебание с образованием «гребней» и «впадин».

Величина световых волн очень мала. Так, длина волны красных лучей составляет всего около семи десятитысячных долей миллиметра, то-есть, говоря иначе, около 0,7 микрона (микрон — одна тысячная миллиметра). А длина волны у жёлтых, зелёных и синих лучей ещё короче. Из лучей видимого света наименьшей длиной волны обладают фиолетовые лучи: длина их волн — около 0,4 микрона.

Волны невидимых ультрафиолетовых и рентгеновых лучей ещё меньше.

У электромагнитных радиоволн, наоборот, длина колеблется в пределах от десятков сантиметров до тысяч метров.

Известно, что в однородной среде свет распространяется прямолинейно. Однако когда лучи света проходят сквозь очень мелкие отверстия или около предметов, размеры которых очень малы, свет их огибает; прямолинейное распространение света нарушается.

Это явление называют диффракцией.

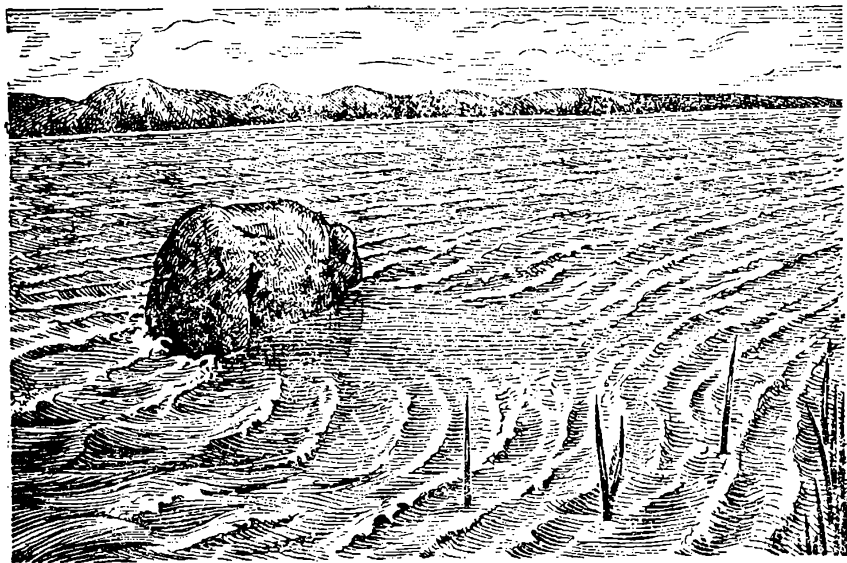


Рис. 8. Диффракция водяных волн.

Диффракцию можно наглядно видеть у водяных волн. Представьте себе волнующееся море или озеро. По поверхности воды ровными валами бегут волны. Когда на пути волны встречается большой камень, возвышающийся над поверхностью воды, волны ударяются о него и откатываются назад (рис. 8).

Волны ведут себя так всегда, если размеры камня значительно больше, чем расстояние между гребнями двух соседних волн (т. е. больше, чем длина волны).

Но вот на пути волн — камень поменьше. Размеры его меньше длины волны. Такой камень волны огибают и идут дальше, словно на их пути ничего нет.

Так же ведут себя и световые волны.

Вот по этой причине и нельзя разглядеть в оптический микроскоп очень мелкие предметы. Если детали предмета порядка длины световых волн, то при этом прямолинейный ход световых лучей нарушается и правильного изображения предмета мы не можем получить. Мы не сможем рассмотреть мелкие детали этого предмета — они будут сливаться.

Чтобы построить микроскоп, в который можно было бы видеть частицы размером меньше двух десятитысячных долей миллиметра, нужны какие-то другие волны, короче световых. Их длина должна быть меньше, чем размеры частиц, которые мы хотим рассматривать. Например, чтобы увидеть молекулы, нужны волны в сотни раз более короткие, чем волны видимого света.

Не помогут ли нам в этой задаче рентгеновские лучи, длина волн которых в сотни и тысячи раз короче длины волн видимого света? Ведь хотя рентгеновские лучи и невидимы, но они отлично действуют на фотопластинки. С их помощью можно было бы сфотографировать предметы в сотни и тысячи раз меньшие, чем при помощи видимого света.

Оказывается, однако, что рентгеновские лучи непригодны для нашей цели. Дело в том, что ещё неизвестны материалы, из которых можно было бы сделать линзы для рентгеновских лучей. Эти лучи проходят сквозь любое вещество, практически не преломляясь.

Положение кажется безвыходным. Но физики решили эту, казалось бы, неразрешимую задачу. Для этого были использованы мельчайшие частицы материи — электроны.

3. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛУЧИ И КАК ИМИ УПРАВЛЯЮТ

Электроны — это электрически заряженные частички очень малых размеров. Они входят в состав атомов, из которых состоят все окружающие нас тела. Таким образом, электроны находятся всюду — в воде и в воздухе, на земле и на звёздах, в любом веществе.

Уже давно человек научился использовать электроны для своих целей. Двигаясь по проводам, электроны дают нам электрический свет, приводят в движение различные

машины. Электроны работают в усилительных лампах радиоприёмников и телевизоров.

С помощью этих же электронов получают многократное увеличение различных тел. Прибор, в котором используются потоки электронов — электронные лучи,— и называется электронным микроскопом.

Электронный микроскоп позволяет увеличивать изображение предметов уже не в 2000—3000 раз, как это делает оптический микроскоп, а в десятки и сотни тысяч раз!

Невооружённым глазом с трудом можно различить две точки, расстояние между которыми равно 0,1 миллиметра. Оптические микроскопы дают возможность различить две точки, расстояние между которыми составляет 0,0002 миллиметра. А с помощью электронного микроскопа можно исследовать предметы, крайние точки которых расположены друг от друга всего на 0,0000001 миллиметра! Так велика «разрешающая сила» электронного микроскопа.

Однако прежде всего возникает вопрос, каким же образом можно получать изображения предметов с помощью электронов? Ведь лучи электронов — это поток мельчайших частичек.

Оказывается, это можно сделать довольно просто. Взгляните на рисунок 9. Слева на нём показано, как образуется теневое изображение небольшой звёздочки при помощи лучей света. Но такое же теневое изображение можно получить и при помощи потока каких-нибудь мелких частичек, например при помощи песчинок, как это изображено справа на нашем рисунке.

Конечно, для того чтобы получить таким путём чёткое теневое изображение звёздочки или какого-нибудь другого предмета, необходимо, чтобы размеры частиц были намного меньше размеров предмета. Только при этом получится правильное изображение предмета.

Но если говорить об электронах, то они и являются как раз очень подходящими частицами в этом отношении. Ведь размеры их очень и очень малы. По размерам электроны в десятки тысяч раз меньше атомов. В сравнении с ними почти все другие тела, даже такие, как мельчайшие ультравирусы или молекулы, являются великанами.