муниципальное АВТОНОМное общеобразовательное учреждение

муниципального образования город Краснодар

лицей № 48 имени Александра Васильевича Суворова

350063, Краснодар, ул. Красноармейская , д. 2, , тел./факс (861) 268-52-44, e-mail: [school48@kubannet.ru](mailto:school48@kubannet.ru)

**Обобщающий урок**

**по теме**

**«Мир поющий, кричащий и говорящий»**

**(9 класс)**

****

**Выполнила:**

Мизенко Елена Николаевна

учитель физики

**г. Краснодар, 2018**

Сценарий урока физики в 9 классе

**по теме "Мир поющий, кричащий и говорящий "**

**Цель урока:** повторить и систематизировать знания по теме «Механические колебания и волны. Звук».

**Образовательная**: расширить и закрепить ключевые знания учащихся о звуке, источниках звука, его характеристиках и свойствах; акцентировать внимание как звук и основанные на нём технологии влияют на повседневную жизнь людей, а также играют центральную роль в будущем глобальном развитии.

**Развивающая:** развивать физическое мышление учащихся, умение самостоятельно формулировать выводы,  расширять познавательный интерес, по­знавательную активность; развивать их умения работы с дополнительной литературой и ИКТ, коммуникативные умения: культуру ведения дискуссии, презентации результатов;

**Воспитательная:**  формировать целостное представление учащихся о мире (природе и о самих себе), о роли и месте физики в системе наук, содействовать нравственному и эстетическому воспитанию.

**Задачи урока**

*образовательные* - продолжить формирование умений применения знаний в новых условиях;

*развивающие* – продолжить развитие способностей правильно формулировать свои мысли в процессе обобщения изученного материала, умение вести учебный диалог, применяя изученные термины и понятия;

*воспитательные –* воспитывать культуру речи, коммуникативные навыки, эстетический вкус;

*здоровьесберегающие* – оптимизировать психоэмоциональный фон, предупредить переутомление, обеспечить двигательную активность.

**Тип урока**: систематизация и обобщение изученного материала

**Вид урока**: виртуальная экскурсия

**Методы обучения:** объяснительно-иллюстративный с использованием мультимедийной презентации и видеофильма, репродуктивный.

**Технологии обучения**: технология деятельностного подхода, компьютерные технологии, элементы личностно-ориентированной технологии.

**Оборудование:** модели маятников,модель двигателя внутреннего сгорания, модель сердца,модель для демонстрации волнового процесса, камертон, музыкальная шкатулка, скрипка, DVD-диск с записью учебного материала, мультимедийная техника, слайды презентации, столы поставлены для групповой работы, раздаточный материал (материал для экскурсии, дневники наблюдений, колесо самооценки.

**План урока**

1. Организационно-мотивационный момент.
2. Подготовка учащихся к активному и созидательному усвоению материала.
3. Обобщение и систематизация материала. Виртуальная экскурсия.
4. Подведение итогов. Рефлексия

**Ход урока:**

**1. Организационно-мотивационный этап**

- Добрый день ребята, меня зовут Елена Николаевна, этот урок физики мы проведём с вами вместе.

- Ребята, вы, когда в последний раз посещали какой либо музей? Сегодня я приглашаю вас в музей физики "Мир поющий, кричащий и говорящий " не только в роли посетителей, но и экскурсоводов. Вы изучили большую тему "Механические колебания и волны. Звук", я предлагаю повторить и обобщить материал, изученный вами по этой теме и на некоторые процессы и явления взглянуть с другой стороны.

Мы живем в мире колебаний! Несмотря на такое разнообразие, все они имеют много общего: колебания разной природы описываются аналогичными величинами, есть общие законы, которые мы используем для характеристики разных колебаний. Специальный раздел физики «Теория колебаний» занимается изучением закономерностей этих явлений. В 9 классе мы изучаем механические колебания. Разобравшись с эти видом колебаний, легче будет понять колебания другой природы, например, электромагнитные колебания.

**2. Подготовка учащихся к активному и созидательному усвоению материала.**

- Работать мы будем в группах, наш музей состоит из 4-х комнат:

1) Удивительное эхо

2) Природные сонары

3) Физика звука

4) Чудеса резонанса

Это, на мой взгляд, одни из интересных узловых моментов данной темы, но мне было бы важно услышать в конце нашей экскурсии и ваши предложения о том какие могли быть ещё комнаты в нашем музее?

И так, за каждой комнатой закреплена определённая группа экскурсоводов. В конвертах на ваших столах находится материал, который вы можете использовать для проведения экскурсии. Ваша задача заключается в том, чтобы ознакомиться с ним и выбрать наиболее интересный для нашей сегодняшней аудитории, вы можете использовать необходимые, на ваш взгляд экспонаты с демонстрационного стола. Ваша экскурсия будет длиться 5 минут, а время на её подготовку 7 минут. Меня вы можете привлекать в роли консультанта в ходе вашей дискуссии. На ваших столах находятся дневники, в которые посетители будут фиксировать самые интересные выводы и наблюдения в ходе нашей экскурсии. Вклад каждого значим в результат вашей экскурсии, насколько она будет интересной и запоминающейся.

- Для реализации поставленных задач, давайте вспомним понятия и определения данной темы, которые помогут понять сегодняшние сообщения, в форме живого микрофона:

(учитель начинает фразы, а учащиеся продолжают)

- Колебание - это.....

- Характеристики колебательного движения .....

- Простейшие колебательные системы.....

- Резонанс - это....

- Волна - это....

- Виды волн.....

- Звук - это....

- Характеристики звука....

- Свойства звука.....

1. **Обобщение и систематизация материала. Виртуальная экскурсия.**

*(Учащиеся приступают к самостоятельной работе в группах, учитель наблюдает за работай, консультирует при необходимости.)*

- Ревёт ли зверь в лесу глухом,

Трубит ли рог, гремит ли гром,

Поёт ли дева за холмом -

На всякий звук

Свой отклик в воздухе пустом

Родишь ты вдруг....

*(А.С. Пушкин)*

- Эти стихотворные строки описывают интересное физическое явление - эхо. Все мы знакомы с ним. Мы слышим эхо, находясь на лесной поляне, в ущелье, плывя по реке мимо высоких берегов, путешествуя в горах. Его физическая природа хорошо известна - она возникает в результате отражения звуковых волн, от каких либо препятствий. Я приглашаю экскурсоводов первой группы поработать, а остальных побывать в роли посетителей.

**Удивительное эхо**

Замечали ли вы, сколь разным может быть эхо? Вот вы стоите на лесной поляне и аукаете; в ответ вы слышите громкое эхо. Вы повернулись в другую сторону - и эхо стало тихим. А вот мы ещё повернулись - и теперь явственно можно различить не одно эхо, а два: одно погромче, другое послабее. На этой же поляне вы можете хорошо слышать эхо прохладным тихим летним вечером и совсем не слышать его в жаркие полуденные часы.

Большое впечатление производит **многократное эхо** - когда какой-нибудь громкий звук порождает не один, а несколько следующих друг за другом звуковых откликов. Такое эхо часто встречается в скалистых местностях, горных районах, в каменных замках. В Олимпии (Греция) в храме Зевса сохранился до наших дней "Портик Эхо". В нём голос повторяется 5-7 раз. В Сибири на реке Лене севернее Киренска есть удивительное место. Рельеф скалистых берегов там таков, что эхо гудков идущих по реке теплоходов может повторяться до 10 и даже 20 раз (при благоприятных погодных условиях). Такое эхо подчас воспринимается как постепенно затухающий звук, а иногда как звук, порхающий с различных направлений. Многократное эхо можно слышать также на Телецком озере в горах Алтая. Это озеро имеет 80 км в длину и всего несколько километров в ширину; его берега высоки и круты, покрыты лесами. Выстрел из ружья или резкий громкий крик порождает здесь до 10 эхо-сигналов, которые звучат в течение 10…15 с. Любопытно, что часто звуковые отклики представляются наблюдателю приходящими откуда – то сверху, как если бы эхо было подхвачено прибрежными возвышенностями.

*(на экране фото живописных берегов Лены и Телецкого озера)*

- Обратите внимание, какая необъятная и живописная у нас страна!

В зависимости от рельефа местности, места и ориентации наблюдателя, погодных условий, времени года и суток эхо изменяет свою громкость, тембр, длительность; меняется число его повторений. Кроме того, может измениться и частота звукового отклика; она может оказаться более высокой или, напротив, более низкой по сравнению с частотой исходного звукового сигнала.

Не так просто отыскать место, где эхо отчетливо слышно и один раз. В России, впрочем, найти подобные места сравнительно легко . Есть много равнин, окруженных лесами, много полян в лесах; стоит громко крикнуть на такой поляне, чтобы от стены леса донеслось более или менее отчетливое эхо.

- Да, мы живём в мире звуков. Везде - в окружающем нас воздухе, в воде, в земле - распространяются различные по частоте, громкости, тембру звуковые волны. Источники звуков также многообразны, но хотели бы обратить внимание на природные источники звуков: шелест листвы, шум прибоя, гром.

*(видео «Звуки природы»)*

Сюда можно добавить и звуки издаваемые живыми существами - птицами, зверями, рыбами. «Нем как рыба» или «когда рак на горе свистнет» – говорят, подразумевая: "молчаливый" в первом случае и «никогда» во втором. Да, вы не ослышались. Рыбы издают множество звуков, например, ставрида может лаять, как собака, морской налим урчит и хрюкает и т. д.

*(фото на экране рак-щелкун, рыб ставриды, морского налима)*

Оказывается, и раки свистят и как раз на горе. Если точно, то не раки, а ракообразные. Как сообщает английский журнал «Биологические размышления и гипотезы», накануне необычных событий (скажем, резких погодных изменений) они стараются влезть на какую-нибудь возвышенность и издают протяжный свистящий звук – писк с частотой ~ 20000Гц. (Это на границе слышимости человеческим ухом; при большей частоте возникает не слышимый для нас ультразвук.) высказано предположение, что благодаря звуку ракообразные существа разрушают образующийся в их организме перед природной аномалией ядовитый белок.

*(видео «Звуки сома»)*

Из всего многообразия механических колебаний для человека наиболее важны именно звуковые, с помощью которых люди общаются друг с другом.

**Природные сонары**

*(звучит отрывок песенки из мультфильма"Мы пришли сегодня в порт")*

А дельфины чёрные,

А дельфины добрые -

На тебя глядят умными глазами.

А дельфины тёплые,

А дельфины мокрые -

Просят, чтобы им сказку рассказали.

- Я приглашаю вторую группу экскурсоводов

Поговорим о двух удивительных животных - о летучей мыши и о дельфине. Это млекопитающие, но волей судьбы, а точнее говоря эволюции, они приобрели способности, которые для млекопитающих являются необычными. Летучие мыши - это летающие звери, а дельфины - плавающие звери. Первые живут в мире птиц, а вторые в мире рыб. Летучих мышей человек откровенно невзлюбил, а вот дельфины всегда нравились людям. Что же общего у них?

*(фото на экране летучей мыши и дельфина)*

Летучие мыши могут уверенно летать в полнейшей темноте, при этом они сохраняют полностью способность охотиться за насекомыми. Великолепная ориентация связана с их способностью воспринимать эхо. Оказалось, что во время полета мышь излучает короткие ультразвуковые сигналы, которые приходят к ней от ближайших препятствий и от пролетающих вблизи насекомых. Такой способ ориентации летучих мышей по ультразвуковому эху назвали эхолокацией. Использование для эхолокации именно ультразвука вполне естественно. Чем меньше длина волны излучения, тем более мелкими могут быть объекты, которые необходимо опознать при помощи эхо-сигналов. Кроме того, с уменьшением длины волны легче реализуется направленность излучения.

Летучие мыши - обладатели весьма совершенных природных радаров, или, иначе говоря, природных сонаров. Устройство сонаров различно у разных видов летучих мышей. Отраженные от объекта ультразвуковые волны летучая мышь воспринимает ушами, имеющими сравнительно большие размеры. Слуховой аппарат у летучих мышей значительно совершеннее, чем у человека. Они способны улавливать крайне слабые звуки, например, звук, отраженный пролетающим комаром. Кроме того, летучая мышь удивительно точно определяет направление на объект, который отразил звуковой сигнал. Ультразвуковые сигналы, посылаемые летучей мышью в полете, имеют характер очень коротких импульсов - своеобразных щелчков. Ежесекундно мышь производит около десяти таких щелчков. Реагировать на тот или иной объект она начинает на расстоянии порядка метра, при этом длительность посылаемых мышью ультразвуковых сигналов уменьшается в 10 раз.

Сонар летучей мыши позволяет ей отличить эхо от неподвижного препятствия и эхо от движущегося объекта. Находясь в движении, она не только различает объекты, но и способна воспринять слабенькое эхо от летящего комара на фоне во много раз более сильного эха от поверхности земли и деревьев.

Сонар дельфина. Как и летучие мыши, дельфины обладают великолепным природным сонаром. Эхолокация у дельфинов, как и у летучих мышей, осуществляется на ультразвуковых частотах. Дельфины используют главным образом частоты от 80 кГц до 100 кГц. Мощность излучаемых дельфинами локационных сигналов может быть очень большой; известно, что они могут обнаруживать косяки рыбы на расстояниях до километра. Дельфин способен воспринимать очень слабые эхосигналы в сильнейшем шуме.

В слуховом аппарате дельфина есть два типа «входных ворот». «Ворота» первого типа - вытянутая нижняя челюсть. Через эти «ворота» к внутреннему уху дельфина поступают ультразвуковые волны, направление которых совпадает с направлением челюсти. Именно по этому направлению осуществляется эхолокация. «Ворота» второго типа - те места по бокам головы дельфина, где когда-то у далеких предков дельфинов, живших на суше, были обыкновенные уши. Ушей как таковых у дельфинов нет; наружные слуховые отверстия почти заросли, однако звуки они пропускают прекрасно. Через эти «входные ворота» к внутреннему уху дельфина поступают со всевозможных сторон звуковые волны относительно низких частот 1к Гц-10 кГц.

Таким образом, можно говорить о двух типах слуха у дельфинов. Первый тип - остронаправленный эхолокационный слух на ультразвуковых частотах. Благодаря своей направленности этот слух предназначен для восприятия лишь ультразвуковых сигналов, отраженных от объектов, «просматриваемых» дельфином.

Второй тип слуха - слух кругового обзора; он предназначен для восприятия дельфином «обычных звуков», заполняющих окружающее пространство.

*(видео «Звуки дельфинов»)*

**Физика звука**

- Послушай: музыка вокруг, она во всем – в самой природе,

И для бесчисленных мелодий она сама рождает звук.

Как ветер шелестит листвой, как, заскрипев, качнулись ели…

А это арфы нам напели, рояль, и скрипка, и гобой.

- Мне до сих пор непонятно, как люди читают ноты и превращают их в музыку, используя 10 пальцев на обеих руках. И всё же я обожаю музыку, и стараюсь понимать её через физику. По сути, я обожаю физику музыки, которая конечно же, начинается с физики звука. Я приглашаю выступить третью группу экскурсоводов.

Вы наверное знаете, что звук появляется в результате одного или нескольких очень быстрых колебаний объекта, например, камертона. Возвратно-поступательное движение которого сначала сжимает воздух, находящийся к нему ближе всего, затем, перемещаясь в другую сторону, разряжает его. Такое поочередное отталкивание и притягивание создает в воздухе волну давления, которую мы называем звуковой.

*(демонстрация модели волнового процесса)*

Она очень быстро достигает наших ушей со скоростью около 340 м/с. Когда эта волна ударяется в наши уши, она бьется в барабанные перепонки с точно такой же скоростью колебаний, с какой камертон давит на воздух. Далее, посредством сложного процесса, барабанная перепонка вибрирует косточками среднего уха, носящими, названия молоточек, наковальня и стремя, а они, в свою очередь производят волны в жидкости, во внутреннем ухе. Затем эти волны преобразуются в электрические нервные импульсы, посылаемые в мозг, и наш мозг интерпретирует полученные сигналы как звук. Довольно непростой процесс!

*(на экране модель уха человека)*

Человеческое ухо способно воспринимать огромный диапазон частот, около 20 Гц до 20000 Гц.

Знаете ли вы, что как бы энергично вы не стучали по клавишам пианино на поверхности Луны, вы бы не услышали никаких звуков. Правда ли это? Да, на Луне нет атмосферы, так что, к сожалению, даже самые зрелищные взрывы звезд или мощные столкновения галактик происходят в полной тишине.

*(фото космос)*

Можно так же предположить, что даже Большой взрыв, первичный взрыв, который привел почти 14 млрд лет назад к созданию нашей Вселенной, случился в полной тишине. Но погодите минутку! Космос, как и львиная доля жизни, как таковой, значительно запутаннее и сложнее, чем думали всего лишь несколько десятилетий назад. А именно межзвездное и межгалактическое пространство, в миллионы раз ближе к вакууму, чем самый идеальный вакуум. Большинство астрофизиков считают, что более 99,9% всей наблюдаемой материи во Вселенной - это плазма. А везде где есть материя можно получить волны давления - звук. И они будут распространятся в пространстве. Наши уши слышат довольно широкий диапазон частот, но, к сожалению, природа не оснастила нас механизмами, позволяющими слышать музыку небесных сфер. Вернемся к Большому взрыву. Если этот первичный взрыв, который привел к рождению нашей Вселенной, создал волны давления в самой первой материи - которая затем расширилась и впоследствии охладилась, создавая галактики, звезды и со временем планеты, - то мы должны слышать остатки этих звуковых волн. Физики рассчитали, насколько далеко друг от друга должны были находится ряби ранней плазмы и какое расстояние должно разделять их сейчас, после того как наша Вселенная расширяется уже более 13 млрд лет. Получилось расстояние примерно 500 млн св.лет. В данное время проводятся два широкомасштабных исследования изображений и спектров звезд и галактик. Оба проекта искали ряби в изображении галактик и независимо друг от друга, обнаружили... угадайте что? Что в настоящее время галактики находятся на расстоянии примерно 500 млн св.лет друг от друга. Так что Большой взрыв произвел такой звук, длина которого около 500 млн св. лет, а частота Гц выше звука, воспринимаемого человеческим ухом. Астроном Марк Уиттл немного поиграл с тем, что называется акустикой Большого взрыва, благодаря чему мы можем услышать "музыку " Большого взрыва.

*(видео «Музыка Большого взрыва»)*

**Чудеса резонанса**

Явление под названием "резонанс" делает возможным огромное количество вещей, которые в противном случае либо не могли существовать вовсе, либо были бы намного менее интересными. Это касается не только музыки, но и радио, часов, батутов, детских качелей, компьютеров, гудков поезда, церковных колоколов и МРТ.

Я приглашаю следующую группу экскурсоводов.

Мы знаем, что амплитуда установившихся вынужденных механических колебаний достигает наибольшего значения в том случае, если частота вынуждающей силы совпадает с собственной частотой колебательной системы. Это явление называется резонансом. Когда на колебательную систему действует периодически меняющаяся сила давления воздуха при распространении звуковой волны, этой исключительно малой силы достаточно, чтобы раскачать оконное стекло, стенки бокала, пластмассовую ручку колка гитары, струну гитары и т. д. при совпадении частот. Все материалы имеют свои резонансные частоты, и если у вас есть возможность добавить энергию в систему или объект, он может начать вибрировать на этих частотах и вам потребуется затратить совсем немного энергии, чтобы получить весьма существенный результат.

Чтобы мы могли услышать один-единственный долгий, красивый, пронзительный звук скрипки, должно произойти не мало физических процессов. Звук струны скрипки или гитары - любой струны- зависит от трех факторов: **длины, сил натяжения и веса.** Вот почему музыкантам, играющим на струнных инструментах, время от времени приходится настраивать их, регулируя натяжение струн, чтобы они издавали звуки нужной частоты, или ноты. Вот тут и начинается магия. Когда скрипач проводит смычком по струне, он передает ей энергию, и струна каким-то образом выбирает свои собственные резонансные частоты (из всех возможных колебаний), и - что ещё более удивительно, хоть мы и не можем этого видеть, вибрирует одновременно на нескольких резонансных частотах. Совсем не похоже на камертон, который способен вибрировать только на одной частоте.

Создатели первых музыкальных инструментов были несомненными гениями в деле разработки их ещё одной чрезвычайно важной характеристики, позволяющей нам сегодня наслаждаться прекрасными звуками музыки. Чтобы мы могли слышать музыку, звуковые волны должны не только находится в пределах диапазона частот, воспринимаемых человеческим ухом, но и быть достаточно громкими. Принцип деки, жизненно важный для всех струнных инструментов, от гитары и контрабаса до скрипки и фортепиано. Эти инструменты, как правило, сделаны из дерева и принимают колебания струн и передают эти частоты в воздух, многократно усиливая их звук. Деки лучше всего видны в гитарах и скрипках. В рояле дека плоская, горизонтальная и находится под струнами, которые монтируются на ней; она стоит за струнами вертикально. В арфе дека представляет собой основание, к которому крепятся струны.

*(видео «Как развлекаются виртуозы»)*

Но некоторые деки – истинные произведения искусства. Всем известно, что изготовление высококачественных музыкальных инструментов окружено строжайшей секретностью, и в Steinway & Sons вам вряд ли расскажут, как они создают деки для своих всемирно известных роялей! Вы, вероятно, слышали о знаменитой семье Страдивари, изготавливавшей в XVII и XVIII веках самые лучшие в мире скрипки, мечту любого скрипача. Сегодня специалистам известно о существовании всего 540 скрипок Страдивари; один такой инструмент был продан в 2006 году за 3,5 миллиона долларов. В надежде разгадать «секреты Страдивари», чтобы в результате изготавливать дешевые скрипки с таким же волшебным звучанием, физики всесторонне исследовали старинные инструменты.

*(фото Страдивари)*

- Позвольте и мне пригласить вас на свою экскурсию в наш музей. Сейчас каждый может услышать свой голос, записав его и прослушав затем. Для того чтобы вы имели эту возможность человечеству пришлось пройти долгий путь. Этот путь привёл к открытию Эдисоном фонографа 140 лет назад (устройства для записи и воспроизведения звука). Вообще-то, как записать звуковую дорожку, знали древние греки – проткнуть тоненькую фольгу золотую тонкой иголочкой. Если ее поднести ко рту – громко говорить, то на закопченном стекле иголочка что-то процарапает. Но это нельзя было зафиксировать и произнести. Как и все великие открытия, изобретение фонографа произошло случайно. Работая над улучшением телефона, Эдисон запел над мембраной, к которой была припаяна игла. Из-за дрожания пластинки, игла уколола изобретателю палец, сыграв таким образом роль Ньютонова яблока – подав идею. Это было в 1877 году. Через год прибор продемонстрировали на родине Эдисона в Америке, а еще через год фонограф оказался в России. Одним из первых его опробовал Лев Толстой.

*( запись голоса писателя)*

Писатель часто пользовался фонографом – записывал на валики, как на диктофон, ответы на письма. Но это не единственный способ использования прибора. Эдисон – не только изобретатель, но и хороший предприниматель, предлагал десять вариантов применения новой супер-машины.

- Когда я беру в руки граммофонную пластинку начала прошлого века, меня охватывает мистическое чувство. Что-то внутри меня замирает перед осознанием того факта, что эта хрупкая на вид вещица уже давно пережила и тех, кто на ней записан, и тех, кто ее изготовлял и тех, кто ее когда-то слушал. Она представляется мне как бы машиной времени, посредством которой можно перенестись на 100 лет назад...закройте глаза и вы окажитесь на концерте былой знаменитости... А сколько можно открыть для себя доселе неизвестных исполнителей! Грампластинка - это непосредственное соприкосновение с той эпохой...

- Услышав голоса учёных, мы как будто пообщались непосредственно с этими великими людьми.

*( записи голосов великих учёных )*

1. **Подведение итогов. Рефлексия**

- Заканчивается наша экскурсия. Мы побывали на живописных берегах реки Лены и Телецкого озера, заглянули в водный мир, посетили концерт виртуозов, услышали «музыку» Большого взрыва. Надеюсь, что  знания, полученные сегодня, помогут вам по-другому взглянуть на окружающий нас мир звуков и природу в целом. Мне было бы интересным услышать от вас ответы на такие вопросы:

- Что вы узнали нового на уроке?

- Что для вас было полезной информацией?

- Что для вас было полезным навыком?

- Какие ещё названия комнат музея вы бы предложили?

- А теперь давайте оценим работу в группах с помощью колеса самооценки, есть 6 критериев, по которым вы должны себя оценить.Возьмите колесо самооценки и оцените деятельность группы на данном занятии по 10-ти бальной шкале.

Предлагаю вам поблагодарить себя за работу на уроке, совершить одно вынужденное колебание – похлопать в ладоши.

И один совет: **хочешь сделать доброе дело – отбрось колебания.** *(Персидская пословица)*

**Литература**

1. Тарасов Л.В. Физика в природе: Кн. для учащихся.- М.: Просвещение, 1988.- 351 с.: ил.

2. Левин, Уолтер Глазами физика. От края радуги к границе времени / Уолтер Левин, Уоррен Гольдштейн; пер. с англ. О. Медведь. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017.- 352 с.