

A

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Российская академия наук
Российская академия образования
Издательство «Просвещение»

Академический школьный учебник



—  —
ПРОСВЕЩЕНИЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО



науки
часть 11

Российская академия наук
Российская академия образования
Издательство «Просвещение»

Академический школьный учебник

Естествознание

11

класс

Учебник
для общеобразовательных
учреждений

Глобуспринт



Базовый уровень

В двух частях

Часть 1

И.Ю. Алексашина,
А.В. Ляпцев, М.А. Шаталов

Под редакцией
проф. И.Ю. Алексашиной

Рекомендовано
Министерством образования и науки
Российской Федерации

Москва «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 2008

УДК 373.167.1:57
ББК 20я72
Е86

Учебник получил положительное заключение Российской академии наук (№ 10106—5215/15 от 31.10.2007) и Российской академии образования (№ 01—480/5/7д от 24.10.2007) в 2007 году

Серия «Академический школьный учебник» основана в 2005 году
Проект «Российская академия наук, Российская академия образования, издательство «Просвещение» — российской школе»

Руководители проекта: вице-президент РАН акад. **В. В. Козлов**,
президент РАО акад. **Н. Д. Никандров**,
генеральный директор издательства «Просвещение» чл.-корр. РАО **А. М. Кондаков**

Научные редакторы серии: акад.-секретарь РАО, д-р пед. наук **А. А. Кузнецов**,
акад. РАО, д-р пед. наук **М. В. Рыжаков**, д-р экон. наук **С. В. Сидоренко**

Серия «Лабиринт» основана в 2004 году
Авторы: д-р пед. наук **И. Ю. Алексашина**,
д-р физ.-хим. наук **А. В. Ляпцев**, **М. А. Шаталов**

В создании книги принимала участие **И. А. Шерстобитова**

Естествознание : 11 кл. : учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый уровень : в 2 ч., ч. 1 / И. Ю. Алексашина, А. В. Ляпцев, М. А. Шаталов ; под ред. И. Ю. Алексашиной ; Рос. акад. наук, Рос. акад. образования, изд-во «Просвещение». — М. : Просвещение, 2008. — 175 с. : ил. — (Академический школьный учебник)(Лабиринт). — ISBN 978-5-09-016507-5.

УДК 373.167.1:57
ББК 20я72

ISBN 978-5-09-016507-5(1)
ISBN 978-5-09-016508-2(общ.)

© Издательство «Просвещение», 2008
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2008
Все права защищены

Дорогие старшеклассники!

В этом году вы продолжите изучение естествознания. Напомним вам, как работать с учебником.

Первая страница каждой главы специально оформлена. Здесь изображено то или иное художественное произведение и помещены вопросы, направленные на осмысление этого произведения, а также содержание главы.

Основное содержание главы отражает логику естественно-научного познания, а изображение вместе с вопросами к нему демонстрирует иной способ познания мира — художественное познание. Отнеситесь внимательно к этому диалогу культур. Может быть, наш учебник поможет определиться, какой из способов познания вам ближе.

Рядом с названием параграфа обозначен тип урока: урок-лекция, урок-семинар, урок-практикум, урок-конференция.

Урок-лекция содержит теоретический материал. Обратите внимание на структуру такого параграфа. Вы обнаружите несколько обязательных элементов текста (они есть и во всех остальных типах уроков). Это **эпиграф**, содержание которого позволяет лучше понять смысл учебной информации.



Проблемные вопросы, предложенные вам, определяют логику изложения материала параграфа.

Ключевые слова Эти слова специально выделены в отдельную рубрику. При первом появлении в тексте они будут выделены **жирным шрифтом**.

Из старого портфеля Эта рубрика ориентирует на те знания, которые вы уже получили в учебных курсах основной школы и которые важны для понимания новой информации.

В эту рубрику выделены все выводы в тексте.

В новый портфель



Заканчивается параграф **вопросами и заданиями для самостоятельной работы**: ▷ — вопросы на воспроизведение изученного материала; ► — вопросы на размышление; ► — творческие задания.

К **уроку-семинару** необходимо готовиться самостоятельно, используя указанную литературу.

Урок-практикум оформлен как серия заданий, которые выполняются в ходе уро-

ка с помощью рубрики **ПОДСКАЗКА**.

В ходе **урока-конференции** слушают и обсуждают сообщения по определенной теме. Для подготовки каждого сообщения в тексте учебника предлагается необходимая литература, а иногда и задание, выполнение которого позволит глубже раскрыть обсуждаемый вопрос.

Рубрика «**Образ жизни**» указывает, какие сведения параграфа можно использовать в повседневной жизни.

Рубрики «**Мысль и образ**» и «**Образ и мысль**» — это диалог естественно-научного и художественного способов познания мира.

Маршруты самообразования — советы по организации самостоятельной образовательной деятельности на уроках разных типов.

Предметный указатель поможет оперативно ориентироваться в учебнике при поиске нужной информации.

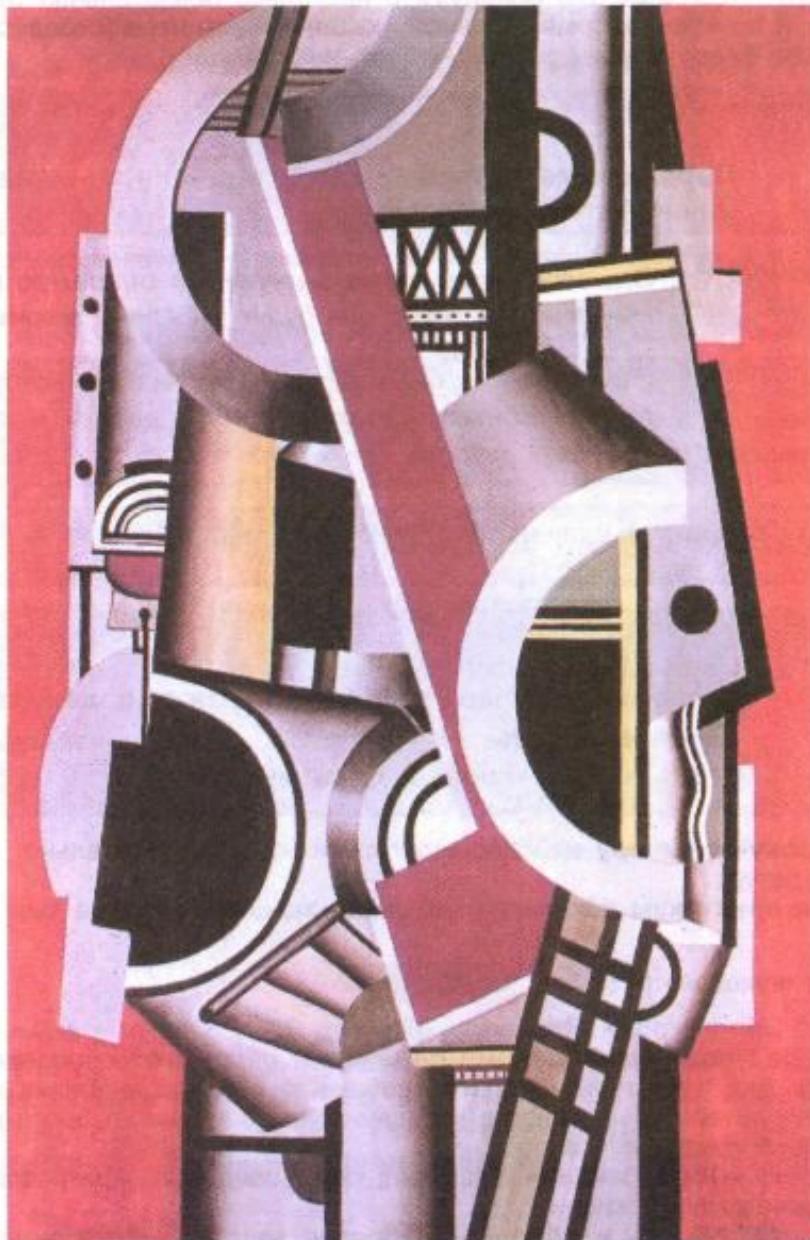
Авторы

1

РАЗВИТИЕ ТЕХНОГЕННОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Глава

ОБРАЗ И МЫСЛЬ



Фернан Леже (1881—1955)

Механические элементы (1924). Национальный музей современного искусства, Центр Помпиду, Париж

- Рассмотрите иллюстрацию и попытайтесь обоснованно выразить свое впечатление (обратите внимание на форму и размер объектов, их цвет, расположение и др.).
- Как вы думаете, какие обстоятельства могли побудить деятелей культуры начала XX в. предъявлять публике изображения машин, механизмов, предметов промышленного производства в качестве эстетических объектов? Напомним, что их экспонирование нередко вызывало общественный скандал (именно так случилось с Эйфельвой башней в Париже).
- Считаете ли вы приемлемым предъявление подобных предметов в качестве произведений искусства? Аргументируйте свой ответ.

ПРЕАМБУЛА:

Наша цивилизация немыслима без использования техники. Люди по-разному относятся к ней. Кто-то «купается в технике», с удовольствием изучая новые приборы и устройства. Кто-то ее боится и даже ненавидит, обвиняя во всех недостатках, присущих цивилизации. Но большинство из нас, подумав, отказались бы очутиться в мире без техники.

Вы, конечно, знаете, что техника и естественные науки тесно связаны между собой, а современные технические достижения основаны на науке. Но всегда ли так было? Ведь многие технические объекты (каменный топор, копье и др.) появились во времена, когда науки как отдельного компонента культуры с присущими ей особенностями еще не существовало.

Как взаимосвязаны человек и техника, техника и цивилизация, техника и естественные науки? Каковы исторические вехи развития науки и техники? Найти ответы на эти и другие вопросы вам поможет эта глава.

1

ТЕХНИКА КАК РЕАЛЬНОСТЬ, СОЗДАННАЯ ЧЕЛОВЕКОМ

Урок-лекция

Надежда на то, что расширение власти над природой непременно имеет прогрессивный характер, обнаруживает свои пределы.

В. Гейзенберг



Существует ли взаимосвязь между созданной человеком искусственной средой и техникой? Каковы особенности техники как вида деятельности человека? Какие факторы определяют развитие техники?

Ключевые слова

Естественная и искусственная реальность • Техника • Факторы развития техники

Из старого портфеля

Географические оболочки (География, 6—9 кл.). Признаки живых организмов (Биология, 6—9 кл.). Простые механизмы и физические приборы (Физика, 6—9 кл.).

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИКИ. Первоначальное значение термина **техника** связано с греческим словом *techne*, обозначавшим и мастерство, и искусство, и умение, и изощренность. Это многообразие смысловых оттенков вызвано тем, что греки не разделяли науку и искусство. Такой комплексный подход применим и к определению современных понятий, связанных с техникой. Любое техническое устройство — результат деятельности человека, как и наука, и искусство. Техника, наука и искусство, взаимодействуя друг с другом, являются важными компонентами культуры.

В чем состоят особенности технической деятельности человека (деятельности по созданию техники)? Техническая деятельность всегда **целенаправлена**: она нацелена на изобретение приспособлений, инструментов и т. д. Так, с помощью технических средств люди с древнейших времен добивались больших успехов в охоте, рыбной ловле, обработке природных материалов, строительстве и украшении жилища, изготовлении одежды, предметов быта. Тем самым человек реализовывал и свои эстетические потребности.

Следовательно, техническая деятельность человека носит не только целенаправленный, но и **осознанный, творческий** характер. Это объясняет то влияние, которое она оказала на становление самого человека, способствуя развитию его интеллекта. Благодаря этому человек смог направить свою деятельность на изменение естественной природной среды, ее преобразование.

Антиутопия Е. И. Замятин «Мы» иллюстрирует модель искусственной реальности, а роман Д. Дефо «Робинзон Крузо» — модель естественной реальности. Сопоставив модели, ответьте на вопрос: почему человек не может существовать только в естественной или только в искусственной среде?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

- исходят из уровня развития общества и существующих в нем проблем, требующих безотлагательного решения на основе современных достижений науки и техники;
- устремляются в будущее, открывая новые горизонты научно-технического прогресса человеческого рода.

В формировании столь сложной программы деятельности важную роль играют присущие человеку мышление и членораздельная речь.

Некоторые виды муравьев в тропической Америке выкапывают большие подземные камеры, куда приносят листья, сорванные с ближайших деревьев. Они заражают эти листья спорами гриба, который разрастается и служит пищей муравьям.

Мышление позволяет проникнуть в тайны природы, познать основы мироздания и в конечном итоге подчинить силы природы нуждам и потребностям людей. Речь обеспечивает передачу накопленного опыта в бесконечной (так ли это?) череде поколений.

В последние годы на человеческую деятельность все больше влияют размышления людей о своем предназначении в этом мире. Еще не

давно, считая себя властелином планеты, человек вмешивался в гармонию природных процессов, не задумываясь о целесообразности и возможных последствиях своих поступков. Сегодня, поняв угрозу своему существованию, люди вынуждены заботиться о снижении антропогенной нагрузки на биосферу. В решении этой проблемы особо значимо осознание человеком ответственности за функционирование созданной им техники. Ведь не секрет, что современные технические системы могут действовать и без непосредственного участия человека (самонаводящиеся баллистические ракеты, роботы и т. д.). Все это — свидетельства того, что техника все больше становится особым компонентом искусственной среды, эволюционирующем в соответствии с существующей ей внутренней (скрытой от человека) логикой развития.

В узком смысле техника — это инструментальные средства, используемые человеком в преобразовании природы; артефакты, т. е. предметы, созданные человеком в процессе специфической деятельности.

В широком смысле техника — это компонент культуры, продукт человеческой цивилизации, техническое знание, влияющее на развитие общества.

В новый
портфель



- ▶ Как вы оцениваете роль техники в изменении естественной природной среды обитания человека?
- ▶ Термин «техника» употребляют в различном смысле. Проанализируйте использование этого термина в следующих выражениях: «рыболовная техника» и «техника рыбной ловли»; «агротехника» и «сельскохозяйственная техника»; «техника вязания кружев» и «техника игры на фортепиано». Приведите свои примеры разного использования и толкования этого термина.

2

ТЕХНИКА И ТЕХНОГЕННАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ

Урок-лекция

...Техники много, а духа нет...

Б. Пастернак



В чём состоит сущность техники как компонента культуры? Какие науки изучают технику? Что такое техногенная цивилизация?

Ключевые слова

Культура • Наука • Техника • Техногенная цивилизация

Из старого портфеля

Устройство и принципы работы технических объектов (Физика, 7—9 кл.). Материальная и духовная культура как результат жизнедеятельности человека, влияние человека на географические оболочки (География, 6—9 кл.).

Картина Ф. Лехта наполнена техническими образами и выражает одну из негативных сторон современной цивилизации. О каких проблемах во взаимоотношениях техники с человеком, природой и обществом можно говорить на основе анализа этого произведения?

Фридрих Лехт. Березниковский химкомбинат



МЫСЛЬ И ОБРАЗ

ТЕХНИКА КАК КОМПОНЕНТ КУЛЬТУРЫ. Техника как результат созидающей деятельности человека является важнейшим компонентом культуры.

В самом широком смысле культура есть оппозиция природе. В этом случае природа и культура соотносятся как естественное и искусственное. Как часть культуры техника несет в себе присущие ей смыслы.

Смысл техники как общечеловеческой ценности выражается в ее понимании как объекта, знания и процесса. Как объект технику представляют материальные предметы — приборы, инструменты, машины и т. д., которыми располагает современный человек. Как знание — технические знания, накопленные человечеством за свою многовековую историю. Как процесс — изобретение, проектирование и изготовление материальных предметов, ведущие к увеличению окружающего нас мира вещей, созданию искусственной среды обитания.

Термин «культура» имеет латинское происхождение. Ранее им обозначали возделывание почвы, ее культивирование. Уже это подчеркивает одну из важнейших особенностей культуры — ее единство с человеком и его преобразующей деятельностью. Культура — явление, присущее исключительно миру человека.

Суть техники как меры совершенства способов деятельности связана со степенью искусности, мастерства. В этом плане техника — это технология (способ) осуществления деятельности (чтения, приготовления пищи, шитья, управления государством и т. д.), доведенная до технологического совершенства.

Смыслы техники как компонента культуры позволяют так определить этот феномен: 1) *техника* — есть средство преобразования окружающей природной среды; 2) *техника* — это посредник между человеком и природой, задающий тип отношений между ними; 3) *техника* — средство изменения самого человека, создающее проблему человека в мире техники.

В новый портфель

Смысл техники как средства развития личности также многогранен. Он выражается в тех возможностях, которые техника дает человеку для развития и реализации своих задатков, способностей, интересов.

ТЕХНИКА В СИСТЕМЕ НАУК. Множество смыслов, а значит, и аспектов изучения техники порождает интерес к ней со стороны разных наук. Эти науки, как и сама техника, являются важным элементом культуры. Какие аспекты изучения техники можно выделить? Какие науки занимаются их исследованием?

Одним из важнейших аспектов техники, соответствующим ее внутренней природе, является *инструментально-технологический* аспект. Его изучением занимаются технические науки, которые интересует устройство и принципы работы технических объектов.

Однако техника не возникает и не существует (*пока?*) сама по себе. Будучи творением человека, она включается во взаимоотношения, существующие в системе Человек — Природа — Общество. Поэтому различают *естественный, индивидуально-человеческий и социальный* аспекты техники.

Естественный (природный) аспект техники изучает естествознание и его отдельные отрасли (инженерная экология и др.). Эти науки изучают проблемы взаимоотношений техники и природы.

Проблемы взаимоотношений техники и отдельного человека, в которых проявляется индивидуально-человеческий аспект техники, изучают антропология, физиология, психология, эстетика, эргономика и другие науки. И наконец, взаимоотношения техники с обществом и всем мировой цивилизацией, выражающие ее социальный аспект, исследуют социология, политология, культурология и другие науки.

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Нередко технику считают виновницей несчастий, произошедших в процессе ее эксплуатации. Однако часто в таких ситуациях виноват сам человек. Для того чтобы обезопасить себя и окружающих людей, важно соблюдать следующие **правила:** обращаться с техникой необходимо в соответствии с рекомендациями, приведенными в руководстве по ее эксплуатации; никогда нельзя использовать технику не по назначению; лучше воздержаться от применения неисправной или выработавшей свой ресурс техники.

Особо следует отметить существование проблемы отношений техники с остальным искусственным миром, созданным человеком. В них проявляется *культурологический* аспект техники, изучаемый культурологией. Культурологическому осмыслению подвержены проблемы соотношения техники и существующих культурных ценностей; оценки техники в контексте человеческих измерений; роли техники в жизни человека, ее влиянии на культуру и др.

В поле зрения наук находятся инструментально-технологические, естественные, индивидуально-человеческие, социальные и культурологические характеристики техники.

**В новый
портфель**

ТЕХНОГЕННАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ. Говоря о технике, мы затронули не менее интересное понятие — «цивилизация».

Часто цивилизацию отождествляют с культурой или рассматривают их как стадии становления друг друга. Нередко понятие «цивилизация» применяют для отражения определенного уровня технического развития общества.

И все же понятие «цивилизация» шире, чем понятие «культура» и тем более чем понятие «техника». Цивилизация включает всю окультуренную природу и средства (орудия) ее преобразования. Она вбирает в себя и самого человека, способного жить в созданной им же культурной среде, а также весь спектр существующих между людьми взаимоотношений.

Вместе с тем цивилизация несет в себе и все минусы общественного устройства. Для современной цивилизации одним из таких минусов является ее непрерывно усиливающийся *техногенный характер*.

Для техногенной цивилизации характерен выход на первый план не человека, а техники, ее господство в общей системе ценностей человечества. Такое доминирование техники порождает технократизм мышления с его ориентацией на инструментально-технологические характеристики техники и игнорирование иных ее измерений. Вследствие этого техника превращается не в средство улучшения жизни человека, а в цель его жизни.

Учитывая происхождение слова «цивилизация» (от лат. *civilis* — гражданский), его нередко применяют лишь к городским сообществам с развитой письменностью. Основными признаками цивилизации считают: *общественное разделение труда*; *возникновение* производства и товарно-денежных отношений; *создание* письменности; *появление* государства; *развитие* форм духовных отношений.

Современного человека отличает совершенствование существующей и создание новой техники, наступающей на природу.

**В новый
портфель**



- Какие смыслы обобщает понятие «техника»?
- Раскройте взаимосвязь понятий «техника», «культура», «цивилизация».
- Докажите, что современная цивилизация является техногенной.

3

ТЕХНИКА И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ ПОТРЕБНОСТИ: НАСУЩНОЕ И ИЗБЫТОЧНОЕ

Урок-семинар

Автомобиль не роскошь, а средство передвижения.

И. Ильф, Е. Петров



Какую пользу техника приносит человечеству? Не является ли техника в современном мире избыточной роскошью?

ЦЕЛЬ СЕМИНАРА

Понять место и роль техники в жизни современного человека.

ПЛАН СЕМИНАРА

1. Техника — помощник человека в труде.
2. Техника на страже здоровья человека.
3. Техника и бытовой комфорт.
4. Техника — надежный защитник.
5. Техника и человеческие пороки.

Необходимые источники информации

1. Енохович А. С. Справочник по физике и технике (таблицы): учебное пособие для учащихся / А. С. Енохович. — М.: Просвещение, 1983.
2. Рачлис Х. Физика в ванне / Х. Рачлис. — М., 1986.
3. Угринович Н. Д. Информатика и информационные технологии / Н. Д. Угринович. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.
4. Энциклопедический словарь юного техника: для среднего и старшего школьного возраста / сост. Б. В. Зубков, С. В. Чумаков. — М.: Педагогика, 1980.
5. Энциклопедический словарь юного физика. — М.: Педагогика-Пресс, 1995.

Соль всегда пользовалась особым почетом на Руси. Однако труд по ее добывке и транспортировке был не из легких. Как современная техника изменила бы труд людей?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

С момента появления техники идут споры между ее сторонниками и противниками. Одни утверждают, что без техники не обходится: она помогает человеку в решении насущных проблем, улучшает и облегчает его жизнь. Другие говорят, что техника — это оправданное излишество, ведущее человека к «технической пресыщенности».

ТЕМА ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ 1

Вы знаете, что способность к труду стала одним из решающих факторов эволюции человека. Возможно ли труд современного человека без техники? В

ких случаях имело бы смысл отказаться от использования техники? Обсуждая ответы на поставленные вопросы, не забудьте, что учебная деятельность — это тоже труд.

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 2**

Здоровье — важнейшая общечеловеческая ценность. Опишите роль техники в решении медицинских и иных проблем охраны и укрепления здоровья человека. Правомочно ли мнение о том, что техника нарушает природный закон выживания сильнейших?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 3**

Значительную часть времени человек проводит у себя дома. Дом — место отдыха, досуга, общения с близкими людьми и друзьями, а для кого-то это место ведения индивидуального хозяйства. Нужна ли техника человеку в построении своего домашнего очага? В каких бытовых ситуациях техника — плохой помощник человеку?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 4**

Дома, на работе и улице, в мире в целом каждый человек хочет чувствовать себя в безопасности. В обеспечении этой безопасности задействованы значительные человеческие ресурсы: работники спецслужб, военнослужащие и т. д. Могут ли они гарантировать нам надежную защиту без техники? От использования какой техники человечеству стоило бы отказаться навсегда?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 5**

Одним из пороков человечества можно считать пристрастие к азартным играм. Что еще вы отнесли бы к порокам, присущим человеку? Способна ли техника провоцировать их проявление и к каким последствиям это может привести?

**ПОДВЕДЕНИЕ
ИТОГОВ**

В современном мире все чаще раздаются призывы отказаться от излишеств техногенной цивилизации, остановить дальнейший технический прогресс или хотя бы ограничиться использованием наиболее простых технических устройств, приводимых в действие силой рук человеческих. Несмотря на всю привлекательность подобных идей, ведущих человека назад к природе, они, скорее всего, мало осуществимы.

4 ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ

Урок-лекция

Высоких гениев творенья
Не для одной живут поры...

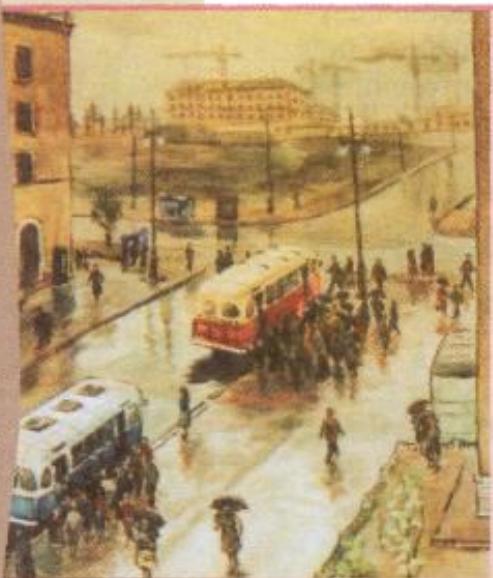
Демьян Бедный



Как зародилась техника? Как развивалась техника в ремесленный период? Когда и как появилась машинная техника? Каковы особенности развития техники на современном этапе технического прогресса?

Ключевые слова Эволюция техники • Технологическая революция

Из старого портфеля Эволюция человека и его адаптация к природной и социальной среде (Биология, 9 кл.). Паровая турбина (Физика, 8 кл.).



П. Никулин.
Дождливое воскресенье

В центре картины изображены автобусы, ставшие во второй половине XX в. основным видом пассажирского транспорта в России. Чем запечатленная художником модель отличается от современной автобусной техники? Каким вы представляете себе автобус будущего?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

ЗАРОЖДЕНИЕ ТЕХНИКИ. Если эволюцию техники представить как длительный путь исторического развития, складывающийся из отдельных этапов, тогда первым из таких этапов можно считать *зарождение техники*.

Процесс зарождения техники носил случайный характер: первые орудия не изобретались преднамеренно, а находились случайно. Это значит, что человек не изготавливал орудия, а использовал попавшие под руку предметы: палки, кости и т. п. Так, сжатый в кисти камень служил продолжением руки, значительно усиливая ее мощь.

Постепенно применение случайно найденных предметов стало привычным,очно укоренившимся занятием. Только тогда древнейшие люди смогли перейти к их изготовлению (по аналогии или путем подражания).

Научившись изготавливать орудия, человек стал их изобретать, хотя изобретения его также носили случайный характер. Пробуя и ошибаясь, древнейший человек находил нужное решение возникшей перед ним технической проблемы. Скорее всего, решение само «открывалось» ему.

На этапе зарождения техники ее развитие носило случайный характер, хотя человек и прошел путь от использования подручных средств до стихийного изобретения орудий труда.

В новый
портфель



Рис. 3. Косторезное ремесло

ТЕХНИКА РЕМЕСЛЕННАЯ. На этапе становления ремесленной техники искусственные устройства становятся более многочисленными и разнообразными, а технология их изготовления — достаточно сложной. Уже не каждый человек, как раньше, мог самостоятельно изготовить необходимые для выполнения работы орудия.

Таким образом, технический прогресс шел по пути дифференциации техники. Это способствовало обособлению технической деятельности в отдельный род занятий и появлению специально занимающихся им людей — *ремесленников*. Ремесленники сочетали в себе создателя технического проекта (изобретателя) и рабочего, материализующего его проект (рис. 3).

От древних цивилизаций и до эпохи Нового времени эволюция техники была сопряжена с развитием ремесел. Ремесленники, пусть и неосознанно, выступали главной движущей силой технического прогресса.

В новый портфель

Характерные черты этапа зарождения техники:

- 1) изготавливать и применять орудия труда могут почти все взрослые члены общины;
- 2) человек не осознает себя творцом техники (воспринимает ее как часть природы, а потому отношения человека с природой отличаются гармоничностью);
- 3) крайне низкие темпы эволюции техники в силу ведущей роли случая в ее развитии.

Отличительные черты этапа ремесленной техники:

- 1) человек продолжает быть «движущей силой» всего технического процесса (орудие труда в руках ремесленника продолжает быть дополнением человека);
- 2) ремесло основывается на знаниях и навыках, передаваемых из поколения в поколение;
- 3) по-прежнему низкий, хотя и несколько ускорившийся темп развития техники.

МАШИННАЯ ТЕХНИКА. На переходе от эпохи Возрождения к эпохе Нового времени ремесленная техника уступила дорогу технике машинной.

Появление машинной техники связано с развитием инженерной деятельности как нового витка в развитии деятельности технической.

Характерные черты этапа машинной техники:

- 1) опора на достижения науки, на теоретическое и прикладное естествознание;
- 2) замена мускульной силы человека силами природы («двигателем» технического процесса стала сила природы, преобразованная в машину);
- 3) постепенное отделение деятельности технической, выполняемой инженерами, от деятельности по изготовлению и эксплуатации техники, осуществляющей рабочими.

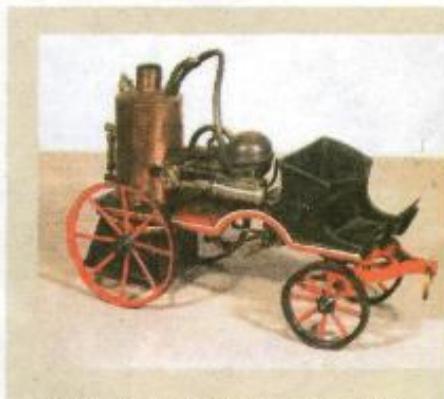


Рис. 4. Паровая машина

При этом инженерная деятельность (в отличие от ремесленной) уже базируется не на традициях, а на науке, прежде всего естествознании.

Это значит, что машинная техника исторически не могла появиться раньше, чем стало развиваться естествознание. При этом формирование самого естествознания и основанной на его успехах инженерной деятельности было определено потребностями развивающейся промышленности.

Постепенно союз науки и техники привел к формированию нового научно-технического знания, основанного на понимании двойственности природы технических объектов. С одной стороны, они подчиняются естественным законам природы, а с другой — искусственно создаются человеком для удовлетворения своих практических потребностей.

Дальнейшая эволюция производства и развитие естествознания привели к появлению в конце XVIII в. технических наук. Вслед за этим на рубеже XVIII—XIX вв. Джеймс Уатт (1736—1819) изобрел паровую машину (паровой двигатель). Это изобретение стало важной вехой в развитии машинной техники и становлении машинного производства (рис. 4).

Появление машинной техники привело к выходу производства на качественно новый уровень развития. Свершилась промышленная революция, суть которой заключалась в передаче человека производственных функций руки станкам и машинам. Важную роль в этом свершении сыграло набирающее силу естествознание.

В новый портфель

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНИКА. Качественный виток в развитии техники произошел во второй половине XX в. В этот период началась коренная перестройка всей технологической базы современной цивилизации. В ее основе — появление и развитие информационной техники, ведущей в перспективе к полной автоматизации производства.

Информационная техника дала ключ к решению многих насущных проблем: обработки, хранения и передачи огромных массивов информации; создания новых систем связи (спутниковых, кабельных и др.), информационных сетей и т. д. В союзе с информационной техникой интенсивно развиваются лазерные технологии, робототехника, ядерная энергетика, аэрокосмическая и иные отрасли промышленности. Крас-

того, информационная техника открыла новые горизонты в развитии человечества (создание искусственного интеллекта и т. п.).

Появлению информационной техники способствовало дальнейшее сближение науки и техники, их взаимопроникновение, а также интеллектуализация всех сфер общественной жизни.

Назовем важнейшие черты развития техники на современном этапе.

1. Техника все больше становится «продолжением человеческого мозга».

2. Ускорение темпов и расширение возможностей технического прогресса представляются практически безграничными.

3. Нарастающая вовлеченность науки и техники в экономику, их коммерциализация.

4. Глубокая дифференциация инженерной деятельности.

5. Минимизация роли человека во всем технологическом процессе.

6. Обострение проблем взаимодействия техники с природой, человеком и обществом.

Как мы выяснили, развитие техники неразрывно связано с эволюцией самого человечества. При этом процесс технического прогресса всегда носил скачкообразный характер. Это значит, что постепенное накопление технических знаний и опыта инженерной деятельности рано или поздно приводило человека к выходу на качественно новый уровень технического развития, т. е. к *технологической революции*.

История человечества насчитывает три технологические революции: сельскохозяйственную, промышленную и современную, называемую также научно-технической революцией.

В новый портфель



- Какие этапы в эволюции техники можно выделить? Дайте им краткую характеристику.
- Какую роль в современном мире играют ремесла? Какие народные промыслы вам известны?
- Какие социальные риски принесло человечеству появление машин? Характерны ли они для современного этапа развития техники?
- Используя дополнительную литературу, раскройте сущность сельскохозяйственной, промышленной и научно-технической революций.

В новый портфель

5 ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ КАК ИСТОЧНИК РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ

Урок-лекция



Как исторически менялись взаимоотношения естествознания и техники? Кто первый изобретатель — человек или природа? Какие успехи естествознания и техники ознаменовали эру научно-технической революции?

Налево беру и направо,
И даже, без чувства вины,
Немного у жизни лукавой,
И все — у ночной тишины.

А. Ахматова

Ключевые слова Научно-технический прогресс • Взаимосвязь естествознания и техники • Научно-техническая революция

Из старого портфеля Коэффициент полезного действия (Физика, 7 кл.). Клеточное строение организмов (Биология, 6—9 кл.). История естествознания (Естествознание, 5 кл.).



Эта картина была написана по заказу железнодорожной компании. На ней художник изобразил товарный поезд, мчащийся вперед вдоль пастбищ и полей. Что может символизировать подобное «соседство»?

Джордж Инесс. Долина Лаквонна

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС. ВЗАИМОСВЯЗЬ НАУКИ И ТЕХНИКИ.
До сих пор мы говорили о техническом прогрессе. Однако он лишь часть единого *научно-технического прогресса человечества*. Другая его составляющая — это прогресс науки.

Ранее мы выяснили, что техника является предметом изучения многих наук. Но все же пальму первенства за вклад, внесенный в развитие техники, следует отдать естествознанию. Однако взаимосвязь естествознания и техники в истории человечества была различной.

На заре человечества естествознание не могло оказать поддержки технике. Да его, собственно, тогда и не было. Поэтому все проблемы практики техника решала методом проб и ошибок (опытным путем). При этом главной задачей техники было помочь человеку адаптироваться к условиям естественной среды обитания.

Постепенно разделение труда и появление новых видов деятельности поставили перед человеком новые задачи в овладении тайнами природы. В итоге строительство городов, храмов, развитие ремесел и т. п. привели к накоплению обширного свода знаний и навыков. Их закрепление и отражение в специальных терминах способствовали зарождению ряда научных направлений (механики, астрономии и др.).

Это значит, что уже в древности единая философская мысль могла разделиться на отдельные науки. Однако процесс этого деления затянулся до конца Средневековья.

Начавшееся в эпоху Возрождения бурное развитие промышленного производства нуждалось в теоретическом обосновании лежащих в его основе процессов, в открытии законов, которым эти процессы подчиняются. Это дало новый импульс развитию естествознания. Так, во второй половине XV в. оформляются отдельные естественные и математические науки. Но к сожалению, они не могли еще оказать помощь практике: едва появившись, эти науки отставали в развитии от техники и производства, однако по темпам развития все же опережали их.

Постепенно темп развития науки стал сопоставим с темпом развития техники. Но все равно наука еще не была способна ставить перед техникой новые проблемы, указывать путь техническому прогрессу. Часто, техника предъявляла науке задачи, требующие скорейшего решения.

В XIX в. (период быстрого развития капиталистического производства) естествознание уже было в силах ставить и решать такие задачи, которые только лишь намечались на путях развития техники и промышленности. Так, созданная паровая машина изначально отличалась низким коэффициентом полезного действия (КПД). Встала задача определить пределы КПД выявить условия для его повы-

шения. Долгое время наука и техника развивались относительно самостоятельно и как бы независимо друг от друга. В реальности же они всегда сотрудничали в решении насущных проблем практики, взаимно обогащая друг друга.

Например, английский физик Роберт Гук конструировал микроскопы, увеличивающие изображение в 140 раз. Он же в 1665 г. первым увидел растительную клетку. Это открытие привело к созданию в XIX в. клеточной теории строения растений и животных немецким ботаником Маттиасом Шлейденом и зоологом Теодором Шванном. Но и наука помогла технике: развитие физики привело к созданию электронного микроскопа, еще больше расширявшего возможности человека в познании окружающего мира.

Их закрепление и отражение в специальных терминах способствовали зарождению ряда научных направлений (механики, астрономии и др.).

Среди свершений науки XVI—XVIII вв. важно отметить гелиоцентрическое учение Н. Коперника, закон всемирного тяготения И. Ньютона, кислородную теорию горения А. Л. Лавуазье и др.

Изобретение в XVIII в. паровой машины произошло опытным путем, фактически без участия естествознания. И лишь потом потребовалась помощь науки для улучшения ее работы. Самостоятельно справиться с этой задачей техника уже не могла.

История научно-технического прогресса — это история взаимовыгодного союза науки и техники. Не только наука влияла на успехи техники, но и техника, ставя перед наукой новые проблемы, оснащая ее современными технологиями, стимулировала эволюцию науки.

В новый портфель

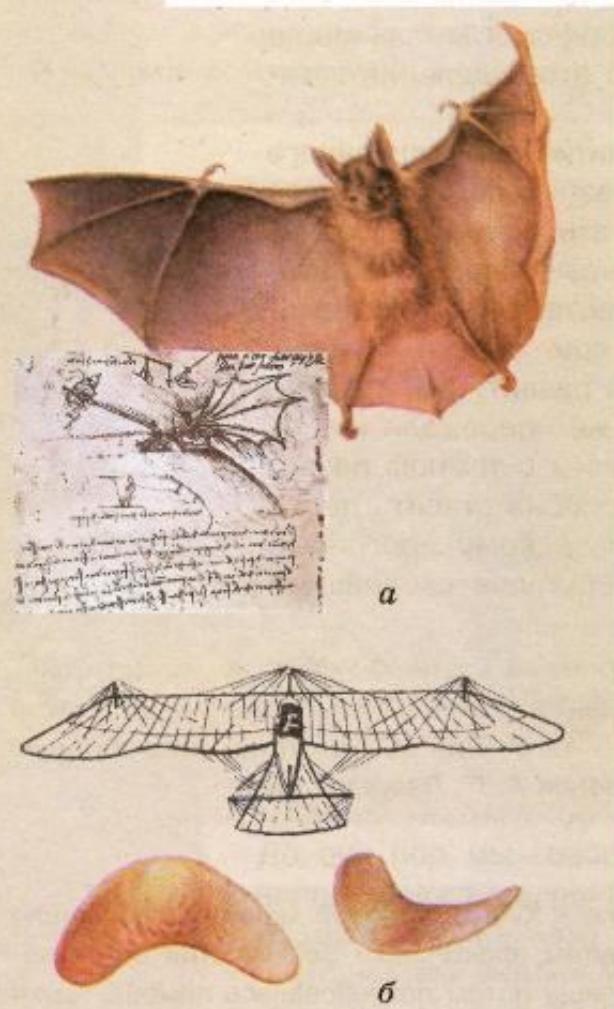


Рис. 5. Летательные аппараты; Л. да Винчи (а) и И. Этриха (б)

шения. Успешность решения этой задачи привела естествознание к разработке механической теории тепла и кинетической теории газов, созданию термодинамики и открытию закона сохранения и превращения энергии.

Во второй половине XIX в. наука сравнялась в темпах развития с техникой. Техника производства стали наукоемкими отраслями.

Дальнейшие успехи естествознания привели к тому, что в XX в. наука стала опережать в развитии технику и производство. Широкая подготовка к научно-технической революции, свершившейся во второй половине XX в.

Крупнейшими достижениями естествознания конца XIX в. и первой половины XX в. являются: раскрытие структуры атома; открытие радиоактивности; создание теории относительности, квантовой механики, кибернетики, генетики, реактивной техники; распространение электротехники и многое другое.

ИЗУЧАЯ ПРИРОДУ, СОЗДАЕМ ТЕХНИКУ. Создавать технику человек учился у природы. Сначала осознание того, что любой технический объект подчиняется природным законам пришло к нему не сразу.

Наблюдая за животными и растениями, человек мечтал о том, что сможет проникнуть глубь земли, покорить морские и воздушные просторы, а потом и космос. Этим мечтам суждено было сбыться благодаря наблюдательности и пытливости выдающихся умов человечества.

Так, Леонардо да Винчи сконструировал летательный аппарат, подобный скелету птицы, приводимый в движение мускульной силой человека. Позднее он изменил конструкцию крыльев, сделав их похожими на крылья лягушек мыши (рис. 5, а).

Растения также внесли свою лепту в развитие авиационной техники. Так, летные качества семян лианы зононии заметил изобретатель Этрих из Богемии. В 1904 г. по их подобию он построил планер с размахом крыльев 6 м и грузоподъемностью 25 кг. Потом Этрих не раз улучшал летные качества своего планера (рис. 5, б).

Цветочные часы К. Линнея, ножи для бурия твердых пород, подобные зубам вымерших ящеров, компьютеры, имеющие два жест-

диска, как и животные, имеющие парные органы (две почки и т. д.), высотные сооружения, подобные стеблям растений: утолщенные у основания и заостренные вверху (рис. 6), — все это лишь малая толика примеров заимствования человеком у природы технических решений.

Во второй половине XX в. в недрах естествознания сформировалась новая наука — *бионика*. Она родилась на стыке биологии, физики, математики и других наук. Ее достижения существенны для научно-технического прогресса.

Задача бионики заключается в изучении биологических объектов с целью использования их свойств в создании искусственных систем. Для этого применяют различные научные методы. Так, с помощью моделирования «воспроизводят» в технической системе какое-либо свойство живого организма. С помощью метода имитации создают искусственные материалы, возводят строительные сооружения и т. д., которые по форме или другим свойствам соответствуют природным аналогам. Метод палеобионики востребован в тех случаях, когда изобретательская задача решается через выявление особенности вымерших растений и животных.

СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ В ЭПОХУ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ.

Современный этап научно-технического прогресса получил название **научно-технической революции**. Суть этой революции — в коренном преобразовании промышленно-производственной практики человечества за счет превращения науки в лидирующий фактор развития всех сфер общественной жизни, в том числе и технической.

Среди научно-технических достижений современности, связанных с естествознанием, — выход человека в космос; развитие атомной энергетики; получение искусственных материалов с заданными свойствами; создание компьютеров и иной техники и многое другое.



- В чем состоит феномен научно-технического прогресса?
- Как объяснить, что термин «научно-техническая революция» появился после создания атомной бомбы?
- Приведите свои примеры, подтверждающие тезис о том, что природа является первым и самым главным изобретателем на планете.

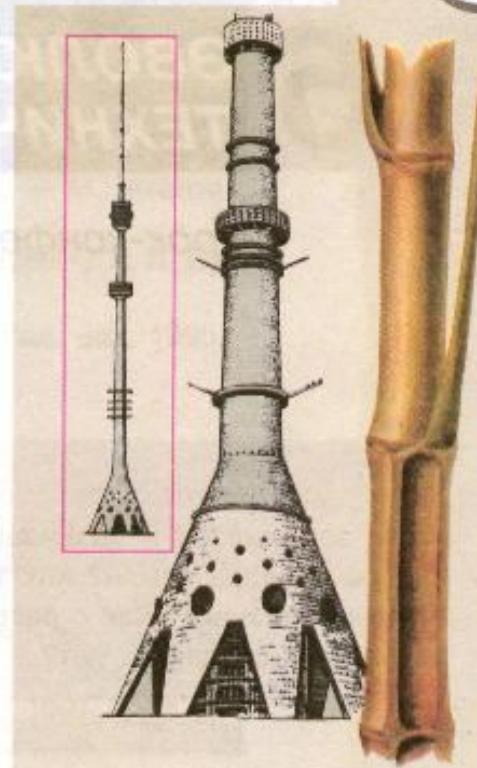


Рис. 6. Растения помогают человеку строить

Природа — первый и самый главный изобретатель на планете.

**В новый
портфель**

Сегодня естественные науки — реальная производительная сила. Они тесно переплетены с техникой и производством, а их достижения определяют облик современной цивилизации.

**В новый
портфель**

6 ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЫСЛИ

Урок-конференция

Оглядишь: все, что ты видишь и чего касаешься, когда-то было невидимой мыслью, пока кто-нибудь не выбрал ее для воплощения в реальность.

Р. Бах

Как зародилась и развивалась техника, с помощью которой человек освоил воздух, море и недра земли? Как техника вывела человека в космос? Как развивалась строительная техника? Как с развитием человечества менялась военная техника? Как техника помогала создавать уют?

ЦЕЛЬ КОНФЕРЕНЦИИ Проследить эволюцию техники, ставшей спутником и верным помощником человека.

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИИ 1. Техника в освоении планеты и космоса. 2. Строительная техника. 3. Военная техника. 4. Техника в доме.



Густав Шварц. Парад в Гатчине

Парад каких технических идей отражает данная картина?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

СООБЩЕНИЕ 1

Техника в освоении планеты и космоса.

1. Человек покоряет морские просторы и глубины.
2. Эволюция летательных аппаратов.
3. Техника и освоение космоса.

Источники информации

1. Доценко В. Д. Морские музеи Санкт-Петербурга: справочник-путеводитель / В. Д. Доценко, В. Ф. Миронов. — СПб.: Судостроение, 2001.
2. Линейные корабли и авианосцы: Свыше 300 боевых кораблей всех стран мира / пер. с англ. и общ. ред. С. Ангелова; коммент. и послесл. В. Гончарова. — М.: АСТ, 2000.
3. Самолеты Второй мировой: Свыше 300 боевых самолетов всех стран мира / пер. с англ. и общ. ред. С. Ангелова; коммент. и послесл. В. Гончарова. — М.: АСТ, 2000.
4. Турьян В. А. В мире летательных аппаратов / В. А. Турьян. — М.: Изд-во ДОСААФ, 1964.
5. Виргинский В. С. Очерки истории науки и техники XVI—XIX веков / В. С. Виргинский. — М.: Просвещение, 1984.
6. Энциклопедический словарь юного астронома / сост. Н. П. Ерпылев. — М.: Педагогика, 1986.

СООБЩЕНИЕ 2

Строительная техника.

Источники информации

1. Строительная техника. — М.: Росмэн, 2001.
2. Замки. Дворцы / отв. ред. Т. Евсеева. — М.: Аванта+, 2002.
3. Бурмистрова Л. Л. Я познаю мир. Архитектура: дет. энцикл. / Л. Л. Бурмистрова. — М.: Астрель: АСТ, 2003.
4. Гармаш И. И. Тайны бионики / И. И. Гармаш. — Киев: Рад. шк., 1985.

СООБЩЕНИЕ 3

Военная техника.

Источники информации

1. Всемирная история артиллерии / сост. Л. Н. Смирнова, Е. В. Доброда, К. А. Ляхова, Г. А. Гальперина. — М.: Вече, 2002.
2. Петухов С. И. История создания и развития вооружения и военной техники ПВО сухопутных войск России. В 2 ч. / С. И. Петухов, И. В. Шестов; под ред. С. А. Головина. — М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 1997.
3. Прочко И. С. История развития артиллерии: С древнейших времен и до конца XXI века / И. С. Прочко. — СПб.: Полигон, 1994.
4. Танки и самоходные установки / пер. с англ. и общ. ред. С. Ангелова; коммент. и послесл. В. Гончарова. — М.: АСТ, 2003.

СООБЩЕНИЕ 4

Техника в доме.

Источники информации

1. Гордиенко М. П. От повозки до автомобиля / М. П. Гордиенко, Л. В. Смирнов. — Алма-Ата: Казахстан, 1997.
2. Дом и все, что в нем: энциклопедический справочник. — М., 2004.
3. Энциклопедический словарь юного техника: для учащихся среднего и старшего школьного возраста / сост. Б. В. Зубков, С. В. Чумаков. — М.: Педагогика, 1980.

7

**ЧЕЛОВЕК И ТЕХНИКА
В МИРОВОЙ ЛИТЕРАТУРЕ****Урок-семинар**

Мир, который создает человек,
не должен входить в противоречие
с тем миром, в котором он живет.

Леонардо да Винчи



Как в литературе представлены взаимоотношения человека и техники? Какие технические достижения человечества прославлены в литературных произведениях? Какая техника, по мнению писателей, несет в себе угрозу человечеству?

ЦЕЛЬ СЕМИНАРА

Выяснить, какие проблемы взаимоотношений человека и техники затрагивают писатели в своих произведениях, осмыслить предлагаемые пути их решения.

ПЛАН СЕМИНАРА

1. Человек и техника в мире литературы — гармоничное целое или борьба несовместимого?
2. Техника и прогресс человечества.
3. Техника — угроза физическому и нравственному здоровью человека.
4. Человек-машина: возможно ли такое?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 1**

Литература — неиссякаемый источник мудрости человечества. Как в ней предстает мир, в котором соседствуют человек и техника? Можно ли назвать их взаимоотношения гармоничными, или они полны внутренних, порой неразрешимых противоречий?

**Дополнительные
источники
информации**

1. Л. Н. Толстой. «Люцерн», «Власть тьмы».
2. А. и Б. Стругацкие. «Трудно быть богом».
3. М. А. Булгаков. «Роковые яйца».

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 2**

Мы не раз говорили о позитивной роли техники в становлении и прогрессе человечества. Какие литературные источники служат тому подтверждением?

Какие направления развития технической мысли предугадали писатели-фантасты? Как они оценивают роль техники в жизни человека?

**Дополнительные
источники
информации**

1. Ж. Верн. «Капитан Немо».
2. А. Толстой. «Гиперболоид инженера Гарина», «Аэлита».
3. А. Р. Беляев. «Человек-амфибия».

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 3**

Не менее очевидна и разрушительная мощь техники. Нередко она наносит непоправимый урон физическому и нравственному здоровью людей.

В каких произведениях отечественных и зарубежных писателей можно найти этому подтверждение?

**Дополнительные
источники
информации**

1. В. Катаев. «Время, вперед!».
2. А. Платонов. «В прекрасном и яростном мире».
3. В. Распутин. «Прощание с Матерой».
4. В. В. Маяковский. «Клоп».
5. А. И. Куприн. «Молох».
6. Дж. Г. Байрон. «В защиту луддитов».
7. Р. Рождественский. «Винтики».
8. Т. Драйзер. «Американская трагедия».

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 4**

Человек-машина: возможно ли такое? Как отвечают на этот вопрос писатели? Выскажите свою точку зрения.

**Дополнительные
источники
информации**

1. Е. С. Велтистов. «Приключения Электроника».
2. А. Р. Беляев. «Человек-амфибия».
3. Ю. Олеша. «Зависть».
4. Ю. Замятин. «Мы».
5. А. Азимов. «Я — робот».

**ПОДВЕДЕНИЕ
ИТОГОВ**

Опыт человечества, заключенный в мировой литературе, убеждает нас в «двуликости» техники.

Она может принести людям очевидную пользу, а может обернуться против создавшего ее человека. Однако то, чем станет для человека техника, зависит от его нравственного выбора и поведения.

8

ТЕХНИКА – ИСТОЧНИК ТРЕВОГ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Урок-лекция

Еще никто

Не управлял планетой...

С. Есенин



Что такое технофобия? Чем определялся страх человека перед техникой на разных этапах его исторического развития? Каковы современные проявления проблемы взаимоотношений человека и техники?

Над полями, лесами, болотами,
Над извивами северных рек
Ты проносишься плавными взлетами,
Небожитель — герой — человек.

Ключевые слова Технофобия • Взаимоотношения человека и техники

Из старого портфеля

Человек и его здоровье (Биология, 8 кл.).
Поведение человека в окружающей среде и меры по его защите от техногенных явлений (География, 8–9 кл.).

И смотря на тебя недоверчиво,
Я качаю слегка головой:
Выше, выше спирали очерчивай,
Но припомни — подумай — постой.

B. Ходасевич. Авиатору

Стихотворение Владислава Ходасевича полно тревоги за судьбу человечества. Какими причинами она обусловлена?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

ПОНЯТИЕ О ТЕХНОФОБИИ. Ничто из творений рук человеческих не вызывает к себе столь противоречивого отношения, как техника.

Казалось бы, техника стала средством, с помощью которого человек приспособил окружающий мир к своим потребностям, а иногда и прихотям. Техника помогла сбыться и давним надеждам человека, связанным с облегчением тягот земной жизни.

В итоге непрерывный технический прогресс со времен промышленной революции убедил человека в его господстве над природой. Люди стали мнить себя полноправными хозяевами планеты. Укрепляясь их вера в культурный прогресс с помощью науки и техники.

Сегодня этой убежденности брошен вызов. Растут нападки на технику. Все больше людей смотрят на нее как на виновницу бед человечества. Как никогда раньше в обществе нарастает **технофобия**.

Чем же вызвано обострение технофобии? Прежде всего возросшей непредсказуемостью техники.

Технофобия (от греч. *techne* — мастерство и *phobos* — страх). Технофобию трактуют как страх перед техникой. Суть этого страха в понимании техники как основной причины отчуждения человека от природы и самого себя, что приведет его и всю цивилизацию к неминуемой гибели.

зумостью последствий для природы и человека использования постоянно развивающейся техники. Все труднее обеспечить надежность современной техники, сложность которой превосходит контролирующие возможности человека. Более того, масштабы развития техники привели к формированию особого технического мира, законы которого человеку не только неподвластны, но даже неизвестны.

Технофобия выражает негативное отношение человека к порожденной им технике. Страх перед нею связан с неуверенностью в надежности техники и невозможностью полного контроля над ней со стороны человека.

**В новый
портфель**

ТЕХНОФОБИЯ В ИСТОРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА. Негативное отношение к технике зародилось вместе с самой техникой. Ведь ее всегда можно было использовать и во благо, и во зло. Поэтому на всем протяжении технического прогресса люди и восхищались техникой, и боялись ее, усматривая в ней нечто зловещее и демоническое.

Неприятие техники можно найти уже в древнегреческих мифах. Однако не правильно было бы утверждать, что в них дается лишь негативная оценка техники. Скорее, мифы отражают двойственное отношение к ней.

В Средневековье технофобия приобретает религиозный характер: она находит себе сторонника в лице церкви, объявившей технику сатанинским творением. Талантливые изобретатели, строители и другие видные деятели этой эпохи подвергались гонениям, обвинялись в сговоре с дьяволом.

С эпохи Возрождения технофобия постепенно приобретает социально-экономический характер, связанный с нарастанием технического прогресса. Появление машин привело не только к повышению производительности труда, но и к появлению проблем досуга и безработицы. Обострение этих социальных недугов произошло в эпоху Нового времени. Свершившаяся тогда промышленная революция «выбросила» на улицу огромную армию безработных. Техника стала конкурентом человека на рынке труда.

В современную эпоху технофобия лишь усилилась. Некоторые считают ничем не контролируемое развитие техники главным фактором подавления человеческой индивидуальности, фактором, несущим угрозу жизни в планетарных масштабах.

Реальность угрозы своему существованию человечество осознало после атомной бомбардировки японских городов Хиросимы и Нагасаки (6 и 9 августа 1945 г.). Именно после этих печальных событий люди заговорили о научно-технической революции, а некоторые прямо заявили о кризисе современной техногенной цивилизации.

Технофобия, как и породившая ее техника, неизменный спутник человечества. Однако причины и формы ее проявления в разные времена были неодинаковы. Социально-экономический контур технофобии, порожденный конкуренцией человека и техники на рынке труда, характерен и для современной эпохи.

**В новый
портфель**

ЧЕЛОВЕК И ТЕХНИКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ. Взаимоотношения человека и техники в современную эпоху приобрели новый смысл. Их многозвучье сводимо к двум основным проблемам: искусственного интеллекта и образа жизни человека в техногенном мире.

Проблема искусственного интеллекта ставит перед человечеством ряд вопросов. Прежде всего это вопрос о природе такого интеллекта

Проблема «мозг и машина» ставит и другие вопросы перед человечеством. Например, вопрос о возможности воспроизведения машиной присущей человеческому мозгу логики конструирования образов мира.

Дело в том, что мозг человека способен проследить динамику познаваемого объекта, воспринять его противоречивость, а при ее выражении синтезировать противоположные или разнонаправленные позиции («и да и нет», «и то и другое»). Современные же машины, как правило, воспринимают объект лишь в статике и характеризуют его односторонне («или да, или нет», «либо то, либо это»).



Рис. 7. В снежном плену

ведущих к дегуманизации человека, его оторванности от природы и еще большей беспомощности перед ней (рис. 7).

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Нередко человек остается один на один с разбушевавшейся стихией. Попав в такую ситуацию, люди часто прини-

мают решение «пересидеть» непогоду в своей машине: и тепло (от работающего двигателя), и автомобиль под охраной. Однако, к сожалению, это часто заканчивается трагически.

Никогда не пытайтесь переждать снежную бурю в закрытом транспортном средстве. В условиях ограниченности доступа свежего воздуха это может привести к отравлению выхлопными газами.

и его тождественности интеллекту естественному. По сути, в нем заключена проблема сохранения индивидуальности и уникальности человека.

Риск потери индивидуальности и личностной неповторимости усилился с появлением возможности вмешательства с помощью техники в наследственную сферу человека. Одновременное с этим развитие медицинской техники увеличило продолжительность жизни, поставив развивающиеся страны перед угрозой демографического взрыва.

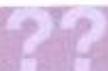
Долгие годы влияние техники на образ жизни человека определялось его освобождением от тягот земной жизни, обретением кажущейся людям независимости от природы. Однако, «освободившись от пут природных», человек попал в сети непредвиденных побочных эффектов от становления технической среды (истощение природных ресурсов, обострение экологических проблем, техногенные катастрофы и т. п.).

За роскошь и комфорт техногенного мира человек уже сегодня расплачивается шумовыми стрессами, процветанием игромании, алкоголизма, наркомании и др., разобщенностью людей, их духовной деградацией. Глобальная компьютеризация привела к потере навыков живого общения, замены его общением виртуальным. Все это лишь малый перечень недугов современной цивилизации.

Очевидно, что этой реальности уже не избежать. Ведь даже тогда, когда загнанный в перенасыщенный технический мир человек все же вырывается на природу, он часто оказывается не в состоянии слушать и слышать ее голоса (шум травы, пение птиц, шорохи леса и т. п.). Зато человек, гуляющий по лесу с наушниками и мобильным телефоном, сегодня никого не удивит!

Техника не только формирует облик современного мира, устанавливает и диктует нормы жизни, требования к экономике и политике, но и в значительной мере оказывает влияние на способ восприятия и понимание человеком этого мира.

**В новый
портфель**



- Что такое технофобия? Каковы предпосылки ее возникновения?
- Почему изделия, изготовленные руками человека, ценятся выше изделий, произведенных с помощью техники?
- Есть ли будущее у техногенной цивилизации? Выскажите свое мнение и аргументируйте его.

9

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО: ПРОБЛЕМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Урок-семинар

Ни жить, ни петь почти не стоит
В непрочной грубости живем.
Портной тачает, плотник строит:
Швы расплузутся, рухнет дом...

В. Ходасевич



Всегда ли достижения науки и техники являются благом для человечества? Несет ли человек профессиональную ответственность за сделанные им открытия или изобретения?

ЦЕЛЬ СЕМИНАРА

Понять, является ли научно-техническое творчество этически нейтральным и несет ли человек, вовлеченный в него, профессиональную ответственность за результаты своей деятельности и последствия их внедрения в жизнь.

ПЛАН СЕМИНАРА

1. Научно-технические достижения на благо и во зло.
2. Профессиональная ответственность в науке и технике

Необходимые источники информации

1. Аль-Али Н. М. Философия техники: очерки истории и теории: учебное пособие / Н. М. Аль-Али. — СПб., 2004.
2. Анткеев В. А. Технологические аспекты охраны окружающей среды / В. А. Анткеев, И. З. Копп, Ф. В. Скалкин. — Л.: Гидрометеоиздат, 1982.
3. Горелов А. А. Концепции современного естествознания в вопросах и ответах / А. А. Горелов. — М.: Изд-во Эксмо, 2005. — (Полный курс за 3 дня).
4. Кедров Б. М. О великих переворотах в науке / Б. М. Кедров. — М.: Педагогика, 1986. — (Б-чка детской энциклопедии «Ученые школьнику»).
5. Никитин Д. Л. Научно-технический прогресс, природа и человек / Д. Л. Никитин. — М.: Наука, 1977.

Человек всегда стремился оценить роль техники в жизни общества. В последние годы этот вопрос стал особенно злободневным и даже судьбоносным и находится в поле профессионального зрения людей, вовлеченных в процесс научно-технического творчества. Это связано с тем, что именно на современном этапе научно-технического прогресса со всей очевидностью проявилась разрушительная мощь техники.

Одновременно с этим обострилась и проблема ответственности людей, изобретающих технику, за судьбу каждого человека в отдельности и цивилизации в целом.

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 1**

Справедливо ли мнение о том, что любое научно-техническое достижение может принести и пользу, и вред человеку? Существуют ли изобретения, несущие только зло человечеству?

Выскажите свое мнение. Приведите примеры использования людьми достижений науки и техники в созидательных и разрушительных целях.

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 2**

Признавая, что достижения науки и техники могут быть весьма небезопасны для человека и окружающего мира в целом, мы неизбежно сталкиваемся с проблемой ответственности.

Что такое ответственность? Что такое профессиональная ответственность? Какую роль профессиональная ответственность играет в нашей жизни? Должен ли человек нести профессиональную ответственность за плоды научно-технического прогресса, или же она должна быть возложена на сами технические объекты или научные открытия?

**ПОДВЕДЕНИЕ
ИТОГОВ**

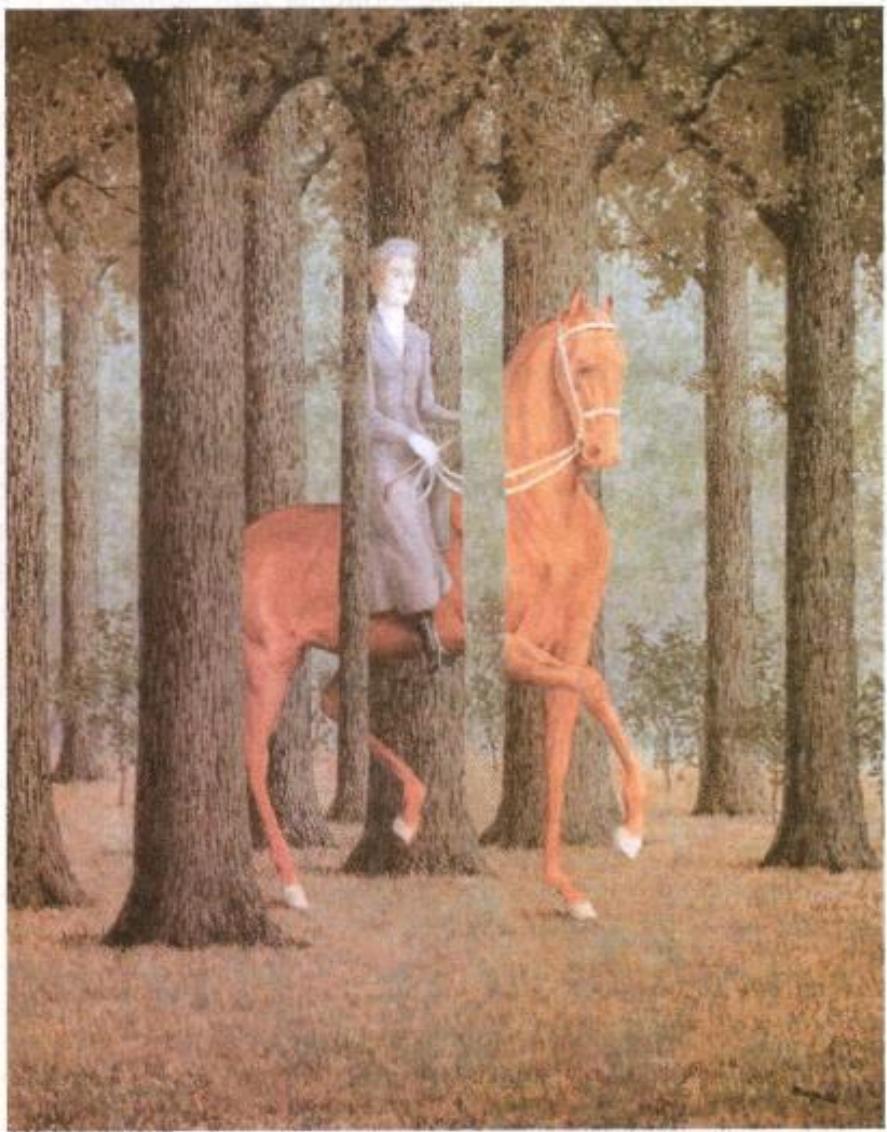
Техника или научное открытие сами по себе не являются ни добром, ни злом. Они становятся тем или другим лишь в руках человеческих. Одновременно с этим ни научное открытие, ни технические объекты не могут быть субъектом правовых, нравственных или иных отношений. Это значит, что лишь человек, являясь субъектом научно-технического творчества, несет полную профессиональную ответственность за все негативные последствия научно-технического прогресса.

2

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Глава

ОБРАЗ И МЫСЛЬ



Рене Магритт (1898—1967)

Карт-бланш (1965). Национальная галерея искусства, Вашингтон

- Рассмотрите иллюстрацию. Попробуйте описать сюжет произведения и соотнести его с той задачей, которую, по-вашему мнению, поставил перед собой художник (обратите внимание на название картины: «карт-бланш» в переводе с французского означает «чистый лист»). Сравните ваши выводы со словами самого Р. Магритта: «я при помощи живописи делаю мысли видимыми».
- Принято считать, что естественные науки фиксируют объективную реальность. А какую реальность фиксирует искусство? Есть ли различия в том, как на один и тот же объект «смотрит» современный научный прибор и глаз художника? Обоснуйте свою точку зрения, используя иллюстрацию.
- Несомненна связь научных открытий с техническим прогрессом. Как вы считаете, способствует ли искусство появлению новых изобретений в эпоху техногенной цивилизации? Приведите примеры, которые помогли бы вам убедить одноклассников в правоте высказанного мнения.

ПРЕАМБУЛА:

Как вы уже знаете, тесное взаимодействие естествознания и техники началось в XVIII в. с изобретения паровых машин. Период XVIII—XIX вв. — это период классического развития науки и взаимопоступательного развития науки и техники. Именно в это время были заложены основы классической механики, термодинамики, электродинамики. Получила развитие оптика, а в конце XIX в. стало ясно, что оптика и электродинамика тесно связаны.

Развитие этих разделов науки привело к совершенствованию известных ранее механизмов и устройств и появлению новых технических изобретений. В этой главе мы расскажем о технике, основанной на положениях классической науки, развитой в VII—XIX вв.

10 ОТ ЗАКОНОВ МЕХАНИКИ К МЕХАНИЧЕСКИМ УСТРОЙСТВАМ

Урок-лекция

Дайте мне точку опоры, и я передвину Землю.

Архимед



Какому фундаментальному закону подчиняется действие простейших механических устройств: рычагов и редукторов? Какова роль силы трения в механических устройствах? Что такое проблема устойчивости и в чем ее значение?

Ключевые слова

Рычаг • Редуктор • Устойчивое равновесие

Из старого портфеля

Простые механизмы. Коэффициент полезного действия. Работа. Мощность. Закон сохранения механической энергии. Условия равновесия тел (Физика, 7–9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 37).



Статуя Зевса

Одним из чудес света является статуя Зевса. В облике Зевса сочетаются власть и милосердие, мудрость и доброта. В классической механике есть что-то, напоминающее Зевса. Можете ли вы объяснить, что именно?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

ЗОЛОТОЕ ПРАВИЛО МЕХАНИКИ. РЕДУКТОРЫ. Механические устройства появились еще до окончательного формирования науки механики. Достаточно вспомнить такие древние механизмы, как повозки, ветряные и водяные мельницы, да и сами жилища человека являются механическими конструкциями. С действиями некоторых механизмов, в частности рычагов и блоков, вы познакомились в курсе физики. Вспомните работу этих механизмов. Многие из них сконструированы для того, чтобы усилить воздействие человека. Однако **всегда сколько раз мы выигрываем в силе, во столько раз проигрываем в расстоянии.**

Это утверждение называют **золотым правилом механики**, что обусловлено его универсальностью. Этому правилу подчиняются любые механизмы, состоящие из рычагов, блоков, тросов, шкивов, шестерен и т. д. Универсальность этого правила обусловлена одним из фундаментальных законов природы — законом сохранения энергии.

Действительно, пусть имеется некоторое устройство (рис. 8). Пусть на входе устройства (точка A) мы действуем на него с силой F_A . При перемещении точки A на величину Δx_A мы совершаем над устройством работу $\Delta A_{\text{вх}} = F_A \Delta x_A$ (вспомните, как вычисляется работа). На выходе (точка B) устройство совершает работу над внешними телами, действуя на них с силой F_B .

Эта работа равна $\Delta A_{\text{вых}} = F_B \Delta x_B$. Энергия самого устройства при этом изменяется на величину $\Delta E = \Delta A_{\text{вх}} - \Delta A_{\text{вых}} = F_A \Delta x_A - F_B \Delta x_B$. Если энергия устройства не изменяется, то работа на входе устройства равна работе на выходе устройства, и мы получаем соотношение, соответствующее золотому правилу механики: $F_A \Delta x_A = F_B \Delta x_B$. Таким образом, **золотое правило механики является следствием закона сохранения энергии**.

Если энергия устройства изменяется, то работа на выходе устройства может быть как больше, так и меньше работы на входе. При уменьшении энергии устройства оно совершает работу над внешними телами, и работа на выходе становится больше работы на входе. В этом случае механическое устройство является двигателем. Для работы двигателя необходим, как всегда, некоторый источник энергии.

Если энергия устройства увеличивается, то работа на выходе оказывается меньше, чем работа на входе. Устройство само потребляет энергию. Иногда эта энергия может запасаться в виде механической энергии. Например, можно поднимать некоторый груз (накапливать потенциальную энергию) или раскручивать некоторый маховик (накапливать кинетическую энергию). За счет накопленной энергии устройство впоследствии может совершить работу. В этом случае действие устройства аналогично аккумулятору.

Во всех реальных механизмах часть механической энергии переходит в тепло из-за наличия трения между подвижными элементами. Из этого следует, что в реальных устройствах, не являющихся двигателями, мы всегда проигрываем в работе. Золотое правило механики, таким образом, точно выполняется только в идеализированных системах.

Зачем же нужны такие устройства, которые не дают выигрыша в работе, а лишь передают энергию от одной точки к другой? Первый ответ следует из действия рычага — мы можем получить выигрыш в силе. В некоторых случаях необходимо замедлить скорость на выходе. Так, в механических часах необходимо замедлить скорость движения стрелок по сравнению со скоростью движения маятника. Устройства, замедляющие или ускоряющие вращения валов, называют **редукторами**.

Редукторы могут состоять из шестерен, как в часах, а также из цепей, ремней, шкивов и т. д. Предназначение этих устройств легче всего понять на основе редуктора велосипеда, состоящего из звездочек и цепи (рис. 9).

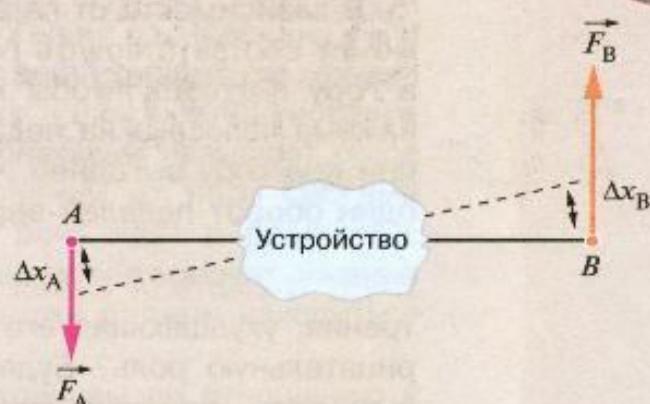


Рис. 8. Золотое правило механики



Рис. 9. Редуктор велосипеда

В зависимости от передаточного соотношения один оборот педалей может соответствовать разному числу оборотов колеса. При движении в гору выгодно, чтобы колесо крутилось медленнее, при этом сила нажима человека на педали будет наименьшей. Напротив, при движении под гору выгоднее, чтобы колесо крутилось быстрее, при этом за один оборот педалей велосипед проедет большее расстояние.

ВРЕД И ПОЛЬЗА СИЛЫ ТРЕНИЯ. В любом редукторе действует сила трения, ухудшающая его работу. Но всегда ли сила трения играет отрицательную роль? Будет ли движение автомобиля более эффективным, если «вредная» сила трения исчезнет? Увы, при отсутствии силы трения мы получили бы обратный результат: автомобиль, подобно санкам, мог бы только катиться под гору. Именно сила трения, а не мифическая «сила тяги» движет автомобиль. Конечно же, автомобиль перемещается вследствие работы двигателя. Но при отсутствии силы трения между колесами и дорогой двигатель может только заставить крутиться колеса без движения автомобиля. Именно это происходит при плохом сцеплении колес с дорогой. Сила трения в этом случае играет важную положительную роль, и усилия многих изобретателей и инженеров направлены на то, чтобы увеличить силу трения между колесами и дорогой.

Поскольку именно сила трения определяет ускорение автомобиля, то максимум силы трения достигается при максимальном (по модулю) ускорении автомобиля. Большое ускорение может достигаться при резком увеличении скорости автомобиля. Возможно, вы наблюдали, как лихие водители трогаются с места: в начальный момент шины проскальзывают по дороге. Однако движение с ускорением происходит и в других случаях, а именно, когда автомобиль тормозит или совершает поворот. В этих случаях также возможна пробуксовка колес с последующими проблемами в управлении.

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Если вы имеете права и водите автомобиль или мотоцикл, соблюдайте рекомендации по вождению, которые вам давали при обучении. Наиболее экономичное и безопасное вождение происходит при отсутствии больших ускорений при движении. При таком вождении следует избегать резкого набора скорости и резкого торможения, а также снижать скорость на поворотах. Поскольку ускорение на повороте равно v^2/r , где r – радиус поворота, то, чем круче поворот (меньше r), тем меньше должна быть скорость.

Сила трения играет важную роль при механическом движении. В некоторых случаях эта роль отрицательна и силу трения следует уменьшать, в других случаях ее нужно увеличивать.

В новый
портфель

ПРОБЛЕМА УСТОЙЧИВОСТИ. Одной из важных прикладных задач механики является исследование устойчивости различных конструкций. Любая неподвижная конструкция находится в положении механического равновесия. Из законов ме-

ники следует, что система находится в положении равновесия, если сумма всех сил и сумма всех моментов сил, действующих на каждый из элементов конструкции, равны нулю. Однако положение равновесия может быть разных видов. **Устойчивым равновесием** называют такое равновесие, когда при любом малом отклонении от него система возвращается в прежнее положение. Когда речь идет о различных сооружениях, в большинстве случаев инженеров интересует именно устойчивое равновесие. Все здания, мосты, вышки должны находиться в положении устойчивого равновесия.

Построенные сооружения должны быть устойчивы по отношению к воздействию множества внешних факторов: влиянию ветра и колебаниям почвы (это особенно важно для сейсмически опасных районов), действию осадков, суточных и сезонных колебаний температур. С учетом всех этих факторов задача создания устойчивых конструкций становится совсем не простой, о чём, в частности, можно судить по просчетам, приводящим к обрушению зданий даже в XXI в.

Проблемы механической устойчивости оказываются связанными с проблемами экономической целесообразности. Пусть, например, необходимо натянуть канат (или провод) между двумя точками *A* и *B* (рис. 10). Из опыта вы знаете, что канат будет провисать, а применяя законы механики, найдете, что сила натяжения в точках подвеса и масса каната связаны соотношениями $2T \sin \alpha = mg$. Натягивая канат, мы уменьшаем угол α , а следовательно, увеличиваем силу натяжения. Экономически выгоднее уменьшить расход материала, т. е. натянуть канат. Но сила натяжения имеет некоторое предельное значение, которое необходимо учесть при проектировании устройства. Аналогичную задачу приходится решать при проектировании линий электропередачи. Экономически целесообразно ставить опоры реже, но тогда масса провода между опорами будет больше, угол α придется увеличивать, провод будет больше провисать, а значит, опоры придется делать выше.

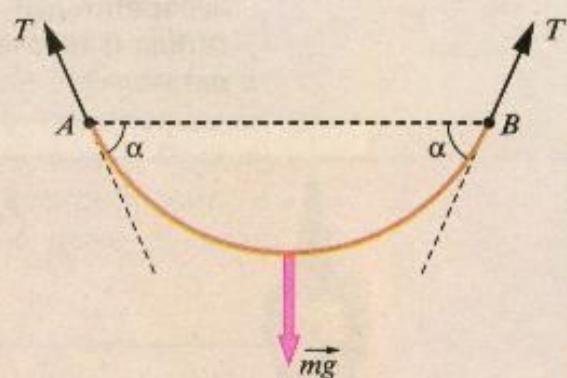


Рис. 10. Натянутый канат

В новый
портфель

При проектировании различных сооружений обязательно решается задача на механическую устойчивость. Конструкции должны находиться в состоянии устойчивого положения равновесия при изменении множества факторов, действующих в процессе эксплуатации.



- ▶ Приведите примеры устройств типа редуктора.
- ▶ При прохождении поворота водителю рекомендуется двигаться без изменения скорости, т. е. не тормозить и не разгоняться. Попробуйте обосновать эту рекомендацию, опираясь на законы физики.

11

ТВОРЧЕСТВО
ИЗОБРЕТАТЕЛЯ

Урок-конференция

Глаз, как владыка чувств, исполняет свой долг, поставляя препятствие тем смутным и обманчивым рассуждениям — назову их научными, — которые при великом шуме и хлопанье ладош происходят на диспутах.

Леонардо да Винчи



Как необходимость создания военной техники стимулирует творчество изобретателей и ученых? В чем сходство и различие творчества изобретателя и творчества художника? Всегда ли востребовано творчество изобретателя?



Будда с третьим глазом

Один глаз Будды можно соотнести с научным восприятием мира. Этот глаз необходим всем изобретателям. Второй глаз — с восприятием мира через искусство. Он также нужен многим изобретателям и ученым. А зачем нужен изобретателям третий?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

ЦЕЛЬ КОНФЕРЕНЦИИ Ознакомиться с творчеством изобретателей на конкретных примерах. Понять особенности творческого процесса, связанного с созданием новых механизмов и приборов.

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИИ

1. Изобретения Архимеда, связанные с военными действиями.
2. Творческая деятельность Леонардо да Винчи.
3. Жизнь и творчество русских изобретателей XVIII в.

СООБЩЕНИЕ 1

Военный заказ на изобретения: от Архимеда до наших дней.

Человечество с древних времен использовало мастерство ремесленников и талант изобретателей для создания оружия. История сохранила далеко не все имена изобретателей. Наиболее известны изобретения, связанные с именем древнегреческого ученого Архимеда.

Невозможно дать однозначную моральную оценку изобретательской деятельности, направленной на создание все более грозных видов оружия, как невозможно дать однозначную оценку историческим событиям. Однако несомненно, что как в древние времена, так и в настоящее время

разработанные при производстве оружия технологии способствуют развитию техники, используемой для мирных целей.

СООБЩЕНИЕ 2

Леонардо да Винчи — ученый или художник?

Леонардо да Винчи был великим деятелем эпохи Возрождения. Наиболее известен как гениальный художник. Кроме того, он был талантливым архитектором, скульптором, инженером, анатомом, физиком, математиком, музыкантом.

Картины Леонардо входят в золотой фонд мирового искусства и являются ценнейшими экспонатами самых известных музеев мира. Менее известна научная и изобретательская деятельность Леонардо. Многие его изобретения, такие, как парашют, вертолет, опередили свое время. Еще менее известны высказывания Леонардо да Винчи, касающиеся его научного мировоззрения и критикующие алхимию, астрологию, магию.

СООБЩЕНИЕ 3

Русские изобретатели XVIII в.

Общепризнанно, что наука в рамках той методологии, которая существует в настоящее время, зародилась в Западной Европе. Лишь в XVIII в. благодаря усилиям Петра I наука и техника пришли в Россию. Оказалось, что земля Русская богата талантами, которые вполне могли соперничать с европейцами. К сожалению, в связи с менее развитой промышленностью в России изобретательская деятельность была практически не востребована, и многие изобретения талантливых инженеров, сделанные даже раньше, чем в Европе, оказались забытыми.

Источники информации

1. Детская энциклопедия.
2. Кириллин В. А. Страницы истории науки и техники / В. А. Кириллин. — М.: Наука, 1994.
3. Азерников В. Физика. Великие открытия / В. Азерников. — М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2000.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ

Деятельность ученых и изобретателей такой же творческий процесс, как и деятельность представителей искусства и литературы. История сохранила для нас имена гениев одинаково талантливых в обеих сферах. Деятельность ученых и изобретателей служила на протяжении истории как мирным, так и военным целям. Наиболее эффективной эта деятельность является тогда, когда она востребована обществом.

12

ГИДРОДИНАМИКА И АЭРОДИНАМИКА. ПЛАВАЮЩИЕ И ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Урок-лекция

— Отчего люди не летают?

А. Н. Островский



Какие законы физики объясняют способность механизмов, созданных человеком, плавать и летать? Какие силы возникают при обтекании тел потоком жидкости или газа?

Ключевые слова

Сила Архимеда • Подъемная сила • Эффект Магнуса

Из старого портфеля

Давление. Атмосферное давление. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Условие плавания тел (Физика, 7 — 9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 37).



Падение Икара. Роспись дома Марка Луция Фронта

Рухнул в море Икар, чрезмерно приблизившись к солнцу, так что растаял воск, скреплявший перья крыльев.

Человек с древних времен мечтал летать. Почему его мечта осуществилась лишь в XX в.?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

За годы своего существования человек создал множество различных плавательных и летательных аппаратов. При помощи таких аппаратов человек летает дальше, выше и быстрее любой птицы. Все подобные аппараты можно разделить на два класса. Первые могут плавать и летать без движения, зависая на определенной глубине в воде, на определенной высоте в воздухе или находясь на поверхности воды. Вторые, для того чтобы плавать или летать, должны обязательно находиться в движении. К первому типу относятся большинство плавающих судов, воздушные шары и дирижабли. А вот большинство используемых человеком летательных аппаратов — самолеты, вертолеты — должно находиться в движении или иметь движущиеся относительно воздуха элементы. Примером плавания, невозможного без движения, является спортсмен на водных лыжах. Что касается природных плавающих и летающих объектов, то большинство из них могут находиться на плаву или в толще воды без движения, но летают только двигаясь.

Оказывается, что полет и плавание в этих двух случаях основаны на различных физических законах: в первом случае на законах гидростатики и аэростатики, во втором — на законах гидродинамики и аэродинамики.

ПЛАВАНИЕ И ПОЛЕТ БЕЗ ДВИЖЕНИЯ. Силой, удерживающей неподвижные плавающие и летательные аппараты, является **сила Архимеда**. В поле тяжести давление в жидкости увеличивается с глубиной. Следовательно, чем больше погружено тело, тем сильнее давит на него жидкость. Различие давлений на верхнюю и нижнюю части тела приводит к появлению силы Архимеда. Она всегда направлена вертикально вверх и равна по величине: $F_A = \rho g V$. В этой формуле ρ — плотность жидкости, g — ускорение свободного падения, а V — объем погруженной части жидкости (рис. 11).

Условие плавания тела заключается в том, что сила Архимеда компенсирует силу тяжести mg . Для однородного тела (тела, состоящего из одного материала) $m = \rho_0 V_0$, где V_0 — объем тела. Из условия плавания сле-

дует соотношение $\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{V}{V_0}$. Если тело плавает, то $V < V_0$, и, следовательно, $\rho_0 < \rho$, т. е. однородное тело плавает в том случае, если его плотность меньше плотности жидкости.

Первые, построенные человеком плавающие средства — плоты были практически однородными и плавали потому, что их плотность была меньше плотности воды. Большинство современных судов строят из материалов с плотностью, большей, чем у воды, и тем не менее они плавают. Каково же условие плавания неоднородного тела, которым являются фактически все современные суда?

Чтобы разобраться, мысленно полностью погрузим тело в жидкость. Плавающее тело будет стремиться всплыть, т. е. $F_A > mg$. Из этого соотношения следует, что $\rho > \frac{m}{V} = \rho_{cp}$, где через ρ_{cp} обозначена средняя плотность тела.

Даже построенное из стали судно имеет воздушные пустоты (трюм), поэтому его средняя плотность оказывается меньше плотности воды. Если судно получает пробоину, то в эти пустоты затекает вода. Средняя плотность судна постепенно увеличивается, и оно может затонуть. По этой же причине подводной лодке для погружения необходимо взять балласт, т. е. заполнить часть ее объема водой. В результате этого средняя плотность лодки становится больше плотности воды. Для всплытия этот балласт вытесняют сжатым воздухом, и средняя плотность лодки становится меньше плотности воды.

Все эти рассуждения можно повторить для летательных аппаратов типа воздушных шаров и дирижаблей. Чтобы такой аппарат мог летать, его большой объем (оболочку шара или дирижабля) необходимо заполнить газом с плотностью, меньшей, чем у окружающего воздуха. Такими газами являются водород и гелий.

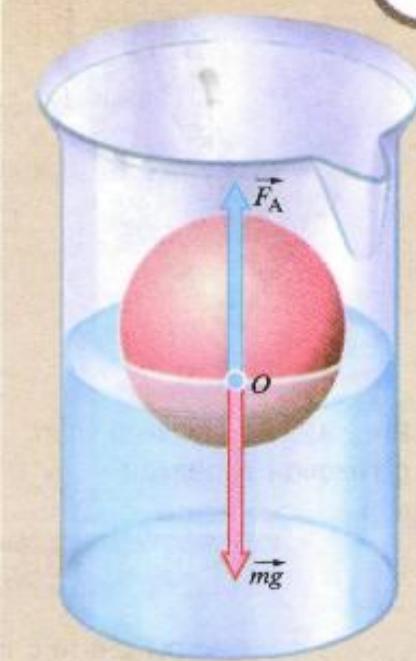


Рис. 11. Силы, действующие на плавающее тело

Неоднородные тела плавают, если их средняя плотность меньше плотности жидкости.

В новый
портфель



Рис. 12. Воздушный шар с газовой горелкой

В современных воздухоплавательных шарах в качестве легкого газа используют нагретый воздух. При одинаковом давлении плотность нагретого воздуха меньше плотности холодного воздуха. Естественно, нагретый воздух в результате процесса теплоизменения охлаждается, поэтому его необходимо периодически подогревать. Для этого нижнюю часть оболочки оставляют открытой, а под отверстием помещают газовую горелку (рис. 12). Использование современных легких негорючих материалов для оболочки делает такой полет пожаробезопасным.

ОБРАЗ ЖИЗНИ

На всех судах необходимо иметь индивидуальные спасательные средства (круги, жилеты и т. д.), даже если вы рыбачите с лодки на достаточно большом водоеме вдали от берега. Однако надувные резиновые или пластиковые круги и жилеты использовать в качестве спасательных средств не рекомендуется. При нарушении герметичности этих средств, всегда возможной в аварийной ситуации, их средняя плотность уменьшается (воздух выходит) и они не могут выполнять спасательные функции. Надежными спасательными средствами являются круги и жилеты из однородного материала, плотность меньше плотности воды (пенопласт).

ДИНАМИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ. Какие же силы поддерживают, например, самолет в полете? Единственная сила, способная противостоять силе тяжести, — сила давления воздуха. Однако, поскольку средняя плотность самолета больше, чем плотность воздуха, архимедовой силы недостаточно для поддержания самолета в полете. Чтобы объяснить возникновение дополнительной силы, законов гидростатики и аэростатики оказывается недостаточно.

Если жидкость или газ движется относительно некоторой поверхности, то это движение и возникающие дополнительные силы описываются законами гидродинамики. Согласно этим законам **давление газа или жидкости на поверхность, вдоль которой они движутся, уменьшается на величину, называемую динамическим давлением:** $P_d = \rho v^2/2$, где ρ — плотность газа или жидкости, v — скорость газа или жидкости относительно поверхности тела. Чем больше скорость, тем меньше сила давления газа или жидкости на тело.

Проявления влияния динамического давления весьма разнообразны. Например, на движущийся и одновременно вращающийся мяч действует дополнительная сила, изменяющая траекторию мяча по сравнению с траекторией невращающегося мяча. Это позволяет в таких игровых видах спорта, как большой теннис, настольный теннис, футбол, использовать удары, приводящие к «необычной» траектории полета (крученые и резанные удары).

Возникновение дополнительной силы, действующей на вращающееся тело, называют **эффектом Магнуса** и объясняют его на осно-

динамического давления. На рисунке 13 изображен мяч, движущийся относительно воздуха (мы рассматриваем систему отсчета, в которой мяч неподвижен, а воздух движется со скоростью v). Кроме того, мяч вращается, как указано стрелками. Поскольку частицы мяча при движении увлекают частицы воздуха, то скорость воздуха вблизи поверхности мяча отличается от скорости потока воздуха, как это показано на рисунке. В результате давление под мячом меньше давления над мячом (рис. 13, а), вследствие чего возникает дополнительная сила, направленная вниз. При противоположной скорости вращения (рис. 13, б) дополнительная сила направлена вверх.

Аналогичные силы, действуя на крыло самолета, поддерживают его в воздухе. Естественно, крыло в отличие от мяча не вращается. Однако форма крыла и его положение относительно потока воздуха выбираются таким образом, что частицы воздуха под крылом тормозятся больше, чем частицы воздуха над крылом (рис. 14). Вследствие этого давление под крылом становится больше давления над крылом, что и приводит к образованию подъемной силы.

Аналогичные силы действуют на лопасти воздушных винтов самолетов и вертолетов, на гребные винты судов, на паруса, когда они располагаются под углом к ветру.

При движении тел относительно газа или жидкости давление газа или жидкости на тело уменьшается на величину динамического давления. Динамическое давление является причиной возникновения силы, перпендикулярной потоку газа или жидкости, в частности подъемной силы, действующей на крыло самолета.

В новый портфель

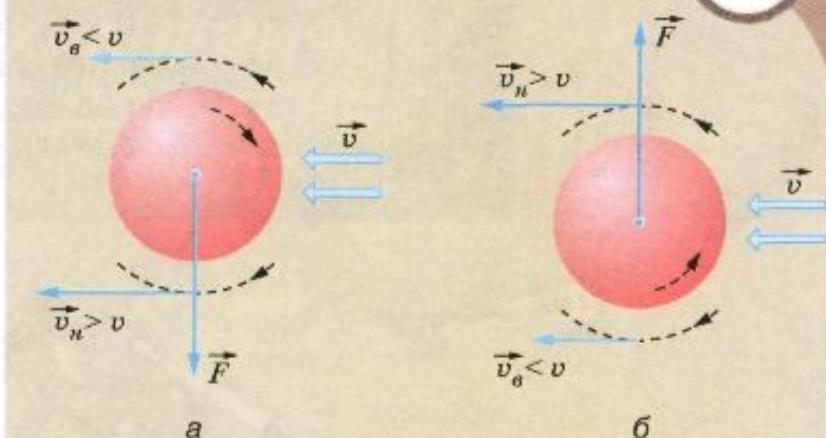


Рис.13. Схема, иллюстрирующая возникновение эффекта Магнуса

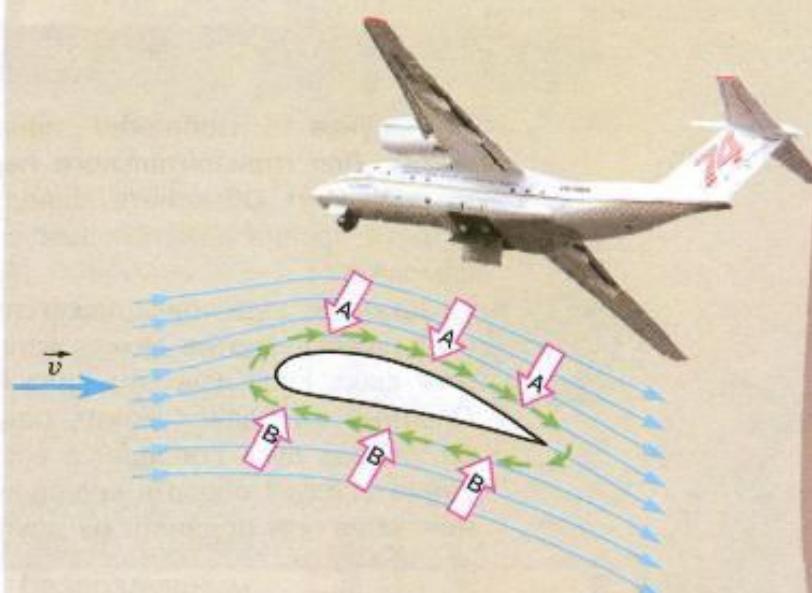


Рис. 14. Сила, действующая на крыло самолета

На рисунке изображены также линии тока воздуха, т. е. траектории движения частиц воздуха. Густота линий тока связана со скоростью частиц: чем гуще линии, тем большее скорость. Над крылом самолета линии расположены ближе друг к другу (густота линий больше), чем под крылом, а значит, скорость частиц воздуха также больше.



Рис. 15. Дирижабль

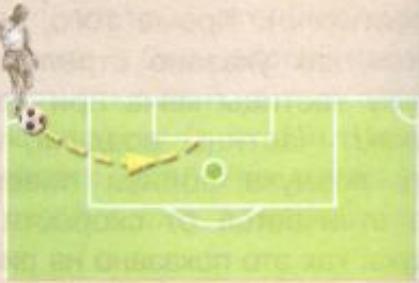


Рис. 16. Полет мяча после кручения углового удара

- На рисунке 15 изображен дирижабль. Баллон дирижабля заполнен легким газом. Для горизонтального передвижения дирижабля используется воздушный винт. Объясните, вследствие каких сил движется дирижабль. Чем с точки зрения действующих сил отличается полет дирижабля от полета самолета?
- Когда подводная лодка ложится на илистое дно, то иногда даже при сбросе балласта она не может всплыть («присасывается ко дну»). Объясните этот факт. Куда исчезает сила Архимеда?
- Опытный футболист может, подавая угловой удар, так закрутить мяч, что он, описав дугу, попадает в ворота (рис. 16). Объясните, в каком направлении следует создать вращение мяча. Изменится ли направление вращения, если мяч подавать из другого угла?

13

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ, РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ, КОСМИЧЕСКИЕ ПОЛЕТЫ

Урок-лекция

А за нею каракатица —
Так и пятится,
Так и катится.

К. И. Чуковский



В чем суть реактивного движения?
Каковы особенности реактивного движения? На каких законах основано реактивное движение? Где используется реактивное движение?

Ключевые слова

Химический реактивный двигатель •
Плазменный реактивный двигатель

Из старого портфеля

Третий закон Ньютона. Импульс.
Закон сохранения импульса. Реактивное движение (Физика, 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 37).

ПРИНЦИПЫ И ОСОБЕННОСТИ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Как уже говорилось (см. § 39, 10 кл.), перемещение такого животного, как каракатица, основано на принципе реактивного движения. Однако большинство животных при передвижении прекрасно обходятся без реактивного движения. В большей части средств передвижения, построенных человеком, также не используются принципы реактивного движения. И только при выходе человека в космос реактивный двигатель оказался единственным возможным (в настоящее время) для целенаправленного перемещения в безвоздушном пространстве. Идея использования реактивного движения в космосе была впервые выдвинута Константином Эдуардовичем Циолковским задолго до реального выхода человека за пределы воздушного пространства.

Как вы знаете, причиной движения тел являются взаимодействия между ними. На тело, находящееся вблизи Земли, всегда действует сила притяжения к Земле (сила тяжести). Однако под действием только этой силы тело может двигаться лишь по определенным траекториям — эллипсам, параболам, гиперболам (см. § 57, 10 кл.). В частности, тело, находящееся вблизи поверхности Земли, может двигаться прямолинейно вниз или по параболической траектории. Чтобы осуществлять движение, живые организмы и созданные человеком устройства, помимо гравитационного взаимо-



Жан Эффель. Встреча первого года космической эры

Наша ракета-носитель никак не может выбросить свою третью ступень.

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

действия с Землей, должны взаимодействовать с какими-то другими телами.

Передвигающиеся по поверхности Земли организмы и механизмы осуществляют движения, взаимодействуя с поверхностью Земли (вспомните роль силы трения при движении автомобиля). Организмы и механизмы, движущиеся в воде, взаимодействуют с водой. Наконец летающие организмы и механизмы взаимодействуют с воздухом. Если же тело оказывается за пределами земной атмосферы, то перечисленные движения оказываются невозможными, поскольку на тело действует лишь сила тяжести.

При реактивном движении тело массой M взаимодействует с другим телом массой m , отталкивая его от себя. В результате закона сохранения импульса тело массой M приобретает дополнительный импульс в направлении, противоположном движению тела массой m . Если до столкновения скорость тел была равна нулю (можно всегда выбрать такую систему отсчета), то, как следует из закона сохранения импульса, тело массой M приобретет скорость $V = \frac{m}{M}v$, где v — скорость, с которой отброшено тело массой m . Реактивный двигатель действующий на космический корабль с некоторой силой, должен непрерывно отбрасывать вещество. Как видно из приведенной формулы, реактивная сила будет тем больше, чем с большей скоростью отбрасывается вещество и чем больше вещества в единицу времени отбрасывается. Из закона сохранения импульса можно получить следующее выражение для реактивной силы: $F = Qv$, где через Q обозначена масса вещества, которое отбрасывается двигателем в единицу времени.

Первые реактивные двигатели были пороховыми и использовались в качестве метательных военных снарядов. В результате сжигания пороха образовывали быстро расширяющиеся газы, которые выбрасывались из ракеты в определенном направлении. Подобные пороховые реактивные двигатели используются в военной технике и в настоящее время. В других реактивных двигателях, которые применяют на самолетах, в качестве горючего используют жидкости (в простейшем случае — керосин). Такие двигатели называют жидкостными реактивными двигателями.

Все перечисленные двигатели используют в качестве одного из компонент химической реакции воздух, находящийся в атмосфере. Принципиальное отличие



Рис. 17. Схема космического реактивного двигателя

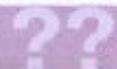
космического реактивного двигателя состоит в том, что для химической реакции должно использоваться только вещество, находящееся в баках самого двигателя. Поэтому конструкция двигателя включает два бака: один с горючим веществом (например, с водородом), а другой с окислителем (например, с кислородом) (рис. 17).

Выше речь шла о реактивных двигателях, работающих на основе химических реакций, — **химических реактивных двигателях**. Помимо таких мощных двигателей, для маневрирования в космическом пространстве используются маломощные **плазменные реактивные двигатели**. В этих двигателях отбрасываемое вещество получает скорость не в результате химической реакции, а в результате разгона заряженных частиц электромагнитным полем. Подобные двигатели являются более экономичными и легко управляемыми.

Достоинством реактивного двигателя является то, что это единственный двигатель, способный эффективно работать в космосе. К недостаткам реактивного двигателя следует отнести его низкую экономичность по сравнению с другими двигателями.

Реактивный двигатель, несмотря на его низкую эффективность, является в настоящее время единственным двигателем, позволяющим осуществить целенаправленное перемещение в космическом пространстве.

**В новый
портфель**



- ▶ Проведите простейший опыт: надуйте воздушный шарик и, не завязывая его, отпустите. Проследите за движением шарика и объясните это движение.
- ▶ Приведите свои примеры реактивного движения.
- ▶ В известном произведении о капитане Врунгеле сказано, что он использовал для ускорения своей яхты «выстрелы» пробками из бутылок с шампанским, т. е. своеобразный реактивный двигатель. Взяв за основу выражение для реактивной силы и оценив на глазок массу пробки и скорость ее вылета из бутылки, рассчитайте, сколько «выстрелов» в секунду нужно сделать, чтобы развить силу хотя бы в 1000 Н (то же, что поднять предмет массой 100 кг).

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Проделав предыдущий опыт, вы убедились, что шарик является плохим реактивным двигателем, он не летит по прямой. Пиротехнические игрушки, основанные на реактивном движении, также являются не очень хорошими двигателями и часто летят не туда, куда хотелось бы. Будьте осторожнее с подобной «техникой», выполняйте инструкции, которые обязательно должны быть на упаковке, и используйте только сертифицированный товар.

14 КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Урок-семинар

Земля — колыбель человечества, но мы не можем вечно жить в колыбели...

К. Э. Циолковский



Какова польза от космических исследований? Каковы основные этапы космических исследований? Как космические исследования связаны с развитием оборонных технологий? Как влияют условия космического полета на организм человека? Каковы в настоящее время перспективы космических исследований и, в частности, возможности космических путешествий с участием человека?

ЦЕЛЬ СЕМИНАРА

Понять целесообразность и возможности космических исследований. Обсудить основные этапы развития космических исследований, достижения в настоящее время и перспективы таких исследований.

ПЛАН СЕМИНАРА

1. Значение космических исследований для человечества
2. Космические исследования в военных и мирных целях
3. Влияние условий космического полета на организма человека.
4. Перспективы космических исследований, в том числе полетов с участием человека.

Необходимые источники информации

1. Детская энциклопедия.
2. Уманский С. П. Космические орбиты / С. П. Уманский. — М.: Просвещение, 1996.
3. Штернфельд А. А. Парадоксы космонавтики / А. А. Штернфельд. — М.: Наука.
4. Засов А. В. Астрономия: учеб. для 11кл. / А. В. Засов, Э. В. Конович. — М.: Просвещение, 1996.

ТЕМА ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ 1

Космические исследования — очень дорогое удовольствие. Существует мнение, что у человечества достаточно проблем на Земле и космические исследования следует сократить, а может быть, и прекратить, по крайней мере в настоящее время. Насколько справедливо это суждение с моральной и прагматичной точки зрения? Что дают космические исследования простому человеку? Что дают космические исследования для развития науки и технологии? Можете ли вы привести примеры непосредственного использования результатов космических исследований?

Существует мнение, что запуски ракет имеют отрицательные экологические последствия. Что вы знаете об этом?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 2**

Каковы основные этапы развития космических исследований? Что стимулировало космические исследования? Несмотря на то что идеи создания космических аппаратов были высказаны достаточно давно, активная разработка таких летательных аппаратов началась лишь в связи с поисками эффективных носителей мощного оружия. Что вы знаете об этом?

В конце XX в. были высказаны идеи звездных войн. Кинематографисты сняли множество фильмов об этом. Что вы знаете о реальном использовании космического пространства в военных целях?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 3**

К настоящему времени человечество освоило земные окрестности и научилось проводить исследования, связанные с достаточно длительным пребыванием человека в условиях космического полета. Путь человечества в космос был не легок. Что вы знаете о влиянии невесомости и других факторов космического полета на организм человека? Как всегда, при исследованиях, связанных с влиянием вредных факторов на организм человека, мы использовали братьев наших меньших. Какие животные были первыми космонавтами? Каковы возможности человеческого организма в космических условиях?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 4**

До сих пор человек побывал лишь на одном космическом теле вне Земли — на Луне. Однако космические аппараты уже опускались на такие планеты, как Венера и Марс, а также пролетали достаточно близко по космическим масштабам от других планет. Каковы перспективы космических путешествий с участием человека? В чем принципиальные сложности отправки человека на другие планеты? Что полезного может получить человечество от космических путешествий? Насколько реальны межзвездные перелеты?

**ПОДВЕДЕНИЕ
ИТОГОВ**

Космические исследования позволяют нам расширить наши знания о Вселенной и, следовательно, вносят огромный вклад в развитие культуры. Они также являются практически полезными, так как большинство людей на планете непосредственно используют в своей жизни результаты космических исследований.

Исследование влияния внеземных условий на организм человека расширило наши познания о возможностях человеческого организма и его адаптации к необычным условиям.

Изучение перспектив космических исследований показывает, что уже в ближайшие десятилетия станут реальными космические путешествия человека на другие планеты.

15

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ
ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Урок-лекция

Мартын. Что такое *perpetuum mobile?*
Бертолльд. *Perpetuum mobile*, то есть **вечное движение**.

Если найду вечное движение,
то я не вижу границ творчеству человеческому

А. С. Пушкин



Что такое двигатель? Почему невозможен вечный двигатель? Что такое тепловой двигатель? Что такое термодинамический цикл?

Ключевые слова

Вечный двигатель • Циклический тепловой двигатель • Изохорный процесс • Изобарный процесс • Термодинамический цикл

Из старого портфеля

Закон сохранения энергии в тепловых процессах. Преобразование энергии в тепловых машинах (Физика, 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл. § 60).



Попытки создания вечного двигателя ведутся начиная с 1114 г. и до настоящего времени. Можно ли назвать процесс создания вечного двигателя вечным? Почему?

Мориц Эшер.
Иллюзия вечного движения

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

ДВИГАТЕЛЬ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ ВЕЧНЫМ. Как уже говорилось в § 11, двигателем можно понимать любое устройство, способное совершающее механическую работу. Естественными двигателями являются любые живые организмы. Но человек задолго до появления науки научился использовать средства, заменяющие ему физические усилия.

С древних времен человек стал применять энергию ветра для движения судов. Позднее появились ветряные и водяные мельницы (упоминание о первых водяных мельницах относится к началу нашей

зы). Механизм подобных устройств совершенствовался, в них использовались такие простейшие механизмы, как рычаги, шкивы, цепи. В Средневековье появляются уже достаточно совершенные водяные двигатели, использующиеся для различных нужд, например, как подъемные устройства (рис. 18).

Усложнение механизмов привело к идеи построения вечного двигателя (по-латыни *perpetuum mobile*). Под таким двигателем понимали некоторое хитроумное устройство, которое без каких-либо внешних воздействий могло бы двигаться и совершать полезную механическую работу сколь угодно долго. Идея вечного двигателя была очень популярна в XVII—XVIII вв. Следует сказать, что законы механики (законы Ньютона) не запрещали создание такого двигателя. Действительно, если есть процессы, в которых механическое движение исчезает (казалось бы, бесследно), то почему бы ни существовать обратным процессам, в которых механическое движение возникает из ничего? Кроме того, в природе человек наблюдал движения, кажущиеся вечными (движение Солнца, ветра и волн).

Развитие термодинамики и строгие опыты Джоуля показали, что механическое движение никогда не исчезает бесследно. Исчезновение механического движения приводит к тому, что движение частиц вещества становится более интенсивным. Энергия механического движения переходит в энергию хаотического движения частиц. Соответственно и родиться из ничего механическая энергия не может. Впоследствии закон сохранения энергии был распространен на другие виды энергии. (Фундаментальное значение этого закона мы уже обсуждали в § 39, 10 кл.)

Например, в самых первых двигателях механическая энергия ветра и воды преобразовывалась в механическую энергию вращающегося колеса. Позднее появились тепловые двигатели (см. ниже). Развитие науки об электричестве привело к появлению электродвигателей, преобразующих энергию электрического поля в механическую энергию. Наконец, в XX в. человек научился преобразовывать внутреннюю энергию атомных ядер в механическую энергию.

Из старого портфеля

Закон сохранения энергии, основанный на опытных фактах, запрещает существование вечного двигателя. Любой двигатель является устройством, способным совершать упорядоченную макроскопическую работу на основе преобразования энергии из одного вида в другой.

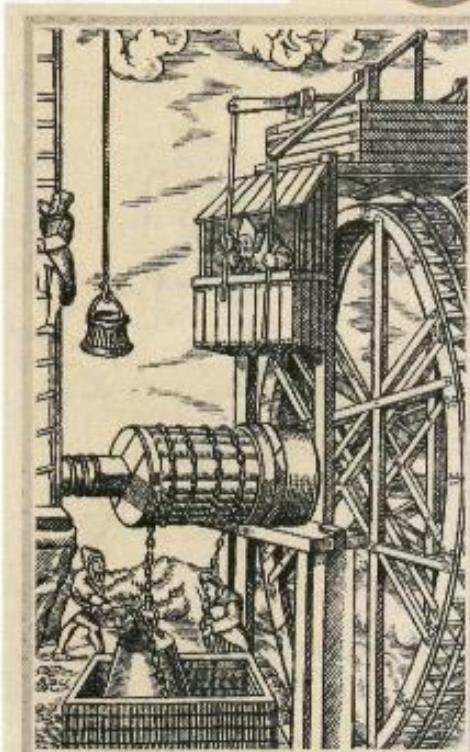


Рис. 18. Подъемник с водяным колесом

ЦИКЛИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ. Идея использования тепла для совершения механических действий также пришла из глубокой древности. Одно из первых дошедших до нас изобретений принадлежит Герону Александрийскому, жившему приблизительно 120 лет до н. э. Соответствующее устройство, которое он назвал эолипилом, приведено на рисунке 19.

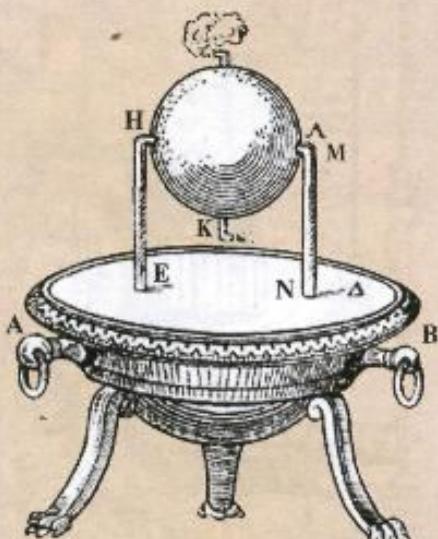


Рис. 19. Эолипил Герона

Принцип действия устройства понятен из рисунка. В шаре, из которого выходят две Г-образные трубки, находится вода. При нагревании вода закипает, и образующийся пар, выходя из трубок, вращает сосуд. Каждая трубка при этом работает как реактивный двигатель.

Эолипил Герона являлся игрушкой и не выполнял действительно полезной работы. Подобные игрушки, например плавающий на реактивной паровой тяге ракетик, несложно сделать самому (описание смотрите, например, в книге: Перельман Я. А. Занимательная физика / Я. А. Перельман. — М.: Наука, 1982. Кн. 2). Реальный двигатель, работающий на основе реактивной тяги, является неэффективным. В последующих устройствах, в которых тепловая энергия преобразовывалась в механическую, горячий водяной пар толкал поршень в цилиндре, что было более эффективным. Изобретение паровой машины связано с именами многих изобретателей, в числе которых и ру-

ский механик Иван Иванович Ползунов. Конструкция паровой машины, основные принципы работы которой дошли до наших дней, была со- дана Джеймсом Уаттом.

Поскольку движение поршня при расширении газа ограничено рамами цилиндра, то при сколь-либо продолжительной работе двигателя поршень должен периодически возвращаться в исходное состояние. Таким образом, любой тепловой двигатель должен работать по циклу. Подобные двигатели называют **циклическими тепловыми двигателями**.

Конструкция любого реального теплового двигателя достаточно сложна. Поэтому, чтобы понять принцип работы тепловых машин, рассмотрим вымышленный упрощенный двигатель (идею близкого по принципу действия двигателя выдвинул Дени Папен в конце XVII в.).

Наш двигатель состоит из цилиндра с поршнем, который может перемещаться вдоль цилиндра в определенном диапазоне (рис. 20). В объеме цилиндра, ограниченном поршнем, находится газ. Поднимаясь вверх, цилиндр может поднять некоторое тело, т. е. совершить полезную механическую работу.

Пусть вначале цилиндр в состоянии A (см. рис. 20) газа нет. Существие груза находится в нижнем положении. Подвесим груз к поршню и начнем нагревать газ в цилиндре, подсоединив к цилиндру нагреватель. Первоначально газ расширяется



Рис. 20. Простейший вымышленный тепловой двигатель

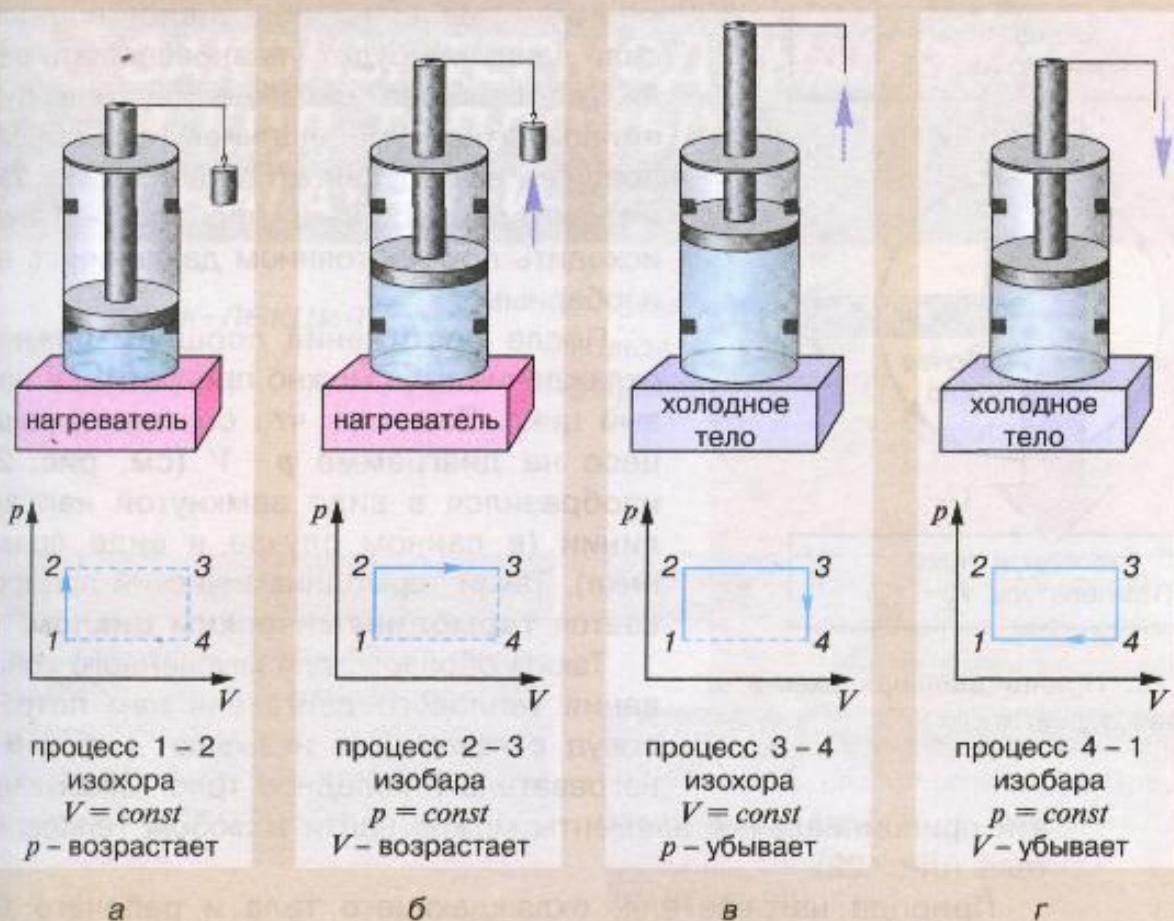


Рис. 21. Последовательные фазы цикла

ряться не будет, поскольку давления снизу недостаточно для подъема поршня. Процесс нагревания или охлаждения газа при постоянном объеме называется **изохорным**. Все передаваемое тепло идет на нагревание газа, при этом его давление возрастает. Этот процесс и соответствующий ему график изображен на рисунке 21, а.

Когда давление под поршнем возрастет достаточно для того, чтобы сила давления уравновесила вес поршня и груза, поршень начнет подниматься (рис. 21, б). Поскольку вес поршня и груза не изменяется, сила давления, а значит, и само давление остаются постоянными. При этом температура и объем газа увеличиваются. Процесс нагревания или охлаждения газа при постоянном давлении называется **изобарным**. Его график изображен на рисунке 21, б.

После достижения верхней точки наш двигатель совершил полезную работу. Поднятый груз можно отсоединить. Однако, если мы хотим продолжить работу по циклу, необходимо вернуть поршень в нижнее положение. Для этого газ необходимо охладить, для чего следует убрать нагреватель и привести в тепловой контакт с цилиндром некоторое холодное тело. После того как мы убрали груз, сила давления газа будет больше веса поршня. Поэтому первоначально процесс охлаждения газа пойдет без изменения объема (рис. 21, в). Это тоже изохорный процесс, но с уменьшением давления.

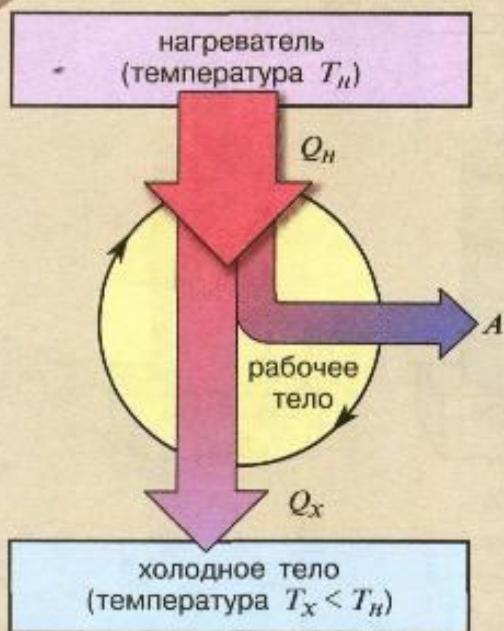


Рис. 22. Принципиальная схема теплового двигателя

эти принципиальные элементы можно найти в любом тепловом двигателе (рис. 22).

Природа нагревателя, охлаждающего тела и рабочего тела для принципа работы теплового двигателя не важна. Термодинамические циклы, соответствующие тепловым двигателям, могут иметь вид разнообразных замкнутых кривых. В любой конструкции принцип работы двигателя остается неизменным.

Принцип работы любого циклического теплового двигателя заключается в том, что взятое от горячего тела тепло при выполнении циклического процесса рабочим телом идет на совершение механической работы. При этом часть этого тепла отдается некоторому холодному телу.

**В новый
портфель**

- ▶ После XVIII в. было открыто много новых законов природы, в частности новые фундаментальные взаимодействия. Возможно ли в настоящее время с учетом этих открытий построение вечного двигателя? Если нет, то почему?
- ▶ Какова роль нагревателя и охлаждающего тела в тепловом двигателе?
- ▶ Приведите примеры тепловых двигателей, использующихся в настоящее время.
- ▶ При объяснении принципа работы циклического теплового двигателя мы пренебрегли многими факторами, т. е. идеализировали процесс. Перечислите эти факторы.

Когда давление газа упадет настолько, что сила давления будет уравновешивать вес поршня, дальнейшее охлаждение газа будет сопровождаться уменьшением его объема, т. е. поршень начнет двигаться вниз (рис. 21, г). Так же как и процесс 2—3, процесс 4—1 будет происходить при постоянном давлении, т. е. будучи изобарным.

После достижения поршнем нижней точки охлаждение газа можно прекратить и начать новый цикл. Заметим, что соответствующий процесс на диаграмме $p - V$ (см. рис. 21, а) изобразился в виде замкнутой направленной линии (в данном случае в виде прямоугольника). Такой термодинамический процесс называется **термодинамическим циклом**.

Таким образом, для мысленного конструирования теплового двигателя нам потребовалось сосуд с газом (газ называют рабочим телом), нагреватель и холодное тело. Оказывается, что

16

ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ И КПД ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Урок-лекция

От этой картины очень большая польза — она дырку в обоях закрывает.

Э. Успенский



Чем ограничен КПД теплового двигателя? Что такое идеальный тепловой двигатель? Какова теплоемкость идеального газа? Как вычислить КПД термодинамического цикла?

Ключевые слова

КПД теплового двигателя • Вечный двигатель второго рода • Идеальный тепловой двигатель

Из старого портфеля

Удельная теплота сгорания. Удельная теплоемкость. Преобразования энергии в тепловых машинах. КПД тепловой машины (Физика, 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 60).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ И КПД. Усовершенствование тепловой машины Дж. Уаттом привело к внедрению этих машин в производство. К концу XVIII в. в Англии работали уже сотни тепловых двигателей на шахтах, рудниках, металлургических заводах и фабриках. Естественно, встал вопрос о том, чтобы строить более эффективные двигатели. С точки зрения экономики двигатель тем эффективнее, чем больше полезных действий он производит и чем меньше топлива потребляет. Однако топливо обладает различной теплотворной способностью (различной теплотой сгорания). Поэтому на физическом уровне целесообразно определять эффективность не по массе топлива, а по энергии, которую оно дает. Мерой эффективности двигателя является **коэффициент полезного действия (КПД)** двигателя. По определению, КПД есть отношение работы, произведенной двигателем, к тепловой энергии (теплу), полученной за время выполнения этой работы. Обозначают КПД обычно греческой буквой η (эта).

Если взять за основу обозначения, приведенные на рисунке 22, то легко получить выражение, определяющее КПД: $\eta = A/Q_n$. С другой стороны, из закона сохранения энергии следует, что все полученное от нагревателя тепло идет на совершение механической работы и на частичную передачу тепла охлаждающему телу, что выражается соотношением $Q_n = A + Q_x$. Комбинируя эти два равенства, можно получить еще одно выражение для КПД, которое окажется нам полезным: $\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_n}$.

КПД является безразмерной физической величиной, т. е. его можно выражать просто числом. Однако часто КПД выражают в процентах. Значение КПД в процентах есть просто 100 η .

В каких пределах может находиться КПД теплового двигателя? Уже из закона сохранения энергии следует, что $\eta < 1$ (КПД меньше 100%). Заметим, что вечный двигатель имел бы бесконечный КПД. Но насколько близко можно подойти к 100%?

КПД ИДЕАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ. Последний вопрос можно переформулировать таким образом: если мы построим идеальную тепловую машину, можем ли мы достичь $\eta = 1$? Основываясь на формуле для КПД, несложно понять, что его значение достигает единицы когда $Q_x = 0$, т. е. тепловой двигатель не отдает тепла охлаждающему телу. Для «сконструированного» нами в предыдущем параграфе двигателя такое невозможно. Однако нельзя ли изобрести какой-либо другой двигатель с $\eta = 1$?

Закон сохранения энергии или первое начало термодинамики не запрещает иметь КПД, равный единице. Но если бы удалось изобрести такой двигатель, он был бы практически вечным. Действительно, можно было бы, например, взять тепловую энергию у океана, слегка ее охладив, и перевести ее в работу. В конечном итоге большая часть этой работы через посредство сил трения опять перейдет в тепло, которое передастся океану. Подобный гипотетический двигатель был бы назван **вечным двигателем второго рода** (вечный двигатель, о котором говорилось в предыдущем параграфе, в связи с этим назывался вечным двигателем первого рода).

Однако в науке термодинамике есть не только первое начало, но второе начало (см. Естествознание, 10 кл., § 60). Именно оно запрещает существовать вечному двигателю второго рода.

Чтобы это показать, будем считать, что изображенная на рисунке § 15 система из нагревателя, рабочего тела и холодного тела является замкнутой. Вычислим изменение энтропии этой системы за один цикл произвольного теплового двигателя. Для этого воспользуемся двумя свойствами энтропии. Первое свойство — аддитивность энтропии (энтропия системы есть сумма энтропий подсистем). Второе свойство — энтропия есть функция состояния, т. е. полностью определяется состоянием системы. Пусть за цикл работы двигателя от нагревателя к рабочему телу передается тепло ΔQ_n , а от рабочего тела холодному телу — тепло ΔQ_x . Тогда энтропия нагревателя изменится на величину $\Delta S_n = -\Delta Q_n / T_n$ (знак минус соответствует уменьшению энтропии). Соответственно энтропия холодного тела увеличится на величину $\Delta S_x = \Delta Q_x / T_x$. Что касается энтропии рабочего тела, то она не изменилась, поскольку рабочее тело после завершения цикла оказалось в том же состоянии. В результате суммарное изменение энтропии всей системы равно $\Delta S = \Delta Q_x / T_x - \Delta Q_n / T_n$.

Предположение о существовании вечного двигателя второго рода эквивалентно $\Delta Q_x = 0$ и, следовательно, $\Delta S < 0$. Но это просто против-

веречит второму началу термодинамики — энтропия замкнутой системы не может уменьшаться.

Какими же свойствами должен обладать идеальный тепловой двигатель? Из неравенства $\Delta S \geq 0$ и полученного выражения для ΔS следует:

$\frac{\Delta Q_x}{\Delta Q_n} \geq \frac{T_x}{T_n}$. А из этого неравенства получается неравенство для КПД:

$$\eta = 1 - \frac{\Delta Q_x}{\Delta Q_n} \leq 1 - \frac{T_x}{T_n}. \quad (1)$$

Следовательно, КПД любой тепловой машины не может превышать

значение $\eta_0 = 1 - \frac{T_x}{T_n}$. Очевидно, что идеальной тепловой машиной

может считаться двигатель с КПД равным η_0 , т. е. с максимально возможным КПД.

Какими же идеальными свойствами должен обладать этот двигатель? Равенству в выражении (1) соответствует нулевое изменение энтропии за цикл работы двигателя. Но нулевое изменение энтропии может быть только у равновесных обратимых процессов (см. Естествознание, 10 кл., § 60).

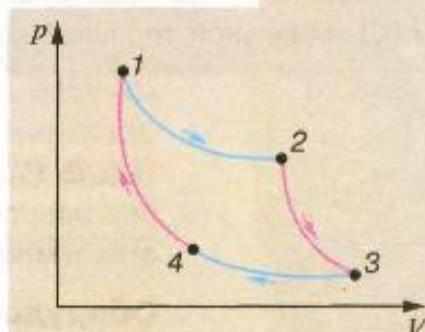
Можно ли более конкретно представить идеальный тепловой двигатель? Такой двигатель придумал в 1824 г. молодой французский инженер Сади Карно. Это цикл, состоящий из двух изотерм и двух адиабат (рис. 23).

Изотермой называют кривую соответствующую процессу, происходящему при неизменной температуре. Адиабатой называют кривую, соответствующую процессу, происходящему без передачи тепла от данной системы к другим телам. Идеализированные изотермический и адиабатический процессы могут быть проведены обратимым образом, поскольку при их проведении в тепловом контакте не находятся тела с различными температурами.

Идеальный тепловой двигатель — это такой двигатель, в котором все процессы могут быть проведены обратимым образом и так, что в каждый момент его состояния являлось бы равновесным. КПД любого теплового двигателя не может превосходить КПД идеального теплового двигателя при данных температурах нагревателя и охлаждающего тела.

Из старого портфеля

Второе начало термодинамики запрещает существование вечного двигателя второго рода.



1-2, 3-4 – изотермы
2-3, 4-1 – адиабаты

Рис. 23. Цикл Карно

В новый портфель



- ▶ Чем отличается вечный двигатель первого рода от вечного двигателя второго рода?
- ▶ Обратимы ли процессы, происходящие в циклическом тепловом двигателе?

17

ИССЛЕДОВАНИЕ КПД
РАЗЛИЧНЫХ ЦИКЛОВ

Урок-практикум



Как КПД различных циклов зависит от параметров циклов? Во сколько раз отличается КПД простейших циклов от КПД идеальной тепловой машины?

Истина и полезность суть... совершенно одни и те же вещи. Сама же практика должна цениться больше как залог истины, а не из-за жизненных благ.

Ф. Бэко

Из старого портфеля

Преобразования энергии в тепловых машинах. КПД тепловой машины (Физика, 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 60).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ При помощи мультимедийной модели исследовать КПД четырех простейших циклов в зависимости от параметров циклов. Сравнить КПД этих циклов с КПД идеальной тепловой машины.

Оборудование. Персональный компьютер, мультимедийный диск («Открытая физика»).

ПЛАН РАБОТЫ Используя мультимедийный диск, последовательно выполните задания по изучению КПД предлагаемых циклов.

В предыдущих параграфах мы рассмотрели два цикла: прямоугольный цикл и цикл Карно (цикл идеального теплового двигателя). Было показано, что из второго начала термодинамики следует положение максимальном значении КПД идеального теплового двигателя при заданных значениях температур нагревателя и охлаждающего тела. Поэтому убедиться в справедливости этого положения на опыте. Однако натурный опыт требует достаточно сложного оборудования. Поэтому мы ограничимся численным экспериментом, поставленным на компьютере, для чего используем готовый программный продукт.

1.

Изучите каждый из приведенных в программе циклов. Перерисуйте их в тетрадь. Наблюдайте анимацию (движение точки участкам цикла). Обозначьте у себя на рисунке угловые точки цикла: 1, 2, ..., начиная с той точки, откуда начинается движение. Наблюдая анимацию, обратите внимание, как изменяются на каждом из участков цикла величины: ΔQ — тепло, полученное газом; A — работа, совершенная газом; ΔU — изменение энергии газа.

- 2.** Изучите каждый из предложенных циклов и определите связь между давлением и объемом газа на каждом из участков цикла. Ответ оформите в виде четырех таблиц:

Цикл 1

Участок цикла	Название (если имеется)	Связь между давлением и объемом
1 → 2	изобара	$p = \text{const}$

- 3.** Варьируя для каждого из циклов параметры (максимальный и минимальный объемы и максимальное и минимальное давление), наблюдайте, как изменяется КПД цикла. Сформулируйте общий вывод, следующий из данного мультимедийного эксперимента.

Два следующих задания выполните только для первого цикла (прямоугольный цикл) для двух значений параметров, при которых КПД достигает максимального и минимального значения.

- 4.** Определите точки на цикле, где температура газа достигает минимального и максимального значения.

ПОДСКАЗКА

Температура газа пропорциональна произведению pV . Максимальная и минимальная температуры достигаются там, где это произведение максимально и минимально соответственно.

- 5.** Считая, что максимальная температура — температура нагревателя, а минимальная температура — температура холодильника, вычислите по этим данным КПД идеального теплового двигателя, соответствующего данным температурам, и сравните его с КПД прямоугольного цикла. Результат оформите в виде таблицы:

КПД	Значение КПД прямоугольного цикла	V_{\min}	V_{\max}	p_{\min}	p_{\max}	$(pV)_{\min}$	$(pV)_{\max}$	КПД идеального двигателя
минимальный								
максимальный								

Компьютерный эксперимент показывает, что КПД приведенных циклов возрастает с увеличением площади, заключенной внутри графика цикла на диаграмме pV . Эксперимент подтверждает общее теоретическое положение о максимальном значении КПД цикла идеального теплового двигателя.

18

ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА
ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Урок-лекция

Разумный человек приспосабливается к миру, неразумный пытается приспособить мир к себе. Поэтому прогресс зависит от неразумных.

Б. Шоу



На какие типы подразделяют реальные тепловые двигатели? Каковы основные узлы тепловых двигателей и какие функции они выполняют? По каким критериям оцениваются тепловые двигатели?

Ключевые слова

Рабочий ход • Холостой ход • Шатун • Коленчатый вал • Маховик • Запальная свеча • Система зажигания • Дизельный двигатель

Из старого портфеля

Преобразования энергии в тепловых машинах. КПД тепловой машины (Физика 7–9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 60).



Пыльный и шумный Вавилон не радовал царицу Семирамиду, выросшую в гористой и зеленой Мидии. Чтобы утешить жену, вавилонский царь Навуходоносор II приказал возвести висячие сады. Чудом казались журчание воды, тень и прохлада среди деревьев, привезенных из далекой Мидии. Что объединяет сады Семирамиды и тепловые двигатели и высказывание Бернарда Шоу, приведенное в эпиграфе?

Висячие сады Семирамиды в Вавилоне (реконструкция)

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

ТИПЫ ДВИГАТЕЛЕЙ И ИХ ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ. Во всех тепловых двигателях происходит преобразование тепловой энергии, связанной с движением микрочастиц, составляющих вещества, в механическую энергию. Устройства тепловых двигателей непрерывно совершенствуются поэтому мы не будем изучать какие-либо конкретные двигатели. Однако принципиальные узлы устройств практически остаются неизменными, именно их мы и рассмотрим в данном параграфе.

Все тепловые двигатели можно разделить на два класса — турбинные и поршневые.

В турбинных двигателях тепловая энергия вначале преобразуется в кинетическую, энергию газовой струи, для чего используются сопла, через которые расширяется горячий газ. Этот горячий газ может образовываться в результате кипения воды — паровые турбины или в результате сгорания топлива — газовые турбины. Поток газа, имеющий большую скорость, направляется на лопасти турбины и, отдавая им энергию, раскручивает вал турбины.

Вал турбины может непосредственно приводить в движение какие-либо механизмы, например колеса транспорта, винт самолета, или при помощи генератора вырабатывать электрическую энергию, что и происходит на теплоэлектростанциях.

Значительно сложнее устроены поршневые двигатели, с которых начался технический прогресс в теплоэнергетике. Основу таких двигателей составляют цилиндр и поршень. Горячий газ, расширяясь в цилиндре, толкает поршень, подобно тому как это изображено на рисунке 21. Однако нагревать и охлаждать газ через стенки цилиндра, как это изображено на рисунке, не эффективно. Вместо этого используют один из двух способов.

В первом случае газ нагревается в отдельном устройстве, после чего подается в цилиндр. Такой способ реализован в паровом двигателе, где при сжигании в топке топлива в паровом кotle в результате кипения образуется водяной пар с высоким давлением, который через систему труб подается в цилиндр.

Во втором случае топливо в виде смеси газов или пузырьков жидкости, смешанных с воздухом (горючая смесь), вводится внутрь цилиндра, где и происходит процесс сгорания. Образовавшийся в результате сгорания горячий газ, расширяясь, приводит в движение поршень. Такие двигатели называют двигателями внутреннего сгорания.

Газ совершает работу на одном из участков циклического процесса (см. рис. 21, б). Чтобы в результате работы двигателя вращался какой-либо вал (а это чаще всего требуется от двигателя), используют механизм, состоящий из **шатуна и коленчатого вала**. Эти элементы изображены на рисунке 24. Действие шатуна и коленчатого вала подобно действию ног велосипедиста и педалей.

Естественно, что для замыкания цикла необходим обратный ход поршня. Ход поршня, при котором газ не совершает работы, называют **холостым ходом**. Во время холостого хода поршень движется в силу запасенной за рабочий ход механической энергии. Механическая энергия запасается в виде кинетической энергии вращения массивного колеса — **маховика**, связанного с валом двигателя. При работе такого двигателя имеют место пульсации: во время рабочего хода вращение маховика ускоряется, во время холостого хода замедляется. Чтобы уменьшить эти пульсации, в состав двигателя вводят несколько цилиндров с одним коленчатым валом. Холостой ход одного или нескольких цилиндров приходится на рабочий ход одного или нескольких других цилиндров. В паровом двигателе два цилиндра объединяют в один, вводя пар поочередно то в левую, то в правую рабочие области цилиндра (рис. 24, б).



Рис. 24. Основные узлы поршневых двигателей: а — с одной рабочей областью; б — с двумя рабочими областями

Ввод и вывод пара в паровом двигателе, а также ввод горючей смеси и вывод отработанных газов в двигателях внутреннего сгорания осуществляются при помощи управляющей системы, включающей себя клапаны и другие элементы.

В двигателях внутреннего сгорания горючая смесь перед воспламенением сжимается, что происходит во время обратного хода поршня (рис. 24, а — движение поршня вверх). Это обеспечивает более эффективную работу двигателя. После сжатия горючая смесь воспламеняется, и начинается рабочий ход поршня. По способу воспламенения двигатели внутреннего сгорания делят на два типа. В двигателях, включающих в себя **систему зажигания**, воспламенение горючей смеси происходит под воздействием искры, возникающей вследствие электрического разряда в **запальной свече**. В таких двигателях используется топливо из легких фракций нефти (бензин) или природный газ, степень сжатия поршнем невелика (6—8 раз). В двигателях другого типа — **дизельных двигателях** (или просто дизелях) используется горючее из более тяжелых фракций нефти (дизельное топливо), а степень сжатия существенно выше (15—20 раз). Вследствие такого сжатия происходит сильный нагрев топливной смеси, и она самовоспламеняется.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Зачем нужно столько типов двигателей, почему бы ни остановиться одном самом лучшем? Оказывается, что универсального наилучшего двигателя нет, каждый тип обладает определенными достоинствами и недостатками в зависимости от критериев, по которым мы производим оценку. Каковы же эти критерии?

1. Экономичность — получение наибольшей полезной работы при наименьшем количестве топлива. Как вы уже знаете, эта величина характеризуется понятием КПД. Наиболее экономичными являются дизельные двигатели.

2. Максимально достижимая мощность. По этому показателю выделяются турбинные двигатели.

3. Мощность на единицу веса. В тех случаях, когда двигатель не устанавливается стационарно, как паровая турбина на теплоэлектростанции, а движется вместе с экипажем, этот показатель оказывается весьма важным. Наиболее экономичные дизельные двигатели по этому параметру проигрывают двигателям с системой зажигания. Поэтому дизельные двигатели используют на достаточно больших движущихся экипажах — большие суда, тепловозы, тракторы, большегрузные автомобили.

4. Универсальность топлива. Возможно, этот показатель в ближайшее время окажется весьма важным, поскольку запасы нефти истощаются быстрее, чем запасы угля. По этому показателю выгодно отличаются двигатели, где используют водяной пар, — паровые турбины. Паровые поршневые двигатели ввиду их низкого КПД в настоящее время практически не встречаются. Однако в силу вышеприведенных причин не исключено, что внимание конструкторов вновь обратится к паровым двигателям.

5. Износ механизмов. Все поршневые двигатели работают в пульсирующем режиме, поэтому износ механизмов в них происходит быстрее, чем в турбинных двигателях.

Тепловые двигатели подразделяют на турбинные и поршневые. Поршневые двигатели, в свою очередь, подразделяются на паровые двигатели и двигатели внутреннего сгорания. Двигатели внутреннего сгорания подразделяются на двигатели с системой зажигания и дизельные двигатели. Каждый тип двигателя обладает своими достоинствами и недостатками, определяющими целесообразность его использования для тех или иных целей.

В новый
портфель



- ▶ Почему паровой двигатель обладает более низким КПД, чем двигатель внутреннего сгорания?
- ▶ Как правило, чем мощнее двигатель, тем большее число цилиндров он содержит. Чем это можно объяснить?
- ▶ Нужно ли стремиться сделать двигатель по параметрам как можно ближе к идеальному тепловому двигателю? В чем заключаются недостатки идеального теплового двигателя?

19

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА
СЕГОДНЯ

Урок-семинар

Проблемы жгучи, ставки впечатляющи. Мы живем в поистине интересные времена, и это вполне объяснимо: мы живем в век величайшей бифуркации человечества.

Э. Ласл



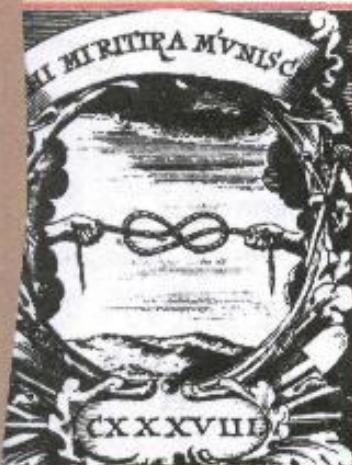
Как человечество производит тепло? Каковы современные проблемы, связанные с производством и сбережением тепла? На сколько лет человечеству хватит традиционных источников тепловой энергетики и каковы альтернативные источники энергии?

ЦЕЛЬ СЕМИНАРА

Ознакомиться с современными проблемами, связанными с производством тепла и энергии.

ПЛАН СЕМИНАРА

- Производство тепла. Проблема отопления и сбережения тепла.
- Ограниченност природных запасов источников энергии и альтернативные источники энергии.



В крепости фригийской столицы Гордиона находился «гордиев узел». Согласно легенде, Гордий принес в дар Зевсу свою телегу и, установив ее в храме, привязал при этом ярмо к дышлу очень сложным узлом. Оракул предсказал, что тот, кто развязет этот «гордиев узел», получит господство над миром. Согласно преданию, Александр Македонский в 334 г. до н. э. посетил Гордион и на предложение распустить узел разрубил его мечом.

Не кажется ли вам, что развитие энергетики сегодня похоже на завязывание узла? Если да, то как его разрубить?

Й. Босхиус. Узлы: кто за них тянет, тот только их затягивает

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

Необходимые источники информации

- Кириллин В. А. Страницы истории науки и техники / В. А. Кириллин. — М.: Наука, 1994.
- Моисеев Н. Н. Как далеко до завтрашнего дня... Свободные мышления 1917—1993 гг. / Н. Н. Моисеев. — М.: Аспект Пресс, 1994.
- Медоуз Д. Х. За пределами роста / Д. Х. Медоуз, Д. Л. Медоуз, Й. Рандерс. — М.: Изд. группа «Прогресс», 1994.
- Интернет-ресурсы: www.krugosvet.ru; www.euroclimat.ru; www.podrobnosti.ru; www.moscowuniversityclub.ru; www.znanie-sila.ru

Современные проблемы характеризуются, в частности, тем, что источники информации, которые могут быть рекомендованы, очень быстро устаревают. Многие из книг пятилетней давности становятся уже неактуальными и представляют интерес лишь для специалистов. Кроме того, во времена бифуркаций (см. эпиграф) ценность многих выходящих книг распознается не сразу. В результате хорошие книги (так же, как и плохие) выпускаются малыми тиражами и становятся малодоступными. Поэтому при подготовке к данному семинару мы рекомендуем, помимо нескольких указанных книг, использовать материалы периодических изданий и интернет-ресурсы. При обращении к периодическим изданиям и интернет-ресурсам учтите, что они постоянно изменяются. На смену закрывающимся изданиям и сайтам приходят новые.

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 1**

Человек обогревал свое жилище с того времени, как научился пользоваться огнем. Но лишь в XX в. производство тепла стало частью промышленности. Что представляет собой эта промышленность в настоящее время? Какие устройства используют при производстве тепла? Как тепло доставляется к вам в дом?

С одной стороны, в последнее время тепло дорожает, и, по-видимому, эта тенденция сохранится. С другой стороны, производство современного «умного» оборудования становится более дешевым. Каковы в связи с этим перспективы теплоэнергетики? Что вы знаете о тепло- и энергосберегающих технологиях?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 2**

Удорожание тепла связано, в частности, с тем, что человечество стало осознавать, что запасы традиционных источников тепла и топлива для тепловых двигателей ограничены. Существуют оценки, утверждающие, что этих запасов человечеству хватит на срок около 100 лет. Что делать нашим потомкам? Каковы альтернативные источники энергии? Как в настоящее время используется энергия ветра, рек, морских приливов, солнечная энергия? Может ли бензин быть заменен топливом, получаемым из производимого в настоящее время органического вещества? На какие новые виды источников энергии ученые возлагают надежды в настоящее время?

**ПОДВЕДЕНИЕ
ИТОГОВ**

Проблемы теплоэнергетики являются в настоящее время одними из самых актуальных. Относительное удорожание источников, поставляющих тепло, по сравнению со стоимостью производства современного оборудования приводит к тому, что целесообразно развивать новые теплосберегающие и энергосберегающие технологии. Актуальной становится проблема строительства жилья, лучше сберегающего тепло.

В настоящее время ученые и инженеры разрабатывают установки для получения тепла и энергии из альтернативных источников. Работы эти, однако, еще далеки от завершения, и сделать ставку на какую-то одну наиболее перспективную технологию в настоящее время невозможно.

20

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Урок-лекция



Какая фундаментальная сила лежит в основе действия электрогенераторов и электродвигателей? Каковы основные узлы электрогенераторов и электродвигателей? Где используются электродвигатели? В чем преимущества и недостатки электродвигателей по сравнению с тепловыми двигателями?



В. Карпари. Юпитер со связкой молний

Существует плафон работы Паоло Веронезе, находящийся в Лувре и известный под названием «Юпитер поражает пороки молнией». «Божественное электричество» может лишь поражать, «человеческое электричество» способно созидать. Может быть, человек превзошел богов?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

Получив электричество от магнита, я полагаю... что... мне удастся сконструировать электрическую машину.

М. Фарадей

Ключевые слова

Сила Лоренца • Коллектор • Щетки

Из старого портфеля

Действие магнитного поля на проводник с током. Электродвигатель. Электромагнитная индукция. Опыты Фарадея. Электрогенераторы (Физика, 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 18).

Идею создания электрической машины выдвинул Майкл Фарадей. Впоследствии его идеи претворяли в жизнь многие ученые. В их числе был российский физик Эмилий Христианович Ленц, с именем которого связаны работы, касающиеся применения электродвигателей и электрогенераторов.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ НА СЛУЖБЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В электроэнергетике электрогенераторы являются устройствами, преобразующими механическую энергию в энергию электромагнитного поля. Электродвигатели — устройствами, преобразующими энергию электромагнитного поля в механическую энергию. Именно Ленц обнаружил обратимость этих явлений. Позднее Хендри Лоренц показал, что эти процессы связаны с силой, действующей на электрические заряды, движущиеся в магнитном поле. Об этой силе, которая называется **силой Лоренца**, мы уже говорили при изучении электромагнитного поля (см. Естествознание, 10 кл., § 19).

Каковы основные характеристики силы Лоренца? Направление этой силы перпендикулярно магнитным линиям и вектору скорости частицы. Эта сила возрастает с увеличением магнитного поля, кроме того, она пропорциональна заряду частицы, скорости частицы и синусу угла между вектором скорости и линией магнитного поля.

Действие силы Лоренца объясняет работу двигателя и генератора. Пусть проводник, по которому течет ток, находится в магнитном поле. Ток возникает вследствие движения зарядов (в металлическом проводнике — электронов). На движущиеся заряды будет действовать сила Лоренца, а суммарная сила, действующая на проводник с током, будет слагаться из сил, действующих на все движущиеся заряды. Проводник начнет двигаться, что и приведет к вращению электродвигателя.

Если же проводник двигать в магнитном поле, то на заряды, находящиеся внутри проводника, тоже будет действовать сила Лоренца. В металлическом проводнике положительные заряды, носителями которых являются атомные ядра, не могут свободно перемещаться по проводнику. Отрицательно заряженные электроны будут двигаться, пока не достигнут границ проводника. В результате на одном конце проводника накапляются положительные заряды, а на другом — отрицательные (рис. 26).

Проводник становится подобным гальваническому элементу, т. е. между его концами возникает разность потенциалов, подобно тому, как это происходит в химических источниках тока.

МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ РАМКА И КОЛЛЕКТОР — ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ БОЛЬШИНСТВА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ.

Как и в тепловых двигателях, в большинстве электродвигателей энергия преобразуется в механическое вращение некоторого вала. Для получения вращательного движения служит металлическая рамка, закрепленная так, что она может вращаться вокруг оси, перпендикулярной линиям магнитного поля (рис. 27).

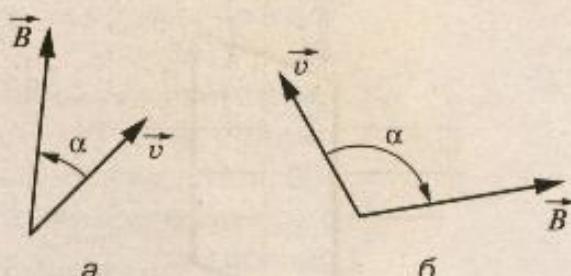


Рис. 25. Определение силы Лоренца

Приведем более строгое определение силы Лоренца. Магнитное поле характеризуется вектором магнитной индукции \vec{B} . Величина силы Лоренца равна $F = qvB \sin\alpha$, где α — угол между векторами \vec{v} и \vec{B} . Вектор силы Лоренца направлен перпендикулярно плоскости, в которой лежат вектор скорости частицы \vec{v} и вектор \vec{B} . Чтобы определить направление силы, нужно использовать правило буравчика. Ручку буравчика нужно крутить от вектора \vec{v} к вектору \vec{B} , тогда поступательное движение буравчика укажет направление силы. На рисунке 25 векторы \vec{v} и \vec{B} лежат в плоскости книжной страницы. Тогда, используя правило буравчика, определим, что на рисунке 25, а вектор силы Лоренца направлен от страницы на нас, а на рисунке 25, б — от нас на страницу. Все сказанное справедливо для положительного заряда. Для отрицательного заряда направление силы Лоренца нужно изменить на противоположное.

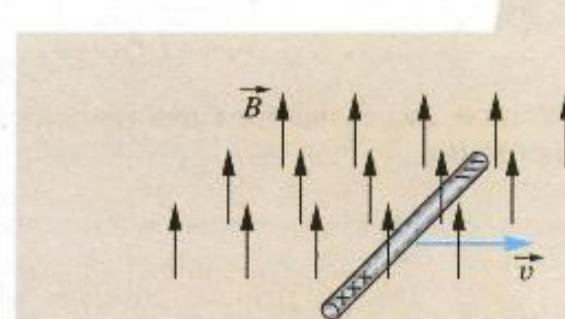


Рис. 26. Возникновение напряжения на концах проводника, движущегося в магнитном поле

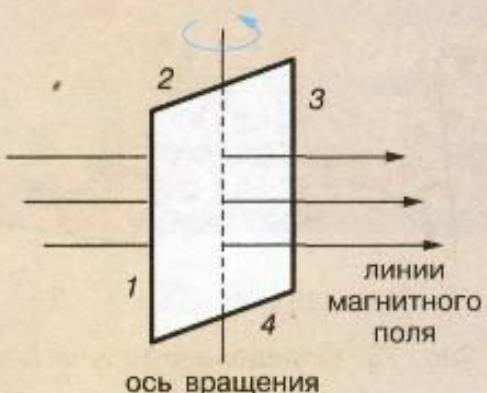


Рис. 27. Рамка, способная вращаться в магнитном поле

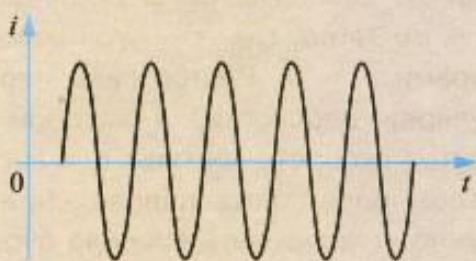


Рис. 28. Ток во вращающейся замкнутой рамке

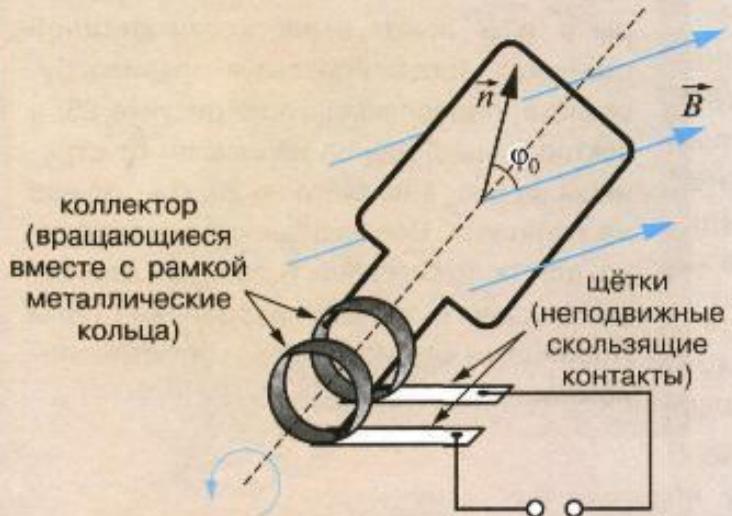


Рис. 29. Устройство коллектора для генератора переменного тока

Если рамку начать вращать (например, руками), то на каждой из сторон рамки возникает напряжение. Несложно понять, что стороны 2 и 4 движутся в одном направлении, и поэтому возникающие вследствие их движения напряжения будут компенсироваться. Воборот, стороны 1 и 3 всегда движутся в противоположных направлениях, поэтому возникающие вследствие их движения напряжения будут усиливать друг друга. В результате в рамке возникнет электрический ток. Поскольку через половину периода вращения скорости сторон 1 и 3 изменяются противоположные, направление тока также изменяется на противоположное. В результате по рамке будет текуть переменный ток, имеющий вид синусоиды (рис. 28).

Полученное устройство похоже на генератор переменного тока, но только ток здесь бесполезный, поскольку течет внутри рамки. Чтобы использовать его для нужд потребителя, рамку разрезают в разрез вставляют устройство, называемое **коллектором**. Если мы хотим получить переменный ток, то в качестве коллектора следует взять два кольца (рис. 29).

Кольца вращаются вместе с рамкой, а скользящие по ним неподвижные контакты — **щётки** передают ток от рамки потребителю. Мы получили простейший генератор переменного тока.

В силу выявленной Ленцем обратимости, если мы не будем вращать рамку, а подадим на нее переменный ток, она сама начнет вращаться. Получается двигатель переменного тока, правда, не самый эффективный.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ. Если загляните внутрь какого-нибудь реального электродвигателя или электрогенератора, вы не найдете рамки из проводника. Коллектор, если таковой будет присутствовать, окажется не похожим ни на кольца, ни на полукоильца. И все же принцип работы любого электродвигателя и электрогенератора такой, как описан выше. В дополнение к колле-

торным двигателям были изобретены двигатели, не содержащие коллектора.

Электродвигатели являются самыми распространенными двигателями как в промышленности, так и в быту. Фактически во всех стационарных установках использование электродвигателей оказывается более выгодным, чем использование тепловых двигателей. Связано это с тем, что при помощи различных электротехнических устройств гораздо удобнее управлять работой электродвигателей, чем работой тепловых двигателей. Бесколлекторные двигатели более надежны, однако имеют худший показатель по такому параметру, как мощность на единицу веса. Поэтому в бытовых электроприборах (различное оборудование на кухне, бытовые электроинструменты, электробритвы) используют коллекторные двигатели. Бесколлекторные двигатели в быту используют там, где необходимо точно контролировать скорость вращения (стиральные машины, электроприводы дисководов в компьютерах и магнитофонах).

Электродвигатели используются и на транспорте. В частности, в тепловозах, где основным является дизельный двигатель, который вращает электрогенератор, вырабатывающий электроэнергию, которая затем передается на электродвигатель, непосредственно связанный с колесами. Да и в обычном автомобиле, помимо основного бензинового двигателя, используется несколько электродвигателей, самый мощный из которых — стартер — служит для того, чтобы раскрутить бензиновый двигатель при запуске.

Естественно, у электродвигателей есть и недостатки по сравнению с тепловыми двигателями. Электроэнергию неудобно хранить. При той же самой запасенной энергии вес электрического аккумулятора значительно больше веса бака с бензином. Кроме того, электродвигатели проигрывают двигателям внутреннего сгорания по мощности на единицу веса.

Фундаментальной силой, позволяющей преобразовывать механическую работу в электроэнергию и электроэнергию в механическую работу, является сила Лоренца. Электродвигатели получили широкое распространение как в промышленности, так и в быту.

**В новый
портфель**



- ▶ Приведите примеры использования электродвигателей в промышленности.
- ▶ На КПД электродвигателей не распространяется ограничение, обусловленное вторым началом термодинамики. Единственное ограничение, следующее из закона сохранения энергии, — КПД должен быть меньше единицы. У хороших электродвигателей КПД близок к единице, но, конечно, не достигает этого идеального значения. Приведите факторы, ограничивающие КПД электродвигателей.
- ▶ Щетки электродвигателей делаются из графита. Почему их нельзя делать, например, из стали?

21

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Урок-практикум

Приезжайте ко мне, дорогой соседушко, ей-бо
Откроем что-нибудь вместе, литературой за-
мемся, и вы меня поганенького вычисли-
различным поучите.

А. П. Чехов



Как работа коллекторного двигателя зависит от величины нагрузки? Как напряжение, даваемое генератором переменного тока, зависит от параметров генератора?

Из старого портфеля

Действие магнитного поля на проводни-
ком. Электродвигатель. Электромагнит-
ная индукция. Опыты Фарадея. Электрогенератор (Физи-
ка, 7–9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 18).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ На натурной модели электродвигателя исследовать качественные особенности работы коллекторного электродвигателя. При помощи мультимедийной программы исследовать качественные особенности модели генератора переменного тока.

Оборудование. Персональный компьютер, мультимедийный диск («Открытая физика»), натурная модель электродвигателя, питающаяся от батарейки, источник питания, нить, набор грузов.

ПЛАН РАБОТЫ Последовательно выполняя задания, исследовать работу электродвигателя в зависимости от нагрузки. Пользуясь мультимедийной программой, исследовать напряжение на выходе генератора в зависимости от размеров рамки и частоты вращения.

В предыдущем параграфе вы изучили принципы работы электродвигателей и электрогенераторов. Очевидно, что их работа зависит не только от параметров этих устройств, так и от нагрузки, к которой они подсоединены. Некоторые качественные особенности работы электродвигателей и электрогенераторов мы предлагаем вам исследовать в ходе данной работы.

1. Изучите модель электродвигателя. Найдите узлы, описанные в предыдущем параграфе (конструктивно они отличаются от тех, что были изображены на рисунке 29).

2. Подключите электродвигатель к источнику питания. Сжимая пальцами вал двигателя, наблюдайте, как изменяется скорость вращения вала в зависимости от нагрузки (силы, сдавливающей вал). Сформулируйте вывод.

3. Запустите мультимедийную программу, в которой исследуется работа генератора переменного тока. Меняя параметры рамки, убедитесь, что напряжение на выходе генератора зависит только от площади, а не от формы рамки.

4. При фиксированной частоте вращения (f) исследуйте зависимость напряжения генератора (ε) от площади рамки (S) при нескольких значениях площади. Аналогично, при фиксированной площади рамки исследуйте зависимость напряжения от частоты вращения при нескольких значениях частот. Результаты занесите в таблицы (число столбцов определяется числом измерений):

ε					
S					
ε					
f					

5. Используя таблицы, постройте соответствующие зависимости на графиках и сделайте вывод о характере зависимостей. Попробуйте эти зависимости описать одной математической формулой.

Частота вращения коллекторного электродвигателя постоянного тока уменьшается с увеличением нагрузки. Напряжение на выходе генератора переменного тока прямо пропорционально площади рамки и частоте вращения генератора.

В **новый
портфель**

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Реальные электродвигатели, даже используемые в бытовых приборах, совсем не безобидные. Не пытайтесь остановить вал какого-нибудь реального двигателя руками или каким-либо другим способом. Во-первых, вы можете пораниться. Во-вторых, большинство реальных двигателей рассчитано на определенную нагрузку и при ее превышении двигатель может выйти из строя.

22

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ

Урок-лекция



Каков принцип работы химических источников тока? Каковы основные составляющие источника питания? Какими параметрами характеризуются источники питания? В каких приборах используются химические источники питания?



Пьетро ди Козимо. Легенда о Прометееве

Почему вопрос об источниках питания волновал людей с давних пор? Полностью ли он решен в настоящее время?

О да, о да, прекрасно знал, что делаю,
И, людям помогая, сам на пытку шел.

Слова Прометея из трагедии Эсхила
«Прометей прикованный»

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

Потом я стал думать об электричестве, как о получается и из чего... Я встал... снял с пол батарею и разломал ее. В батарее оказалась какая-то жидкость, в которой мокла черная палка, завернутая в тряпочку. Я понял, что электричество получается из этой жидкости.

Н. Носов

Ключевые слова

Внутреннее сопротивление источника питания • Емкость аккумулятора

Из старого портфеля

Постоянный электрический ток. Источники постоянного тока. Сила тока. Напряжение. Электрическое сопротивление. Носители электрических зарядов в металлах, полупроводниках, электролитах и газах. Закон Ома для участка электрической цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников. Работа и мощность электрического тока (Физика, 7—9 кл.).

Прочитав эпиграф, вспомните строение гальванического элемента. Жидкость — клейстер из муки на растворе нашатыря; черная палка — угольный стержень. А вот электричество получается не из жидкости, из совокупности всех элементов, к которым относится еще цинковый сосуд, где находятся перечисленные элементы.

В то время, когда Николай Носов писал свою книгу, такой гальванический элемент не пользовался в бытовых приборах, фонарях некоторых игрушках. Сейчас круг приборов, которых используются гальванические источники питания, значительно расширился. Это мобильные телефоны, пульты управления электронными часами, калькуляторы, плееры и т. д. Разнообразие приборов требует различия источников питания. В обычном магазине вы можете найти десятки различных элементов питания. И в большинстве из них нет «черной палки, завернутой в тряпочку».

ИЗ ЧЕГО ПОЛУЧАЕТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?

Во всех гальванических источниках питания имеется по крайней мере два твердых электрода и раствор электролита. Твердые электроды могут быть металлическими или угольными. Часто один из них сделан в виде цилиндра, в который налит электролит и помещается другой электрод. Электролит — водный раствор различных солей, кислот или щелочей, который наряду с нейтральными молекулами содержит положительные и отрицательные ионы.

Если поместить твердый электрод в электролит, начинается химическая реакция. Она сводится к тому, что одни ионы переходят из электролита на электрод, осаждаясь на нем, а другие ионы, отделяясь от электрода, переходят в электролит. Возможен также процесс, когда на поверхности электрода образуются молекулы газа, уходящие затем из электролита. Поскольку переходящие ионы несут на себе электрический заряд, на поверхности электрода образуется тонкий слой зарядов одного знака, а в тонком слое электролита близи электрода скапливаются заряды другого знака (рис. 30).

Образование слоев зарядов приводит к тому, что между электролитом и электродом возникает напряжение (разность потенциалов). Это препятствует дальнейшему обмену ионов между электродом и электролитом, и химическая реакция прекращается.

В системе из электролита и двух электродов между каждым электродом и электролитом появляется свое напряжение. Напряжение между электродами складывается из этих двух напряжений (рис. 31) и существует на источнике питания, когда он ни к чему не подсоединен. Его другое название, оставшееся нам из истории развития физики, — электродвигущая сила.

Заметим, что сложение напряжений U_1 и U_2 происходит с учетом знаков, так что, например, при абсолютно одинаковых электродах из одного напряжения вычитается точно такое же и в результате получается ноль. Если же электроды разные, то всегда получается некоторое, отличное от нуля напряжение. Конкретное значение U зависит от химического состава электролита и электродов и не превышает нескольких вольт.

Если замкнуть электроды на некоторый проводник, потечет электрический



Рис. 30. Варианты распределения зарядов на границе между электролитом и электродом

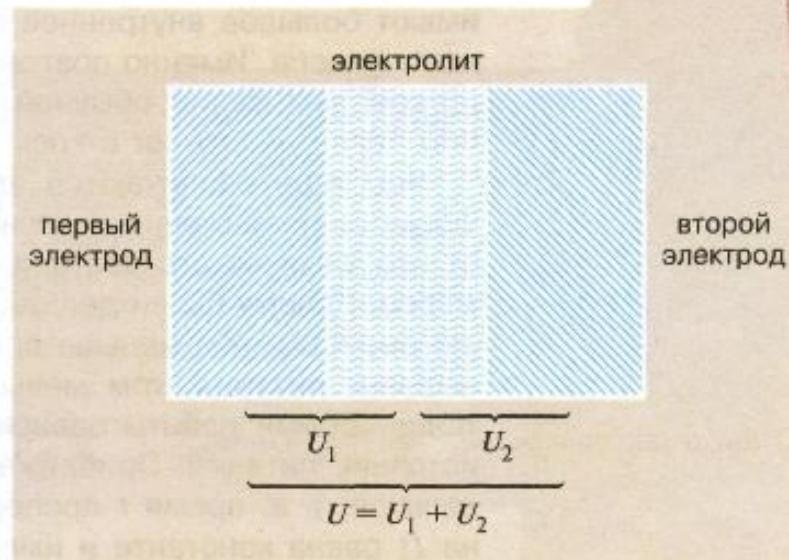


Рис. 31. Напряжение между электродами

ток, а между электродами и электролитом опять начнется химическая реакция. Естественно, ресурсы химической реакции ограничены, и рез какое-то время она прекращается, т. е. источник питания разряжается. В некоторых случаях химические реакции в совокупности оказываются обратимыми. Это означает, что, пропустив через данную систему при помощи другого внешнего источника питания ток в обратном направлении, можно привести систему в исходное состояние, т. е. опять получить полноценный источник питания. Подобные устройства, как вы знаете, называют аккумуляторами.

ПАРАМЕТРЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ. Чем же различаются источники питания? Во-первых, напряжением. В маленьких источниках питания используемых в быту, оно обычно имеет значение около 1,5 В и только в литиевых элементах достигает 3 В. В автомобильных аккумуляторах оно колеблется в зависимости от степени заряда от номинальных значений 2 В.

Электролит ведет себя как некоторый проводник, обладающий сопротивлением. Это сопротивление складывается последовательно с сопротивлением нагрузки (того, что подключается к источнику питания), что можно изобразить в виде схемы (рис. 32).

На этой схеме через R обозначено сопротивление нагрузки, а через r сопротивление самого источника питания, которое называется **внутренним сопротивлением**. Вспомните, как рассчитывается сила тока при последовательном подключении сопротивлений к источнику питания. Сделав

расчеты, вы получите: $I = \frac{U}{R+r}$. Из этой формулы следу-

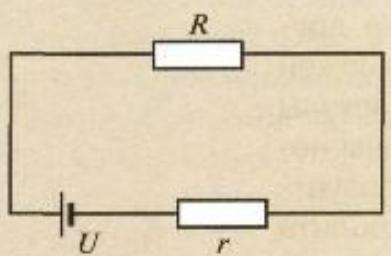


Рис. 32. Схема подключения нагрузки к источнику питания

что при одном и том же значении напряжения источника питания, в различных внутренних сопротивлениях, два источника питания дают различные токи. В автомобильном аккумуляторе внутреннее сопротивление мало, и он может давать ток в сотни ампер. Батарейки в часы имеют большое внутреннее сопротивление и могут давать ток в сотни доли ампера. Именно поэтому ничего страшного не происходит при коротком замыкании обычной батарейки. С автомобильным аккумулятором такое делать ни в коем случае нельзя.

Чем еще различаются элементы питания? Конечно, размерами и формой. Напряжение источника питания, как уже говорилось, зависит от его химического состава и, таким образом, не зависит от его размеров. Почему бы ни делать малые размеры? Очевидно, что, чем меньше размеры, тем меньше продуктов для химической реакции содержит элемент питания, тем меньше времени будет работать источник питания. Время работы зависит также и от тока, который обеспечивает источник питания. Приближенно эта зависимость обратно пропорциональная, т. е. время t пропорционально $1/I$. Это означает, что величина It равна константе и именно она характеризует продолжительность разряда данного элемента питания. Для аккумуляторов такая величина называется **емкостью** аккумулятора (не путать с емкостью конденсатора).

тора) и измеряется в ампер-часах ($\text{A} \cdot \text{ч}$). Так, например, автомобильный аккумулятор имеет емкость около $50 \text{ A} \cdot \text{ч}$, а аккумуляторы, используемые в мобильных телефонах, — порядка $1 \text{ A} \cdot \text{ч}$.

Есть еще один немаловажный параметр. Мы говорили, что в источнике питания не происходят химические реакции, когда по нему не течет ток. Это не точное утверждение. В отсутствие тока происходят другие, более медленные реакции. В результате их протекания источник питания теряет свои рабочие свойства через какое-то время. Обычно гарантийный срок хранения источника питания составляет от полугода до полутора лет.

Большинство конструкторов приходят к мнению, что традиционные гальванические элементы питания практически исчерпали себя в плане повышения эффективности. К сожалению, их параметров явно не хватает для работы в течение нескольких часов таких приборов, как ноутбуки или видеокамеры. В настоящее время ученые возлагают надежды на так называемые тепловые источники питания, в которых источником энергии является восполняемое вещество, в частности метанол.

В основе действия гальванических источников электропитания лежат химические реакции между раствором электролита и находящимися в нем электродами. Основными параметрами, по которым различаются источники питания, являются напряжение, внутреннее сопротивление и емкость.

**В новый
портфель**

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Некоторые химические источники питания содержат вещества, небезопасные для здоровья. Например, автомобильный аккумулятор содержит в качестве электролита раствор серной кислоты. Не следует самостоятельно разбирать источники питания и пытаться заряжать источники питания, не подлежащие перезарядке. Химические реакции, которые при этом будут происходить, могут оказаться непредсказуемыми.



- ▶ Приведите примеры использования мощных аккумуляторов.
- ▶ Даже в инструкциях к малым аккумуляторам часто указывают требования правильной утилизации после использования. Для больших аккумуляторов типа автомобильных существуют жесткие регламентации по утилизации. Чем это обусловлено?
- ▶ Если у вас (ваших родителей или знакомых) есть мобильный телефон, выясните, сколько времени (в среднем) он может работать без подзарядки. Оцените средний потребляемый телефоном ток, исходя из того, что емкость аккумулятора имеет порядок величины $1 \text{ A} \cdot \text{ч}$.

23

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Урок-лекция

За морем телушка — полушка, да рубль переве-

Русская пословица



Какие способы передачи энергии на расстояние существуют? Чем обусловлены потери энергии при передаче? Чем выгоден способ передачи электроэнергии? Как уменьшить потери при передаче электроэнергии?

Ключевые слова

Первичная и вторичная обмотка трансформатора

Из старого портфеля

Электромагнитная индукция. Опыты Фарадея. Переменный ток. Трансформатор. Передача электрической энергии на расстояние (Физика, 7—9 кл.).

ПОТЕРИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЭНЕРГИИ НА РАССТОЯНИЕ. Научно-технический прогресс, связанный с использованием двигателей, потребовал решения не только задач производства энергии, но и задачи передачи энергии на расстояние. В простейшем случае можно просто перевести топливо, необходимое для работы двигателя, каким-либо транспортом. Этот способ, применяемый до сих пор, нельзя назвать экономичным, большая энергия затрачивается на работу самого транспорта. Другой способ — передача жидкого или газообразного топлива по трубопроводу. Этот способ используется для передачи энергии в виде тепловой энергии нагретого пара или жидкости от ТЭЦ или котельни к нашим жилищам, что гораздо дешевле, чем перевозка топлива транспортом. Следует также вспомнить, что на первых фабриках, где использовалась паровая машина, применялся еще один способ передачи механической энергии: большая паровая машина в этом случае связывалась с отдельными станками при помощи системы валов, шкивов, ремней.

Самым удобным способом является передача электрической энергии по проводам. Эффективность этого способа связана с тем, что электрическая энергия является наиболее универсальной энергией, используемой для самых разнообразных целей: освещения, отопления, питания двигателей, электротехнических, радиотехнических и электронных устройств.

Естественно, ничего не достается даром, и во всех способах передачи энергии ее стоимость возрастает с увеличением расстояния, которое она передается. На больших расстояниях стоимость энергии, доходящей до потребителя, определяется в основном ценой доставки (см. эпиграф).

При передаче электроэнергии неизбежны ее потери, связанные с нагревом подводящих проводов. При простейшем способе передачи, когда источник электроэнергии (электрогенератор) связан проводами с потребителем, процесс передачи можно изобразить схемой (рис. 33). Через R_{Π} обозначено сопротивление нагрузки, т. е. эквивалентное сопротивление всех используемых потребителем приборов, через R_{Π} — сопротивление подводящих проводов.

Вспомните, что при последовательном соединении сопротивлений через сопротивления проходит один и тот же ток, а электрическая энергия, переходящая в тепло, определяется законом Джоуля — Ленца. Если каждый прибор потребителя считать эквивалентным сопротивлением, то потребляемую мощность также можно вычислить при помощи закона Джоуля — Ленца. Обозначая полезную потребляемую мощность (мощность на нагрузке) через W_n , а паразитную мощность, идущую на нагревание проводов, через W_{Π} , получим для них выражения: $W_n = I^2 R_n$, $W_{\Pi} = I^2 R_{\Pi}$. Из этих формул видно, что отношение мощностей равно отношению сопротивлений.

Чтобы уменьшить потери, сопротивление подводящих проводов старайтесь сделать как можно меньше. С этой целью провода изготавливают достаточно толстыми и из хорошо проводящего материала — в основном из меди или ее сплавов. Для проводов, которые подводят электроэнергию к приборам в вашей квартире, этого вполне достаточно, чтобы потери были малы. Если длина провода составляет несколько десятков километров, то потери возрастают в десятки тысяч раз. Но иногда передавать электроэнергию нужно не на десятки, а на сотни и тысячи километров.

ТРАНСФОРМАТОР КАК УСТРОЙСТВО, СБЕРЕГАЮЩЕЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ. Из приведенных выше формул следует, что уменьшить потери энергии, которую нужно передать, можно, если уменьшить ток, текущий в проводах, по сравнению с током, который течет в приборах потребителя. Сделать это позволяет трансформатор.

Принцип действия трансформатора основан на важном свойстве электромагнитного поля — взаимопреобразовании электрического поля в магнитное и обратно. В частности, при изменении в некоторой области пространства магнитного поля в этой же области пространства возникает электрическое поле. Именно это явление обнаружил Фарадей, когда открыл возникновение тока в катушке с проводом при движении в катушке постоянного магнита (вспомните явление электромагнитной индукции). В опыте Фарадея магнитное поле в области катушки меняется вследствие движения магнита. В трансформаторе роль движущегося магнита играет **первичная обмотка** трансформатора (рис. 34). Первичной обмоткой называется обмотка, на которую подается исходное напряжение от какого-либо источника переменного тока. **Вторичная обмотка** — обмотка, которая служит источником питания для потребителя.

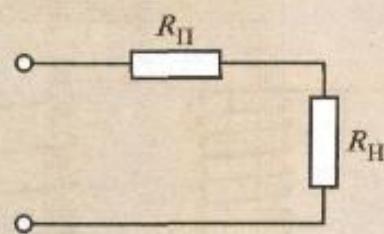


Рис. 33. Непосредственная передача электроэнергии от источника к потребителю

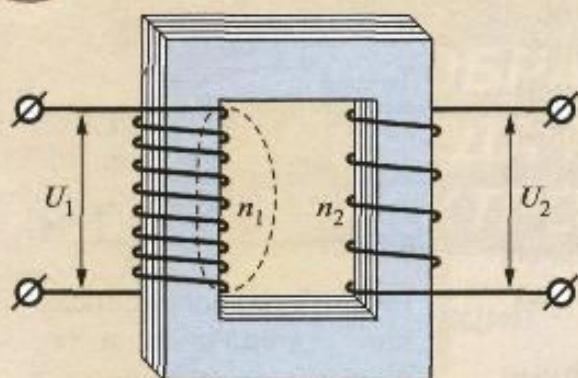


Рис. 34. Схема трансформатора

(Обычно первичную обмотку обозначают индексом 1, а вторичную — индексом 2.)

При протекании в первичной обмотке переменного тока в области катушки (в основном внутри катушки) изменяется магнитное поле. Это изменяющееся поле приводит к появлению в области катушки переменного электрического поля, которое вызывает ток во вторичной обмотке.

Естественно, что работа трансформатора возможна только при переменном токе, в частности при синусоидальном токе, вырабатываемом генератором переменного тока (см. § 2).

При синусоидальном токе, протекающем в первичной обмотке, во вторичной обмотке также возникает синусоидальный ток. Отношение амплитуд напряжений в первичной и вторичной обмотках трансформатора равно отношению чисел витков в соответствующих катушках: $U_1/U_2 = N_1/N_2$. Из этой формулы видно, что напряжение во вторичной обмотке может быть как больше, так и меньше напряжения в первичной обмотке. В первом случае трансформатор называют повышающим, во втором — понижающим.

Несложно понять, что сам трансформатор не вырабатывает энергию, более того, при работе трансформатора теряется некоторая энергия. Рассмотрим идеальный трансформатор, в котором нет потерь энергии. Вторичная обмотка может рассматриваться как источник тока, имеющий мощность $W_2 = U_2 I_2$, где I_2 — ток во вторичной обмотке. Первичная обмотка может рассматриваться как потребитель мощности $W_1 = U_1 I_1$, где I_1 — ток в первичной обмотке. В отсутствии потерь эти мощности равны, откуда следует: $I_1/I_2 = U_2/U_1 = N_2/N_1$. Таким образом, если трансформатор повышает напряжение, то он уменьшает значение тока в N_1/N_2 раз.

Вернемся теперь к формулам, определяющим потери мощности в проводах. Мощность пропорциональна квадрату протекающего тока. Следовательно, если сделать напряжение в проводящих проводах в тысячу раз больше напряжения, поступающего к потребителю, то потери

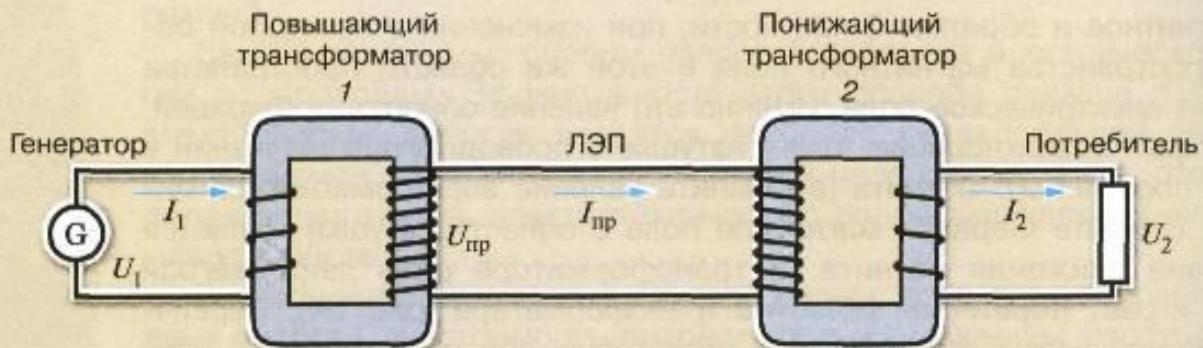


Рис. 35. Схема передачи электроэнергии с минимизацией потерь

можно уменьшить в миллион раз. Реально напряжения различаются в несколько тысяч раз. Заметим, что делать генераторы, вырабатывающие электричество с очень высоким напряжением, невыгодно, так как возникают проблемы с изоляцией проводов. Поэтому перед подачей напряжения в провода его также следует изменить (увеличить). В результате схему передачи энергии можно изобразить так, как это сделано на рисунке 35. (При $U_2 \gg U_1$, $U_2 \gg U_3$ и соответственно $I_2 \ll I_1$, $I_2 \ll I_3$ потери электроэнергии на нагрев проводов значительно уменьшаются.)

Ученые и инженеры постоянно работают над проблемой сбережения энергии при ее передаче. Существуют различные проекты, находящиеся в стадии разработки. Один из них — использование сверхпроводящих материалов для проводов. В настоящее время сверхпроводники (проводники с нулевым сопротивлением) работают лишь при очень низких температурах (десятка кельвинов). Однако принципиальных физических ограничений на сверхпроводимость при более высоких температурах не существует, что оставляет определенную надежду. Другая возможность — передавать на расстояние не электричество, а водород, полученный при разложении воды электрическим током. Потребитель в этом случае получает электроэнергию из водорода в специальных топливных элементах, имеющих высокий КПД.

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Проблема сбережения электроэнергии (и энергии вообще) касается любого потребителя, в том числе и вас. Отношение, выражаемое словами «Я за нее плачу...», в век возрастания глобальных проблем является неразумным. Возможно, вам еще раз придется заплатить — ухудшением экологической обстановки вследствие перегрузки производством энергии, а вашим потомкам придется заплатить ограничениями, вызываемыми сокращением энергоресурсов.

Передача энергии на расстояние в виде электроэнергии является в настоящее время наиболее удобным и дешевым способом. Использование трансформаторов и увеличение напряжения в проводах линий электропередачи позволяют существенно снизить потери энергии при передаче.

В новый портфель



- Почему для передачи электроэнергии используют переменный, а не постоянный ток?
- Вы наверняка видели трансформаторы, используемые в бытовых приборах. Трансформаторы, используемые на подстанциях линий электропередачи, имеют по сравнению с бытовыми трансформаторами гигантские размеры и вес в десятки тонн. Чем это объясняется?
- Если выгодно передавать по проводам ток высокого напряжения, то почему бы ни использовать высокое напряжение в приборах потребителя, не понижая его?

24

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

Урок-конференция

Мне не раз приходило в голову, что раб на гидротехническом строительстве — та война. На войне зевать не приходится, и че тебя опрокинут, и здесь нужно непрер но работать — на тебя наступает вода.

А. Е. Боч



Каковы основные узлы и принцип работы современной теплоэлектроцентрали (ТЭЦ)? Каковы основные узлы и принцип работы гидроэлектростанции (ГЭС)? Какое влияние на экологическую обстановку может оказывать строительство ТЭЦ и ГЭС?

О сколько нам открытий чудных
Готовят просвещенья дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, бог изобретатель...

А. С. Пушкин

Стихотворение посвящено про кладке электрического кабеля. Это событие вызвало всеобщее одобрение. Но о каких «ошибках трудных» и «парадоксах» предупреждает поэт? Актуальны ли слова об «ошибках» и «парадоксах» в настоящее время?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

ЦЕЛЬ КОНФЕРЕНЦИИ Ознакомиться с работой таких наиболее распространенных типов электростанций, как тепловые электростанции и гидроэлектростанции. Понять, какое влияние на экологическую обстановку может оказывать сооружение таких типов электростанций.

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИИ

1. Устройство и работа современной ТЭЦ.
2. Устройство и работа современной ГЭС.
3. Электростанции и экология.

СООБЩЕНИЕ 1 Фабрика электричества и тепла

Теплоэлектроцентраль является одним из наиболее распространенных производителей электроэнергии. Основным механизмом ТЭЦ является паровая турбина, приводящая в движение генератор электроэнергии. Этим же паром нагревается горячая вода, подающаяся в наши дома.

СООБЩЕНИЕ 2 Как работает ГЭС.

Гидроэлектростанции являются наиболее мощными производителями электроэнергии. В отличие от ТЭЦ гидроэлектростанции работают на восполняемых энергоресурсах. Может показаться, что электроэнергия ГЭС «дается даром». Однако ГЭС являются очень дорогими гидротехническими сооружениями.

СООБЩЕНИЕ 3 Электростанции и экология.

Современному обществу необходим большой объем электроэнергии. Производство такого объема электроэнергии неизбежно связано с преобразованием окружающей нас природы. Минимизировать отрицательные последствия — одна из задач, возникающих при проектировании электростанций. Но прежде всего необходимо осознавать, в чем состоит отрицательное воздействие на природу мощных установок по производству электричества.

Сжигание большого количества топлива может, в частности, вызывать такие явления, как кислотные дожди, химическое загрязнение и др. Казалось бы, гидроэлектростанции, в которых ничего не сгорает, не должны оказывать отрицательного воздействия на природу. Однако строительство равнинных ГЭС всегда связано с затоплением огромных территорий. Многие из экологических последствий такого затопления, произведенного в середине XX в., начинают сказываться только сейчас.

Источники информации

1. Детская энциклопедия.
2. Кириллин В. А. Страницы истории науки и техники / В. А. Кириллин. — М.: Наука, 1994.
3. Водольянов Л. А. Экологические последствия НПТ / Л. А. Водольянов. — Минск: Наука и техника, 1980.
4. Второв Р. П. Рассказы о биосфере / Р. П. Второв, Н. Н. Дроздов. — М.: Просвещение, 1986.
5. Нетрадиционные источники энергии. — М.: Знание, 1982.
6. Анткеев В. А. Технологические аспекты охраны окружающей среды / В. А. Анткеев, И. З. Копп, Ф. В. Скалкин. — Л.: Гидрометеоиздат, 1982.
7. Никитин Д. Л. Научно-технический прогресс, природа и человек / Д. Л. Никитин. — М.: Наука 1977.
8. Стырикович М. А. Энергетика. Проблемы и перспективы / М. А. Стырикович, Э. Э. Шпильрайн. — М.: Энергия, 1981.
9. Физика и научно-технический прогресс / под ред. В. Г. Разумовского, А. Т. Глазунова, В. А. Фабриканта. — М.: Просвещение, 1988.
10. Энергетика и охрана окружающей среды / под ред. Н. Г. Залогина [и др.]. — М.: Энергия, 1979.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ

Современные электростанции являются сложными инженерными сооружениями. Они необходимы для существования современного общества, однако их строительство должно вестись таким образом, чтобы минимизировать ущерб, наносимый природе.

25

**РАДИОВОЛНЫ И
ОСОБЕННОСТИ ИХ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ****Урок-лекция**

Как генерируются и регистрируются радиоволны? Каковы особенности распространения радиоволн вблизи поверхности Земли?



Иван Айвазовский. Среди волн

...Сквозь каждое сердце, сквозь каждые сети
Пробьется мое своеволье.
Меня — видишь кудри беспутные эти? —
Землю не сделаешь солью.

Дробясь о гранитные ваши колена,
Я с каждой волной — воскресаю!
Да здравствует пена — веселая пена —
Высокая пена морская!

М. Цветаева

В стихотворении М.Цветаевой есть слово «волна» и есть что-то еще, напоминающее волну. Как вы думаете, что и чем?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

Когда я рассказываю о полях, проносящихся сквозь пространство, в моей голове катастрофически перепутываются символы, нужные для описания объектов и сами объекты. Я не в состоянии дать картину, чтобы приблизительно похожую на настоящие волны.

P. Фейнман

Ключевые слова

Радиопередатчик • Радиоприемник
Антenna • Станции ретрансляции

Из старого портфеля

Колебательный контур. Электромагнитные колебания. Электромагнитные волны. Принципы радиосвязи и телевидения (Физика, 7—9 кл.; Естествознание 10 кл., § 56, 57).

ИЗЛУЧЕНИЕ И РЕГИСТРАЦИЯ РАДИОВОЛН

Радиоволны представляют собой частный случай электромагнитных волн. К ним относят волны с длиной волны от долей миллиметра до десятков километров. В отличие, например, от волн видимого диапазона, радиоволны не воспринимаются непосредственно органами чувств человека, хотя сильные радиоволны оказывают воздействие на организм живых существ.

Эти волны также отличают то, что сначала были зарегистрированы искусственные волны и лишь много позднее были обнаружены радиоволны естественно природы. Открытие способа получения регистрации радиоволн принадлежит немецкому ученому Генриху Герцу (1857). Герц не придал значения сделанному открытию. Он заявил, что не видит для него практического применения. Спустя всего сто лет уже невозможно было представить нашу цивилизацию не использующей радиоволны.

Как образуются радиоволны? Оказывается, любые электромагнитные волны

никают при движении заряженных частиц с ускорением. Для того чтобы эти волны обладали определенной длиной волн и определенной частотой, заряженные частицы должны совершать колебания с этой же частотой. Именно такое движение электронов происходит в **антенне**, к которой подсоединен генератор переменного тока. Схематично это устройство, называемое **радиопередатчиком**, изображено на рисунке 36. Длина радиоволн, излучаемых антенной, зависит от параметров переменного тока.

Конструкции радиопередатчиков могут быть весьма разнообразными, как и конструкции антенн. Для антенн важна одна деталь — размеры антенны должны быть сравнимыми с длиной волны или больше ее.

Электромагнитная волна представляет собой совокупность электрического и магнитного полей, распространяющихся в пространстве. Электрическое поле действует на все заряженные частицы, находящиеся в области, где присутствует волна. Если частицы способны совершать свободное движение (например, электроны в металле), электрическое поле приводит к периодическим колебаниям частиц, т. е. к возникновению переменного тока. Эти колебания, в частности, возникают в антенне **приемника** и затем регистрируются приемным устройством (рис. 37).

Антенна приемника может быть и меньше длины волны, но, чем больше антенна, тем слабее может быть сигнал, который нужно зарегистрировать.

Особенности распространения радиосигналов. Радиоволны различных диапазонов различаются особенностями распространения близи поверхности Земли. Общим свойством волн является способ-



Рис. 36.
Схема радиопередатчика



Рис. 37.
Схема приемника

Мы уже упоминали, что существуют радиоволны естественного происхождения. В частности, такие радиоволны приходят к нам из космоса. Что там заставляет колебаться заряженные частицы? Оказывается, многие небесные тела обладают магнитным полем, подобным магнитному полю Земли. Если вблизи такого тела имеется ионизированный газ, то на движущиеся заряженные частицы действует сила Лоренца (см. § 20). Поскольку сила Лоренца всегда направлена перпендикулярно скорости движения, то она не разгоняет частицы, а лишь заставляет их менять направление, в результате чего они совершают периодическое круговое движение. В результате такого движения и происходит генерация радиоволн.

ность огибать препятствия с размерами меньше длины волны — явление дифракции. В силу этого явления волны длинноволнового и средневолнового диапазонов способны огибать большие строения, горы даже заходить за горизонт, огибая земную поверхность. Более короткие волны могут распространяться только по прямой, не заходя за горизонт. Однако волны коротковолнового диапазона (десятки метров) отражаются от ионосфера — слоя атмосферы, расположенного на высоте 100—500 км и содержащего заряженные частицы — электроны и ионы. Для волн длиннее 10 м ионосфера подобна зеркалу. После отражения от ионосферы радиоволны могут отражаться от поверхности морской воды, также содержащей ионы. В силу многократного отражения связь на коротких волнах может осуществляться на очень большие расстояния, вплоть до противоположной точки Земли. Однако эта связь неустойчива, она сильно зависит от состояния атмосферы и солнечной активности, вызывающей магнитные бури. Это, кстати, объясняет плохое качество радиопередач на коротких волнах.

Для волн метрового и дециметрового диапазонов ионосфера прозрачна. Связь на этих волнах осуществляется только на расстояние прямой видимости. По этой причине передающие телевизионные антенны размещают на высоких телебашнях, а для осуществления трансляций на большие расстояния необходимо строить **станции ретрансляции**, принимающие и затем передающие сигнал.

В настоящее время именно волны длиной меньше метра используют для дальней радиосвязи. К помочь приходят искусственные спутники Земли. Их выводят на геостационарную орбиту, период обращения по которой совпадает с периодом обращения Земли вокруг Солнца (около 24 ч). В результате спутник поворачивается вместе с Землей таким образом, зависает над определенной точкой Земли, расположенной на экваторе. Радиус геостационарной орбиты около 40 000 км. Такой спутник принимает сигналы Земли и ретранслирует его обратно. Спутниковое телевидение стало уже вполне обычным, в любом городе вы можете увидеть «тарелки» — антенны для приема спутникового сигнала. Однако, помимо телевизионных, через спутники передается множество других сигналов: сигналы Интернета, осуществляется связь с судами, находящимися в морях и океанах. Эта связь более надежная,

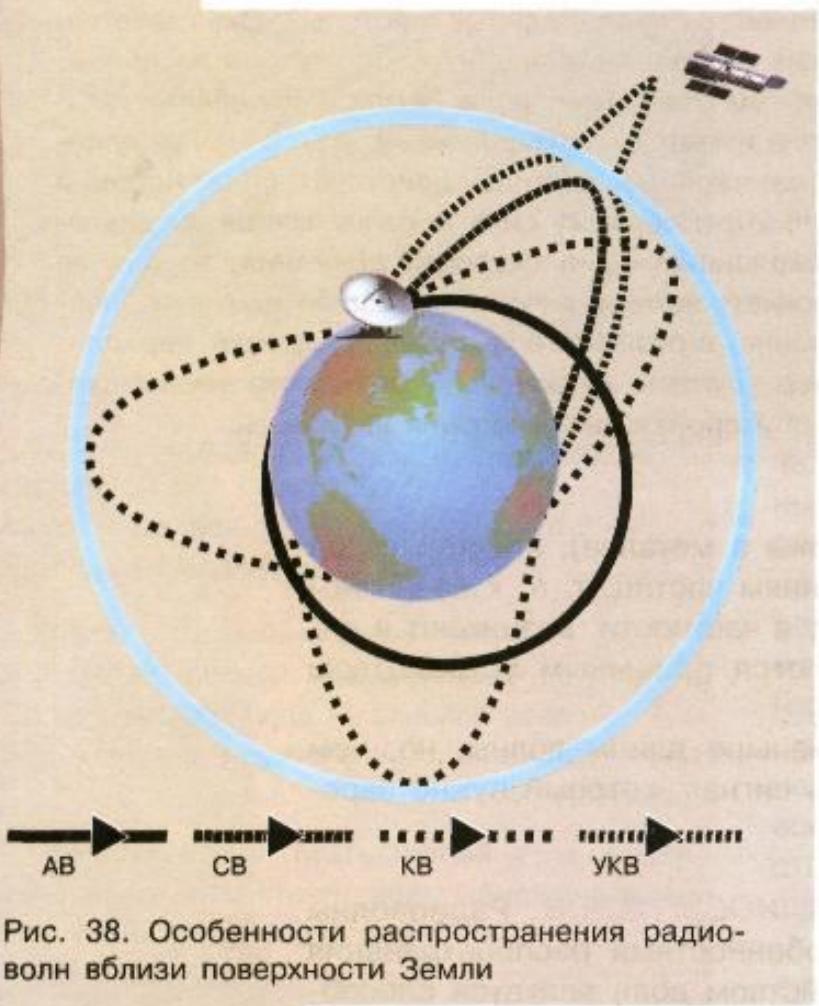


Рис. 38. Особенности распространения радиоволн вблизи поверхности Земли

связь на коротких волнах. Особенности распространения радиоволн показаны на рисунке 38.

Все радиоволны делят на несколько диапазонов в зависимости от их длины. Названия диапазонов, свойства распространения радиоволн и характерные области их использования приведены в таблице.

Диапазоны радиоволн

Диапазон волн	Длина волн	Свойства распространения	Использование
Длинные	700—3000 м	Огибают поверхность Земли и препятствия (горы, строения)	Радиовещание
Средние	200—600 м		
Короткие	10—100 м	Прямолинейное распространение, отражаются от ионосферы	Радиовещание, радиосвязь
Ультракороткие	1—10 м (метровые)	Прямолинейное распространение, проходят через ионосферу	Радиовещание, телевещание, радиосвязь, радиолокация
	1—10 дм (декиметровые)		
	1—10 см (сантиметровые)		
	1—10 мм (миллиметровые)		

Генерация радиоволн происходит в результате движения с ускорением заряженных частиц. Волна данной частоты генерируется при колебательном движении заряженных частиц с этой частотой. При воздействии радиоволны на свободные заряженные частицы возникает переменный ток той же частоты, что и частота волны. Этот ток может регистрироваться приемным устройством. Радиоволны разных диапазонов по-разному распространяются вблизи поверхности Земли.

В новый портфель



- ▶ Какая частота соответствует наиболее коротким и наиболее длинным радиоволнам?
- ▶ Волны каких диапазонов, приходящие к нам из космоса, мы можем принимать наземными приемниками?
- ▶ Выскажите гипотезу, чем может определяться граница длин радиоволн, отражаемых ионосферой.

26 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОВОЛН

Урок-лекция

Вот, радио есть, а счастья нет.

И. Ильф, Е. Петров



Каким образом можно осуществить передачу информации при помощи радиоволн? На чем основана передача информации при помощи искусственных спутников Земли? Каковы принципы радиолокации? Какие возможности предоставляет радиолокация?

Ключевые слова

Радиосвязь • Радиолокация • Модуляция волн

Из старого портфеля

Электромагнитные волны. Принцип радиосвязи и телевидения (Физика. 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 56, 57).

Несмотря на то что радиоволны не воспринимаются органами чувств, они широко используются на практике. При помощи радиоволн проводится **радиосвязь** на далекие, в том числе и межпланетные расстояния, радиовещание и телевещание. Радиоволны используют для определения положения различных объектов и их скоростей, т. е. для **радиолокации**. Радиолокационные приборы стали неотъемлемой частью оборудования судов и самолетов, а также различных служб, осуществляющих навигацию. Немаловажно, что при помощи радиоволн мы получаем информацию об объектах во Вселенной, в частности о самых далеких объектах, лежащих на границе наблюдаемой части Вселенной.

Усовершенствованные конструкции радиопередатчиков и радиоприемников были разработаны итальянцем Маркони, который в 1921 году сумел осуществить регулярную связь между Европой и Америкой.

ПРИНЦИПЫ МОДУЛЯЦИИ ВОЛН. Основная задача радиоволн — передача некоторой информации на расстояние. Монохроматическая радиоволна определенной длины представляет собой синусоидальное колебание электромагнитного поля и не переносит какой-либо информации. Чтобы такая волна переносила информацию, ее нужно каким-то образом изменять или, говоря научным языком, модулировать (от лат. *modulatio* — мерность, размерность). Простейшая **модуляция** радиоволн использовалась в первых радиотелефонах, для чего применялась азбука Морзе. При помощи ключа радиопередатчики включались на более или менее длительное время. Длинные промежутки соответствовали знаку «тире», а короткие — знаку «точка». Каждой букве алфавита сопоставлялся определенный на-

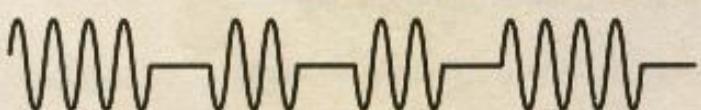


Рис. 39. Передача информации радиоволной, модулированной сигналами азбуки Морзе

точек и тире, которые шли с некоторым промежутком. На рисунке 39 приведен график колебаний волны, передающей сигнал «тире-точка-точка-тире». (Заметим, что в реальном сигнале на одну точку или тире укладывается значительно большее число колебаний.)

Естественно, что голос или музыку передавать таким сигналом было невозможно, поэтому позже стали применять другую модуляцию. Как вы знаете, звук представляет собой волну давления. Например, чистому звуку — ноте «ля» первой октавы — соответствует волна, давление которой изменяется по синусоидальному закону с частотой 440 Гц. При помощи прибора микрофона (от греч. *micros* — малый, *phone* — звук) колебания давления можно преобразовать в электрический сигнал, представляющий собой изменение напряжения с той же частотой. Эти колебания можно наложить на колебание радиоволны (рис. 40). Электрические сигналы, соответствующие речи, музыке, а также изображению, имеют более сложный вид, однако суть модуляции остается неизменной: огибающая амплитуды радиоволны повторяет форму информационного сигнала.

Позднее были разработаны другие разнообразные способы модуляции, при которых изменяется не только амплитуда волны (см. рис. 39, 40), но и частота, что позволило передавать, например, сложный телевизионный сигнал, несущий информацию об изображении. Большинство из вас наверняка настраивали радиоприемники или телевизоры на какую-либо программу, использовали мобильную телефонную связь. Наш эфир переполнен самыми разнообразными радиосигналами, и их количество непрерывно увеличивается. Не тесно ли им там? Есть ли вообще какие-то ограничения на количество одновременно работающих радио- и телепередатчиков?

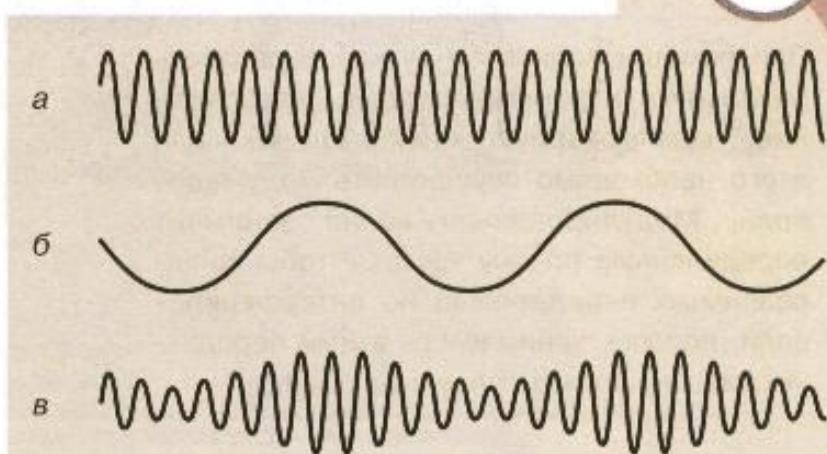


Рис. 40. Радиоволна, модулированная волной звуковой частоты: а — график радиоволны; б — график электрического сигнала, соответствующего звуку; в — график модулированной радиоволны

В настоящее время имеет место тенденция возврата к первоначальным «точкам» и «тире». Дело в том, что любая звуковая и видеинформация может быть закодирована в виде последовательности чисел. Именно такая кодировка осуществляется в современных компьютерах. Например, изображение на экране компьютера состоит из множества точек, каждая из которых светится каким-либо цветом. Каждый цвет кодируется определенным числом, и, таким образом, все изображение может быть представлено в виде последовательности чисел, соответствующих точкам на экране. В компьютере все числа хранятся и обрабатываются в двоичной системе единиц, т. е. используются две цифры 0 и 1. Очевидно, эти цифры аналогичны «точкам» и «тире» азбуки Морзе. Сигналы, закодированные в цифровом формате, обладают многими преимуществами — они менее подвержены искажениям при радиопередаче и легко обрабатываются современными электронными устройствами. Именно поэтому современные мобильные телефоны, а также передача изображений при помощи спутников используют цифровой формат.

При помощи радиоволн можно передавать различную информацию (звук, изображение, компьютерную информацию), для этого необходимо осуществить модуляцию волн. Модулированная волна занимает определенную полосу частот. Чтобы волны различных передатчиков не интерферировали, полосы, занимаемые этими передатчиками, не должны перекрываться.

В новый портфель

Оказывается, ограничения число одновременно работающих передатчиков существуют. Делом, что, когда электромагнитная волна несет какую-либо информацию, она модулирована определенным сигналом. Такой модулированной волне уже нельзя с поставить строго определенную частоту или длину. Например, если волна a на рисунке 40 имеет

частоту ω , лежащую в диапазоне радиоволн, а сигнал b имеет частоту Ω , лежащую в диапазоне звуковых волн (от 20 Гц до 20 кГц), то модулированная волна c на самом деле представляет собой три радиоволны с частотами $\omega - \Omega$, ω и $\omega + \Omega$. Чем больше информации содержит волна, тем больший диапазон частот она занимает. При передаче звука достаточно диапазона примерно в 16 кГц, телевизионный сигнал занимает уже диапазон примерно в 8 МГц, т. е. в 500 раз больше. Именно поэтому передача телевизионного сигнала возможна лишь в диапазоне ультракоротких (метровых и дециметровых) волн.

Если полосы сигналов двух передатчиков перекрываются, то волны этих передатчиков интерферируют. Интерференция приводит к возникновению помех при приеме волн. Чтобы передаваемые сигналы не влияли друг на друга, т. е. чтобы передаваемая информация не искасалась, полосы, занимаемые радиостанциями, не должны перекрываться. Это накладывает ограничение на количество радиопередающих устройств, работающих в каждом диапазоне.

ПРИНЦИПЫ РАДИОЛОКАЦИИ. Другой важной областью применения радиоволн является радиолокация, основанная на способности радиоволн отражаться от различных объектов. Радиолокация позволяет определить местоположение объекта и его скорость. Для радиолокации используются волны дециметрового и сантиметрового диапазонов. Причина такого выбора очень проста: более длинные волны в силу явления дифракциигибают объекты (самолеты, суда, машины), практически не отражаясь от них.

Чтобы определить местоположение, необходимо определить направление на объект и расстояние до него. Задача определения расстояния решается просто. Радиоволны распространяются со скоростью

света, поэтому волна доходит до объекта и возвращается назад за время, равное удвоенному расстоянию до объекта, деленному на скорость света. Передающее устройство посылает в сторону объекта радиоимпульс, а приемное устройство, использующее ту же антенну, принимает эти

Радиолокация дает возможность установить расстояние до объекта, направление на объект и скорость объекта. Благодаря способности радиоволн свободно проходить через облака и туман методы радиолокации могут применяться при любых погодных условиях.

В новый портфель

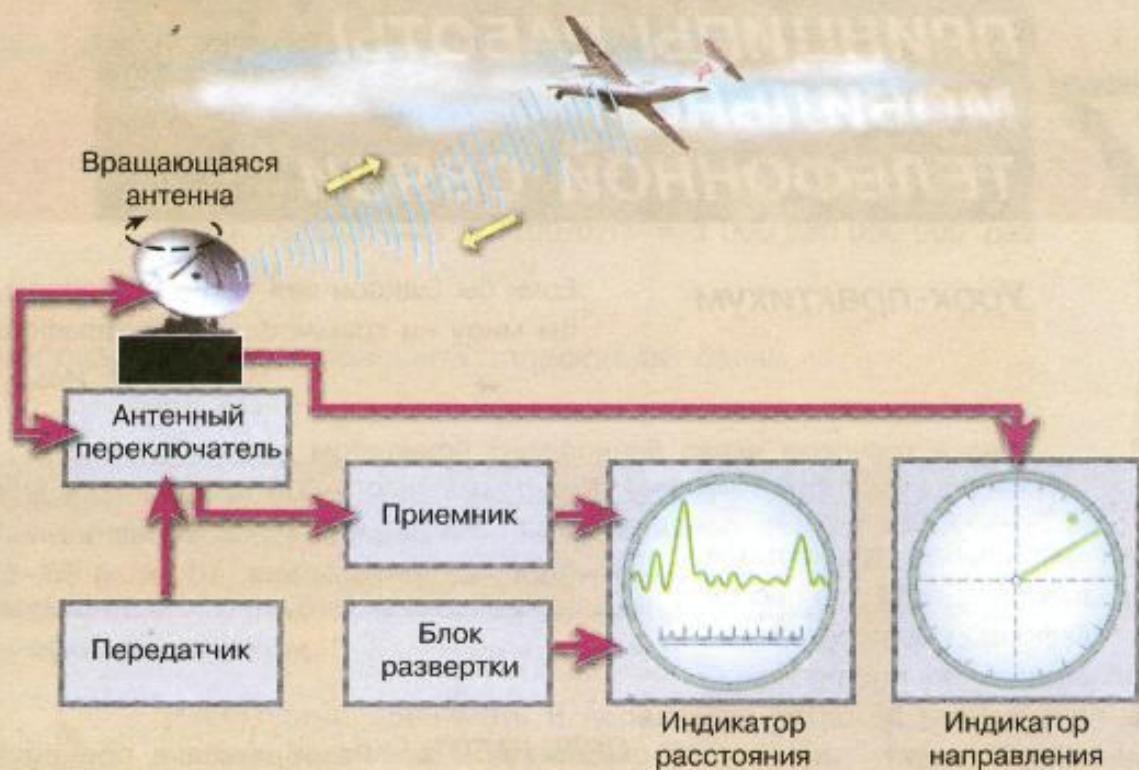


Рис. 41. Принцип радиолокации

импульс. Время между передачей и приемом радиоимпульса автоматически пересчитывается в расстояние.

Для определения направления на объект используются узконаправленные антенны. Такие антенны формируют волну в виде узкого пучка так, что объект попадает в этот пучок только при определенном расположении антенны (действие подобно лучу фонарика). В процессе радиолокации антенна «поворачивается» так, что пучок волны сканирует большую область пространства. Слово «поворачивается» взято в кавычки потому, что в современных антенах никакого механического поворота не происходит, направленность антенны изменяется электронным способом. Принцип радиолокации проиллюстрирован на рисунке 41.



- Какова длина радиоволн, используемых для связи?
- Как «заставить» радиоволну переносить информацию?
- Чем ограничено число радиостанций в эфире?
- Полагая, что частота передачи должна в 10 раз превосходить ширину частот, занимаемую сигналом, вычислите минимальную длину волны для передачи телевизионного сигнала.
- Как при помощи радиолокации можно определить скорость объекта?

27

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

Урок-практикум



Как работает мобильная телефонная связь? Какие элементы входят в состав мобильного телефонного аппарата и каково их функциональное предназначение? Каковы перспективы развития мобильной телефонной связи?



Храм Артемиды (реконструкция)

Храм Артемиды построен наподобие пчелиных сот. Чем мобильная (сотовая) связь напоминает храм Артемиды?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

ПОДСКАЗКА

Обычная радиосвязь при помощи радиостанций обеспечивает связь между двумя абонентами или небольшой группой абонентов. Прямая связь на больших расстояниях возможна лишь на длинных, средних и коротких волнах (см. § 26). Прямая связь в диапазоне ультракоротких волн возможна только на расстоянии прямой видимости.

2.

Предложите диапазон длин волн, на которых может осуществляться мобильная телефонная связь.

Если бы Эдисон вел такие разговоры, не видели бы миру ни граммофона, ни телефона.

И. Ильф, Е. Петров

Из старого портфеля

Электромагнитные волны. Принципы радиосвязи и телевидения (Физика 7–9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 56, 57).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ Разобраться в принципах мобильной телефонной связи. Нарисовать функциональную схему. Разобраться в устройстве мобильного телефонного аппарата.

ПЛАН РАБОТЫ Последовательно выполняя задания, изучить принципы работы мобильной связи и ее основные функциональные элементы.

Мобильная телефонная связь появилась относительно недавно — в конце XX в. Значительно старше ее обычная телефонная связь по проводам (конец XIX в.) и радиосвязь (начало XX в.).

1.

Сформулируйте преимущества мобильной телефонной связи по сравнению с обычной телефонной связью и радиосвязью.

2. Предложите диапазон длин волн, на которых может осуществляться мобильная телефонная связь.

ПОДСКАЗКА

При заданной мощности передатчика мощность излучаемой волны пропорциональна четвертой степени частоты или обратно пропорциональна четвертой степени длины волны. Например, если есть два передатчика одинаковой мощности и первый работает на длине волны 100 м, а второй — на длине волны 10 см, то мощность волны второго передатчика в $(100/0,1)^4 = 1\ 000\ 000\ 000$ раз больше.

- 3.** Изобразите схему мобильной телефонной связи.

ПОДСКАЗКА

Система мобильной телефонной связи включает в себя абонентов, обменивающихся информацией через телефонную станцию при помощи радиоволн.

- 4.** Попробуйте перечислить элементы, которые должна включать телефонная станция.

ПОДСКАЗКА

Необходимо принимать и передавать сигнал (электромагнитные волны) в достаточно большом регионе. Ультракороткие волны распространяются на расстояния прямой видимости.

- 5.** Какие устройства должен содержать телефонный аппарат для мобильной связи?

ПОДСКАЗКА

При передаче вашего сигнала телефонный аппарат должен принимать от вас информацию, преобразовывать эту информацию в радиоволны и посыпать эти волны на телефонную станцию. При приеме аппарат должен принимать волну от станции, преобразовывать ее в информацию, которую вы способны воспринять.

Каждое устройство, входящее в функциональную схему мобильной связи, представляет собой сложный прибор, работа которого основана на последних достижениях науки и технологии.

**В новый
портфель**

ОБРАЗ ЖИЗНИ

1. При использовании мобильного телефона происходит постоянное излучение радиоволн в непосредственной близости от головного мозга. В настоящее время ученые не пришли к единому мнению о степени влияния такого излучения на организм. Однако не следует вести чрезмерно длительных разговоров по мобильному телефону!
2. Сигналы мобильных телефонов могут создавать помехи для различных электронных устройств, например навигационных приборов. Некоторые авиакомпании запрещают использование мобильных телефонов при полете или в определенное время полета (взлет, посадка). Если такие запреты существуют, соблюдайте их: это в ваших интересах!

28

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА
И ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Урок-лекция

Затем, не жалея ни труда, ни средств, я достиг того, что изготовил инструмент, настолько совершенный, что при взгляде через него предметы казались почти в тысячу раз крупнее и более чем в тридцать раз ближе, чем видимые естественным образом.

Г. Галилео



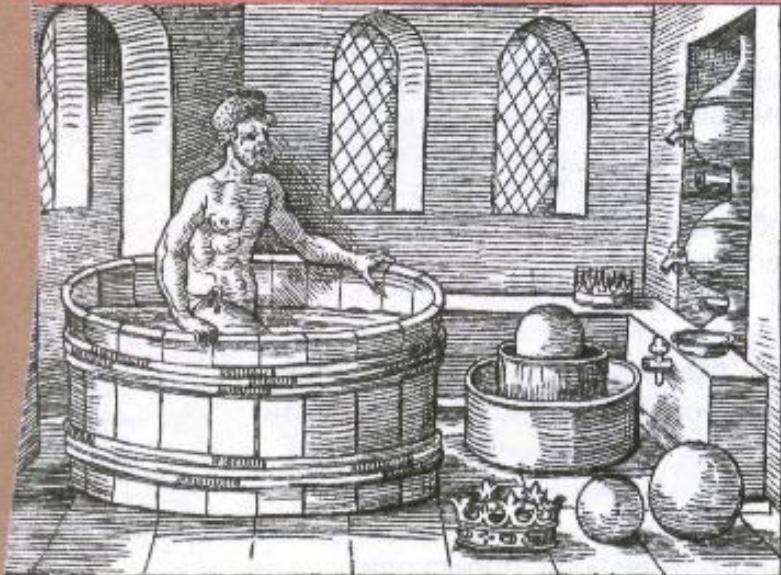
Как рассматриваются световые явления с точки зрения геометрической оптики? Что такое объективы? В каких приборах они используются? Как достигается визуальное увеличение? Какие приборы позволяют достичнуть визуального увеличения?

Ключевые слова

Геометрическая оптика • Фокусное расстояние линзы • Объектив • ПЗС-матрица • Проектор • Аккомодация • Окуляр

Из старого портфеля

Элементы геометрической оптики. Линза. Фокусное расстояние линзы. Глаз как оптическая система. Оптические приборы (Физика, 7—9 кл.; Естествознание 10 кл., § 16).



Архимед: «Эврика!». Иллюстрация к базельскому изданию

Архимед уничтожил римский флот, направив на погреб с порохом сфокусированный солнечный луч. Как ему это удалось?

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА И СВОЙСТВА ЛИНЗ. Свет, так же как и радиоволны, является электромагнитной волной. Одна длина волны видимого излучения составляет несколько десятых долей микрометра. Поэтому такие волновые явления, как интерференция и дифракция, в обычных условиях практически не проявляются. Это привело к тому, что волновая природа света долгое время не была известна, и даже Ньюton предполагал, что свет представляет собой поток частиц. Считалось, что эти частицы сдвигаются от одного предмета до другого по прямой линии, а потоки этих частиц образуют световые лучи, которые можно наблюдать, пропустив свет через маленькое отверстие. Такой взгляд на свет характерен для геометрической оптики в отличие от волновой оптики, где свет рассматривается как волна. Геометрическая оптика позволяет обосновать законы отражения и преломления света на границе между различными прозрачными веществами. В результате

были объяснены свойства линз. С их изобретения и началось практическое использование достижений оптики.

Объект представляется как совокупность светящихся точек, и его изображение строится по точкам. Расстояние от источника до линзы d связано с расстоянием от изображения до линзы d' соотношением $1/d + 1/d' = 1/f$, где f — **фокусное расстояние**, т. е. расстояние от фокуса линзы до самой линзы. Изображение объекта может быть как уменьшенным, так и увеличенным. Коэффициент увеличения (уменьшения) несложно получить, исходя из свойств подобия треугольников: $\Gamma = d'/d$. Из двух последних формул можно вывести следующее свойство: изображение получается уменьшенным, если $d > 2f$ (в этом случае $f < d' < 2f$). Из обратимости хода лучей следует, что изображение будет увеличенным, если $f < d < 2f$ (в этом случае $d' > 2f$). Заметим, что если нужно значительно увеличить изображение, то объект помещают на расстоянии от линзы чуть дальше фокуса, а изображение будет отстоять на большом расстоянии от линзы. Напротив, если нужно значительно уменьшить изображение, то объект помещают на большом расстоянии от линзы, а его изображение будет находиться чуть дальше, чем фокус от линзы.

ОБЪЕКТИВЫ В РАЗЛИЧНЫХ ПРИБОРАХ. Описанное свойство линз используется в различных приборах, где собирающие линзы применяют в качестве **объективов**. Строго говоря, любой качественный объектив состоит из системы линз, однако его действие такое же, как у одной собирающей линзы.

Приборы, увеличивающие изображение, называют **проекторами**. Проекторы используют, например, в кинотеатрах, где изображение на пленке с размерами в несколько сантиметров увеличивается до размеров экрана в несколько метров. Другой тип проекторов — мультимедийные проекторы. В них сигнал, поступающий с компьютера, видеомагнитофона, устройства записи изображения на видеодисках, формирует малое изображение, которое через объектив проектируется на большой экран.

Значительно чаще возникает необходимость уменьшить, а не увеличить изображение. Именно для этого служат объективы в фотоаппаратах и видеокамерах. Изображение размером в несколько метров, например изображение человека, уменьшается до размеров в несколько сантиметров или в несколько миллиметров. Приемником, куда проецируется изображение, является фотопленка или специальная матрица из полупроводниковых датчиков (**ПЗС-матрица**), преобразующая видеоизображение в электрический сигнал.

Уменьшение изображения используют при производстве микросхем, применяемых в электронных устройствах, в частности в компьютерах. Элементы микросхем — полупроводниковые приборы, соединительные провода и другие имеют размеры в несколько микрометров, а их число в кремниевой пластинке с размерами порядка сантиметра достигает нескольких миллионов. Естественно, нарисовать столько элементов такого масштаба без уменьшения при помощи объектива невозможно.



Рис. 42. Оптическая схема глаза

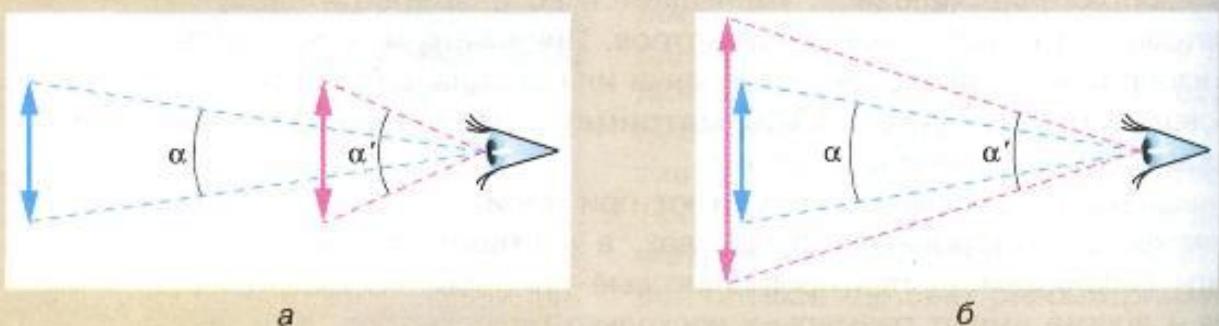
Объективы, уменьшающие изображение, пользуются в телескопах. На пленке или ПЗС-матрице с размерами в несколько сантиметров «умещаются» такие объекты, как галактики, имеющие размеры в миллионы световых лет.

В качестве объективов в телескопах используют вогнутые зеркала. Свойства вогнутого зеркала во многом подобны свойствам собирающей линзы: только изображение создается не за зеркалом, перед ним. Это как бы отражение изображения полученного линзой.

Наш глаз также содержит в своем составе объектив — хрусталик, уменьшающий видимыми объекты до размеров сетчатки глаза т. е., нескольких миллиметров (рис. 42).

Чтобы изображение было резким, специальные мышцы изменяют фокусное расстояние хрусталика, увеличивая его при приближении объекта и уменьшая при удалении. Способность изменять фокусное расстояние называют **аккомодацией**. Нормальный глаз способен фокусировать изображение для объектов, находящихся далее 12 см от глаза. Если мышцы не способны уменьшить фокусное расстояние хрусталика до требуемой величины, человек не видит близкие предметы, т. е. страдает дальнозоркостью. Исправить положение можно, поместив перед глазом собирающую линзу (очки), действие которой эквивалентно уменьшению фокусного расстояния хрусталика. Исправление противоположного дефекта зрения — близорукости происходит при помощи рассеивающей линзы.

ПРИБОРЫ, ДАЮЩИЕ ВИЗУАЛЬНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ. При помощи глаз мы можем оценить только угловые размеры объекта (Естествознание 10 кл., § 16). Например, булавочной головкой мы можем закрыть изображение Луны, т. е. угловые размеры Луны и булавочной головки можно сделать одинаковыми. Добиться визуального увеличения можно либо приблизив объект к глазу, либо каким-то способом увеличив его на том же расстоянии от глаза (рис. 43).

Рис. 43. Визуальное увеличение изображения объекта ($\alpha' > \alpha$): а — при приближении объекта к глазу; б — при увеличении объекта

Стараясь рассмотреть какой-то мелкий объект, мы приближаем его к глазу. Однако при очень сильном приближении наш хрусталик не справляется с работой, фокусное расстояние не может уменьшиться так, чтобы мы могли рассмотреть объект, например, с расстояния 5 см. Исправить положение можно так же, как и при дальнозоркости, поместив перед глазом собирающую линзу. Использующаяся с этой целью линза называется **лупой**. Расстояние, с которого нормальному глазу удобно рассматривать мелкий объект, называется расстоянием наилучшего зрения. Обычно это расстояние принимается равным 25 см. Если лупа позволяет рассмотреть объект, например, с расстояния 5 см, то достигается визуальное увеличение в $25/5 = 5$ раз.

А как получить визуальное увеличение Луны? При помощи объектива нужно создать уменьшенное, но приближенное к глазу изображение Луны, а затем рассмотреть это изображение в лупе, которая в данном случае называется **окуляр**. Именно так работает труба Кеплера (Естествознание, 10 кл., § 16).

Визуальное увеличение, например клетки растения или животного, получается другим образом: объектив создает увеличенное изображение объекта, близкое к глазу, которое рассматривается в окуляр. Именно так работает микроскоп.

Линзы и системы линз используются во многих приборах. Объективы приборов позволяют получить как увеличенное, так и уменьшенное изображение объекта. Визуальное увеличение достигается при помощи увеличения углового размера объекта. Для этого используется лупа или окуляр в системе с объективом.

**В новый
портфель**



- ▶ На каком свойстве лучей основано действие линз?
- ▶ В микроскопе и трубе Кеплера изображение оказывается перевернутым. Какая из линз — объектив или окуляр — переворачивает изображение?
- ▶ Исходя из метода построения изображения в собирающей линзе, объясните, почему при изменении расстояния между объектом и глазом должно изменяться фокусное расстояние хрусталика.

29

ПРИНЦИП
ДЕЙСТВИЯ ОЧКОВ

Урок-практикум



Что происходит при аккомодации глаза? В чем различие работы нормального, близорукого и дальнозоркого глаза? Как действие линзы исправляет дефект зрения?



Очки

Один китайский император повелел всем своим подданным носить очки, так как считал, что нельзя «прямым» глазами смотреть на царственную особу. Действительно ли взгляд через очки «не прямой»?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

мерна и соответственно фокусное расстояние линзы. Это явление имеет место при дальнозоркости.

Оптическая сила линзы измеряется в диоптриях и определяется ее величина, обратная фокусному расстоянию: $D = 1/f$ (1 дптр = 1/1 м). Оптическая сила рассеивающей линзы имеет отрицательное значение. Оптическая сила хрусталика всегда положительна. Однако для близорукого глаза оптическая сила хрусталика слишком велика, а для дальнозоркого слишком мала.

Действие очков основано на свойстве линз, в соответствии с которым оптические силы двух близко стоящих линз складываются (с учетом знака).

Мартышка к старости слаба глазами стала
А у людей она слыхала,
Что это зло еще не так большой руки;
Лишь стоит завести очки.

И. А. Крылов

Из старого портфеля

Линза. Фокусное расстояние линзы. Глаз как оптическая система. Оптические приборы (Физика, 7—9 кл.). Нарушения зрения (Биология, 8 кл.).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ При помощи мультимедийной программы исследовать работу хрусталика глаза при нормальном, близоруком и дальнозорком зрении. Исследовать, каким образом при помощи линзы исправляется дефект зрения.

Оборудование. Персональный компьютер, мультимедийный диск («Открытая физика»).

ПЛАН РАБОТЫ Последовательно выполняя задания, исследовать возможности аккомодации нормального, близорукого и дальнозоркого глаза. Исследовать аккомодацию близорукого и дальнозоркого глаза при наличии линзы перед глазом. Подобрать линзу для соответствующего глаза.

Вы уже знаете, что такие дефекты зрения, как близорукость и дальнозоркость, связаны с тем, что мышцы глаза не могут придать хрусталику оптимальную кривизну. При близорукости хрусталик остается слишком выпуклым, его кривизна чрезмерна и соответственно фокусное расстояние слишком мало. Обратите внимание, что

1. Исследуйте работу нормального глаза без линзы. Вам предлагаются три варианта аккомодации: нормальная — для расстояния наилучшего зрения, дальняя — для бесконечно большого расстояния и автоматическая, при которой глаз подстраивает хрусталик под заданное расстояние. Изменяя расстояние до объекта, наблюдайте моменты, когда глаз сфокусирован. Где в этом случае фокусируется изображение внутри глаза? Чему в данной программе соответствует расстояние наилучшего зрения?

2. Исследуйте действие лупы. Определите для нормального глаза нормальную аккомодацию. Установите перед глазом собирающую линзу с максимально возможной оптической силой. Найдите расстояние, при котором глаз оказывается сфокусированным. Используя материал § 28, определите, во сколько раз увеличивает данная лупа.

3. Повторите задание 1 для близорукого и дальнозоркого глаза. Где фокусируются лучи, когда глаз не сфокусирован?

4. Подберите очки для близорукого и дальнозоркого глаза. Для этого установите автоматическую аккомодацию глаза. Подберите линзу так, чтобы глаз был сфокусирован при изменении расстояния от расстояния наилучшего зрения (25 см) до бесконечного расстояния. В каких пределах лежат оптические силы линз, при которых очки для «глаз», приведенных в программе, могут успешно выполнять свои функции?

5. Попробуйте добиться оптимального результата для близорукого и дальнозоркого глаза, когда при выбранной линзе глаз окажется сфокусированным на расстояниях от бесконечного до минимально возможного.

Лучи от далеких объектов после прохождения через хрусталик близорукого глаза фокусируются перед сетчаткой, и изображение становится нерезким. Для исправления необходимы очки с рассеивающими линзами. Лучи от близких объектов после прохождения через хрусталик дальнозоркого глаза фокусируются за сетчаткой, и изображение становится нерезким. Для исправления необходимы очки с собирающими линзами.

В новый
портфель

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Целью данной работы было знакомство с действием очков, а не обучение подбору очков. Если у вас или ваших знакомых имеются проблемы со зрением, не пытайтесь самостоятельно подобрать очки: это не простая задача. Обращайтесь к специалистам, не будьте тюхи на мартышку из басни Крылова.

3

Глава

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ В МИРЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОБРАЗ И МЫСЛЬ



Павел Филонов (1883—1941)

Формула весны (1922—1923). Государственный Русский музей, Санкт-Петербург

- Внимательно рассмотрите произведение и постарайтесь понять, о чем оно. Попробуйте дать картине свое название, исходя из тех ощущений, которые возникли у вас при ее рассматривании. Поясните свое мнение, опираясь на само произведение. Обменяйтесь впечатлениями с одноклассниками, сравните их. В чем они совпадают, а чем различаются?
- Задумайтесь над названием, которое дал картине художник, — «Формула весны». Как вы считаете, отличается ли «формула весны» ученого от «формулы весны» художника? Чем именно? На какие элементы они могли бы «разложить» весну?
- Павла Филонова часто называли «очевидец незримого». Прокомментируйте эту оценку творчества мастера. Сравните ее с высказыванием о живописи Р. Магритта (вопросы к иллюстрации, глава 2). Помогают ли эти цитаты понять миссию искусства в жизни человека и общества, его роль в познании окружающего мира?

ПРЕАМБУЛА:

На рубеже XIX—XX вв. произошла «революция в естествознании». Она привела к изменению взглядов на пространство, время и материю. Ученые открыли законы, «управляющие» движением в микромире. Это дало толчок к развитию новых технологий, связанных с химией, привело к появлению ядерной энергетики и полупроводниковой техники. Естественные науки в это время стали занимать лидирующие позиции по отношению к технике.

Во второй половине XX в. появились новые технологии основанные на генной инженерии, а также информационные технологии. Их развитие, а соответственно и развитие порождающих их естественных наук активно продолжается и в XXI в. В настоящее время человечество, и ученые в частности, не до конца осознает пределы такого развития и их последствия. В этой главе вы познакомитесь с основными достижениями этих технологий и попробуете осмыслить перспективы их развития.

30

ПРИБОРЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА СВЕТА

Урок-лекция



Как, используя интерференцию света, разложить световое излучение в спектр? Что такое поляризация волны? Какие приборы делают световую волну поляризованной?



Радуга

В европейских народных верованиях радуга ассоциировалась с вестью о богатстве. «Где упирается радуга — горшок с золотом». Как вы думаете, почему с радугой связаны такие ассоциации?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

...ψ, не колеблясь, утверждаю, что оптический анализ даёт возможность различать мельчайшие количества этих веществ с такою же точностью, как и любой и известных способов.

В. Гершель

Ключевые слова

Дифракционная решетка • Естественно поляризованный свет • Линейно поляризованный свет • Поляризатор • Полное внутреннее отражение • Оптический световод • Оптическое волокно

Из старого портфеля

Отражение и преломление света. Свет — электромагнитная волна (Физика, 7—9 кл.)

Возможно, английский ученый Вильгельм Гершель, произнесший в 1934 г. приведенные эпиграфе слова, был одним из первых, кто осознал практическую полезность изобретенного Йозефом Фраунгофером метода анализа спектров. Развитие спектроскопии в XX в. доказало это утверждение: спектральный анализ стал наиболее точным по отношению к другим методам, а в некоторых случаях, как, например, при исследовании состава космических тел, единственно возможным. Однако этот метод, и другие практические приложения волновой теории света развились лишь в XX в., несмотря на то что основные элементы этой теории были сформулированы в начале XIX в.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА И ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА. Интерференция света принципиально не отличается от интерференции других волн. Однако наблюдение интерференции света затруднено тем, что обычные источники света не позволяют получать волны в достаточно высокой степени монохроматические (упрощенно говоря, волны, которым соответствуют достаточ-

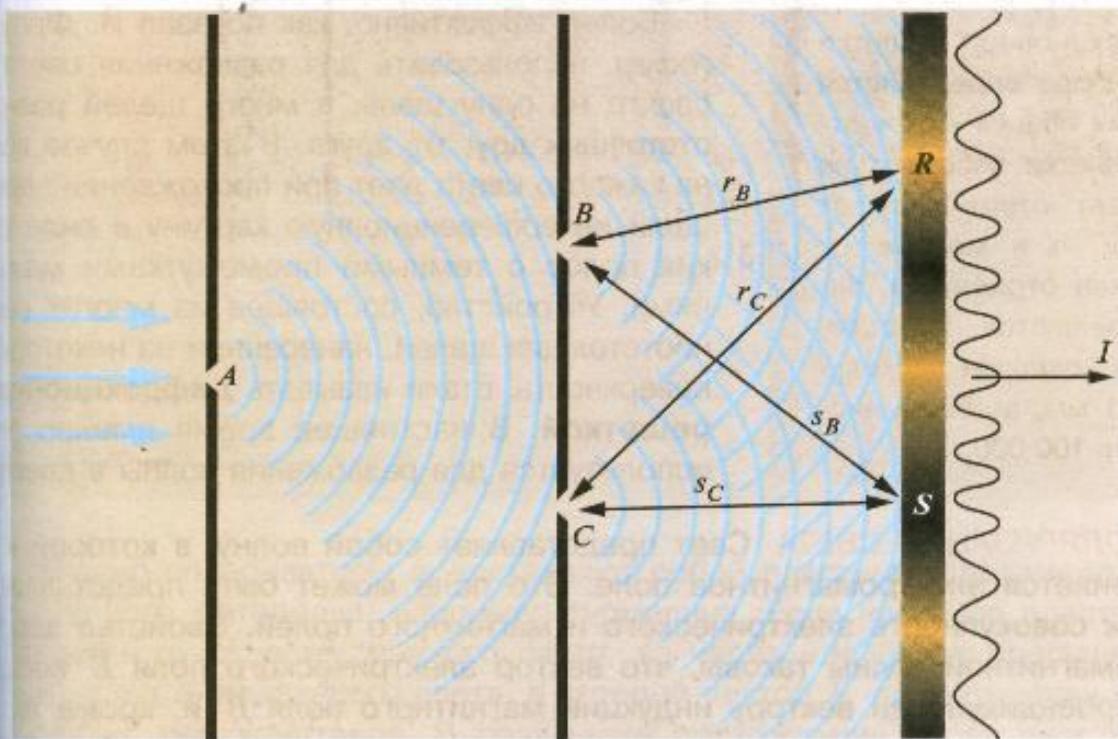


Рис. 44. Схема опыта Юнга

длинные синусоиды). Впервые эту проблему решил Юнг, поставив опыт, в котором две волны создаются из одной (рис. 44).

Свет падает на экран, в котором имеется узкая щель *A*. Если ширина щели сравнима с длиной волны, то в силу явления дифракции выходящий из щели *A* свет уже не образует узкий пучок, а является волной (подобной кругам на воде). Эта волна падает на второй экран, в котором имеются две щели *B* и *C*. Каждая из этих щелей дает свою волну, причем эти две волны оказываются настолько близкими по своим свойствам, что могут интерферировать.

Результатом интерференции является появление светлых и темных участков на экране. Например, в точку *R* на экране волны приходят в одной фазе и усиливают друг друга. Напротив, в точке *S* волны взаимоподавляют друг друга. Чтобы фаза волн была одинакова, необходимо, чтобы разность расстояний $r_B - r_C$ была кратна целому числу длин волн. Для ослабления волн они должны приходить в какую-либо точку, например в точку *S*, в противофазе, для этого разность $s_B - s_C$ должна быть кратна полуцелому числу длин волн.

Если сопоставить интерференционной картине график интенсивности *I*, то он будет иметь вид синусоиды, изображенной в правой части рисунка. Положение максимумов и минимумов синусоиды будет зависеть от длины волны, падающей на щель *A*. Это означает, что красный свет будет давать максимумы в одних точках, а синий — в других. Если же на экран падает свет, содержащий волны с разными длинами, например солнечный свет, то на экране появляются участки разных цветов подобно тому, как это имеет место при прохождении светом прозрачной пленки. Таким образом, в результате интерференции света от двух щелей можно получить разложение волны в спектр.

Эффективность дифракционной решетки как спектрального прибора определяется плотностью щелей и их общим количеством. Современные решетки работают на отражении света. Свет отражается от стеклянной пластинки, а в местах, от которых свет не должен отражаться, алмазным резцом нарезаются полоски. Современные решетки содержат несколько тысяч штрихов на 1 мм, а общее число штрихов превышает 100 000.

Более эффективно, как показал Й. Фраугофер, использовать для разложения света спектр не одну щель, а много щелей равнотстоящих друг от друга. В этом случае волна каждого цвета дает при прохождении через щели интерференционную картину в виде узких полос с темными промежутками между ними. Устройство, состоящее из многих равноотстоящих щелей, нанесенных на некоторую поверхность, стали называть **дифракционной решеткой**. В настоящее время именно она используется для разложения волн в спектр.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА. Свет представляет собой волну, в которой изменяется электромагнитное поле. Это поле может быть представлено как совокупность электрического и магнитного полей. Свойства электромагнитной волны таковы, что вектор электрического поля \vec{E} всегда перпендикулярен вектору индукции магнитного поля \vec{B} и, кроме того, оба вектора перпендикулярны скорости распространения волны. В тоже время в разных точках пространства и в разные моменты времени векторы \vec{E} и \vec{B} , оставаясь перпендикулярными друг другу и вектором скорости, могут изменять направления. Волне от обычного источника света (солнечный свет, лампы накаливания) направления векторов изменяются хаотическим образом. Такой свет называют **естественно поляризованным**. При помощи специальных приборов, называемых **поляризаторами**, из такого естественно поляризованного света можно выделить волну, в которой направления векторов \vec{E} и \vec{B} будут оставаться неизменными. Вид подобной монохроматической волны приведен на рисунке 45. Такую волну называют **линейно поляризованной**. Линейно поляризованный свет дают также лазерные источники.

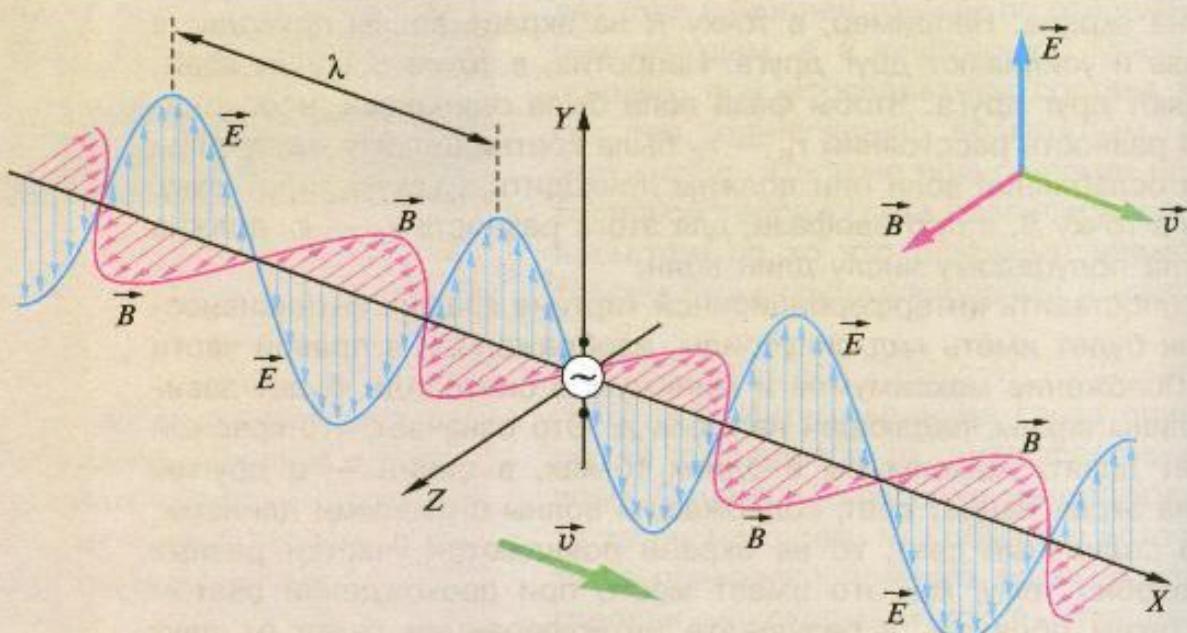


Рис. 45. Линейно поляризованная волна

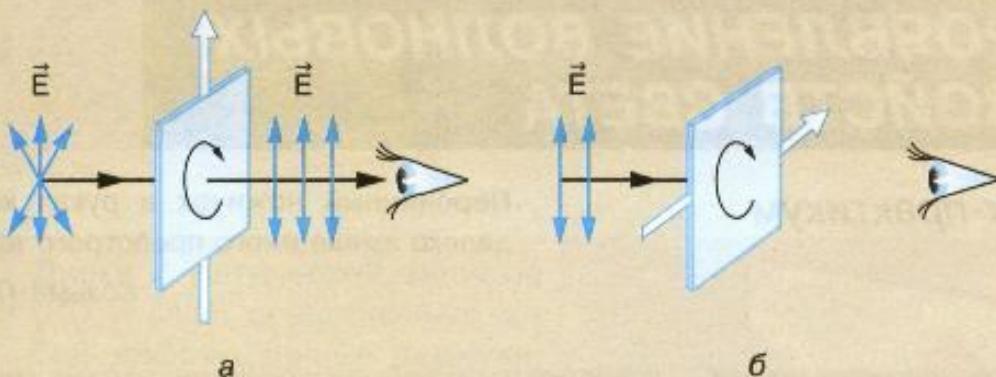


Рис. 46. Поляризатор

Обычно поляризаторы представляют собой пластины, сделанные из прозрачного материала, например турмалина. Если на такую пластину направить пучок естественного света, то через нее будет пропущена лишь та часть падающего света, в которой вектор \vec{E} ориентирован параллельно оси кристалла. В результате прохождения через пластину свет из естественного превращается в линейно поляризованный (рис. 46, а). Если же на пластину направить линейно поляризованный свет, то интенсивность света на выходе из пластины будет зависеть от направления оси пластины и направления вектора \vec{E} падающей волны. В частности, если вектор \vec{E} перпендикулярен оси, то свет не пройдет через пластину (рис. 46, б). О практическом применении поляризаторов мы расскажем в следующих параграфах.

Явление интерференции света используют в дифракционных решетках, разлагающих световое излучение в спектр. При помощи поляризаторов можно создать линейнополяризованную световую волну. Явление полного внутреннего отражения находит применение в оптических световодах при передаче информации.

**В новый
портфель**



- ▶ В схеме опыта (см. рис. 44) максимумы для различных длин волн не совпадают. Но один из максимумов для всех длин волн расположены в одной точке. Что это за максимум?
- ▶ Как при помощи двух поляризаторов создать устройство, через которое свет не будет проходить?
- ▶ Почему при конструировании световода важно, чтобы свет полностью отражался от внешней трубы?

31

ПРОЯВЛЕНИЕ ВОЛНОВЫХ СВОЙСТВ СВЕТА

Урок-практикум



Как зависит расстояние между интерференционными максимумами после прохождения света через дифракционную решетку от длины волны света и периода решетки? Чем различаются оптические дорожки дисков CD и DVD?

Из старого портфеля

Отражение и преломление света
Свет — электромагнитная волна
(Физика, 7—9 кл.).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ При помощи мультимедийных программ и лазерного источника исследовать проявление волновых свойств света, которое нашли применение в современных приборах.

Оборудование. Персональный компьютер, мультимедийный диск «Открытая физика», лазерный источник (лазерная указка), диски с оптической записью (CD и DVD).

ПЛАН РАБОТЫ Последовательно выполняя задания, исследовать при помощи мультимедийной программы и лазерного источника:

1. Интерференцию света и действие дифракционной решетки.
2. Работу поляризаторов света.



Мы не видим, что свет — это волна, и все же при рассмотрении этой картины кажется, что свет волнообразно движется. Как, по-вашему, автор достигает этого? Наблюдали ли вы нечто подобное в реальности?

Николай Рерих. Эверест

МЫСЛЬ И ОБРАЗ



1. Проведите мультимедийный опыт с дифракционной решеткой. У вас есть возможность изменять волну падающего света λ и **период решетки** d (расстояние между серединами соседних штрихов). Сделайте вывод (качественный, а не количествен-

ный), как зависит расстояние между интерференционными максимумами на экране от этих параметров. Сравните ваш вывод с тем, что дает формула, приведенная в углу экрана (индекс m в этой формуле нумерует интерференционные максимумы).

2.

Диски с оптической записью (CD и DVD) представляют собой дифракционные решетки, работающие на отражения, только штрихи решетки у них свернуты в кольца. Именно поэтому вы видите цвет отраженного от них света. Проделайте простой опыт с такими дисками и лазерной указкой. Положите CD-диск на стол оптическими дорожками вверху. Перпендикулярно диску установите экран (подойдет обычный белый лист формата А4). Направьте луч лазерной указки на диск и наблюдайте светящиеся пятна на экране — результат падения на экран отраженной от диска волны. Хороший результат получится, если указку держать в нескольких сантиметрах от диска, а луч направить примерно под углом 45° к плоскости диска (рис. 47).

На экране вы увидите по меньшей мере три световых пятна (на большом экране и при затемнении можно увидеть больше пятен). Объясните опыт.

Проведите тот же опыт с диском DVD. На основании результатов опыта с решеткой (предыдущее задание) сделайте вывод, чем различаются диски.

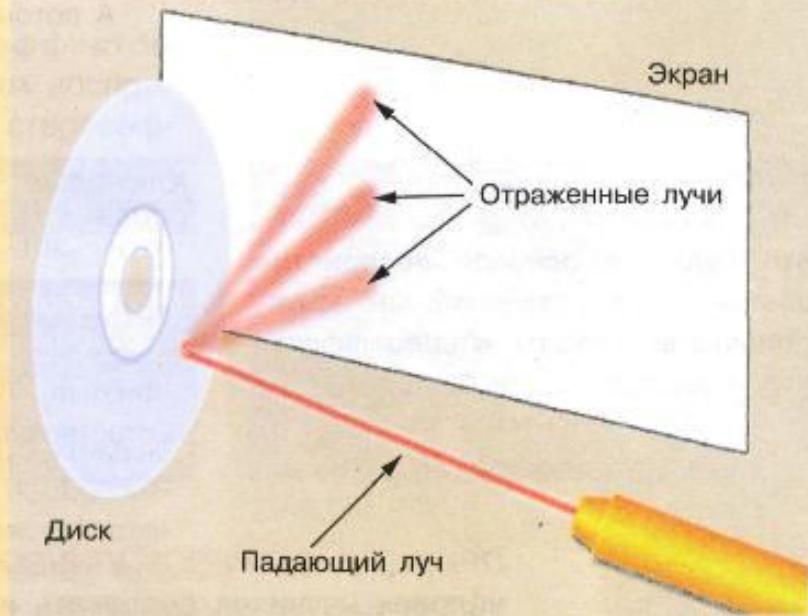


Рис. 47. Схема опыта с оптическим диском и лазерной указкой

Мультимедийный опыт с дифракционной решеткой показывает, что расстояние между интерференционными максимумами прямо пропорционально длине волны и обратно пропорционально периоду решетки. Опыты с оптическими дисками позволяют сделать вывод о том, что оптические дорожки в DVD располагаются более плотно, чем в CD.

**В новый
портфель**

1. Мякишев Г. Я. Физика: учеб. для 11 кл. / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. — М.: Просвещение, 2004.
2. Детская энциклопедия.

32

СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЕ И ГОЛОГРАФИЯ

Урок-лекция

Наши глаза познавать не умеют природу предметов
А потому не навязывай им заблуждений рассудка.

Лукреций



Что является основой восприятия объемного изображения? Как искусственно воссоздать стереоэффект? Что такое голограмма?

Ключевые слова

Бинокулярное зрение • Стереоэффект • Голограмма

Из старого портфеля

Глаз как оптическая система. Оптические приборы. Свет — электромагнитная волна (Физика, 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 56, 57; Естествознание, 11 кл., § 28).

ПРИНЦИП СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ВОСПРИЯТИЯ. С древних времен человек научился создавать искусственное изображение. Первые картины были плоскими: все предметы лежали в одной плоскости, т. е. изображение было таким, как если бы все предметы находились от нас на одинаковом расстоянии. Постепенно художественное мастерстворосло, и художники научились воспроизводить перспективу. На пейзажах мы уже видим близкие к нам предметы и объекты, расположенные далеко. Позднее появилась фотография, затем кино и телевидение, которые прекрасно воспроизводят перспективу.

И все же изображение на всех таких картинах и фотографиях плоское. О том, что один предмет находится ближе другого, мы можем судить, сопоставляя известные нам размеры предметов или прослеживая взглядом расстояние от одного предмета до другого. В кинематографии часто используют эту особенность восприятия изображения создания оптических эффектов.

Почему же искусственное изображение отличается от естественного? Чтобы понять это, достаточно посмотреть на мир одним глазом. Именно зрение двумя глазами обеспечивает объемность изображения и позволяет судить о том, какой предмет находится ближе, а какой дальше. Объемное зрение называют **бинокулярным зрением**.

Проведите простой опыт. Закройте глаза и попросите вашего одноклассника расположить на расстоянии вытянутой от вас руки указательные пальцы правой и левой руки близко один к другому, и так, чтобы один из них был на несколько сантиметров ближе к вам, чем другой. Откройте один глаз и попытайтесь определить, какой из пальцев ближе. Сделать это практически невозможно, с вероятностью 50% вы ошибетесь. Но как только вы откроете второй глаз, задача станет легковыполнимой.

Эффект стереоскопического восприятия объясняется очень просто. Изображения, воспринимаемые правым и левым глазом, различаются (рис. 48). Для левого глаза объект *A* практически сливается с объектом *B*, а правый глаз видит оба эти объекта.

СОЗДАНИЕ СТЕРЕОЭФФЕКТА. Стереоэффектом

называют эффект, связанный с объемным восприятием изображения. Как можно создать стереоэффект? Простейший способ — два раза сфотографировать объект: с позиции левого глаза и с позицией правого глаза. Затем нужно сделать так, чтобы изображение, предназначенное для левого глаза, не попадало в правый глаз и наоборот. Более сложной является вторая задача, и она решается несколькими способами.

Первый способ заключается в том, что каждый глаз через свой окуляр наблюдает свое изображение. Такой способ используют при просмотре стереослайдов. Этот же способ можно применить при просмотре изображения, формируемого компьютером (естественно, компьютер должен сформировать два изображения). Недостатком подобного метода является необходимость смотреть на изображение через некоторый прибор, по внешнему виду напоминающий бинокль.

Второй способ используют при просмотре стереооткрыток. В этом случае изображение строится из чередующихся полосок, каждая из которых соответствует изображению левого или правого глаза. Над каждой парой полосок помещается призма из прозрачного материала (рис. 49).

Лучи, отраженные от полосок, соответствующих изображению для правого глаза, после преломления в призме идут в направлении правого глаза. Таким способом формируется изображение для правого глаза. Аналогично формируется изображение для левого глаза. Если полоски достаточно тонкие, глаза не замечают дискретности изображения. Недостатком данного метода является необходимость четкой ориентации объекта, формирующего изображение, относительно глаз.

Третий способ основан на свойствах поляризованного света. В этом методе изображения совмещаются на одном экране, однако каждое из изображений светится светом своей поляризации. Поляризации левого и правого изображений взаимно перпендикулярны (рис. 50).

Просмотр изображений происходит через специальные очки, стекла которых являются анализа-

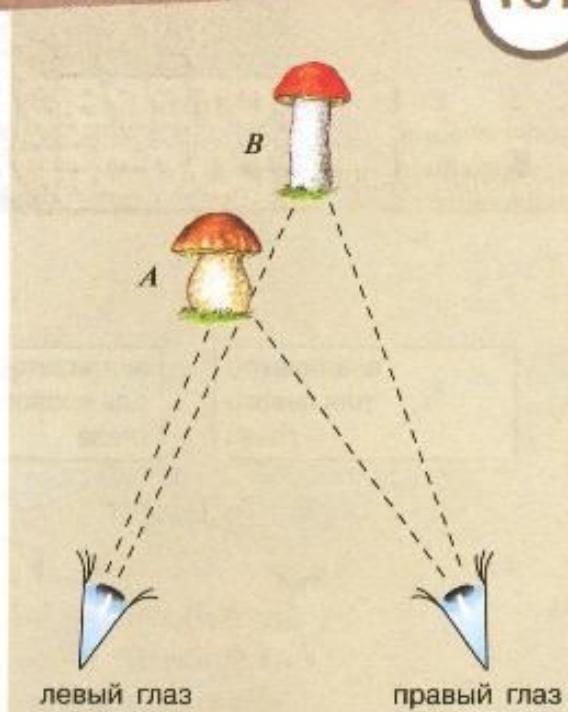


Рис. 48. Стереоскопическое восприятие глаз

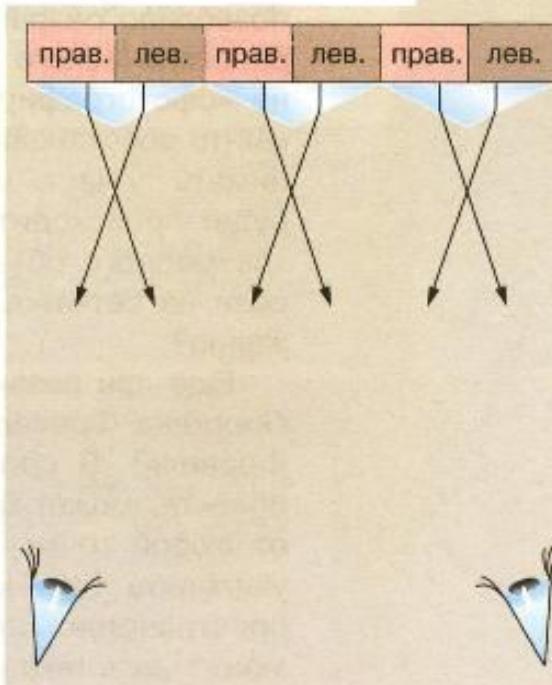


Рис. 49. Просмотр стереооткрыток

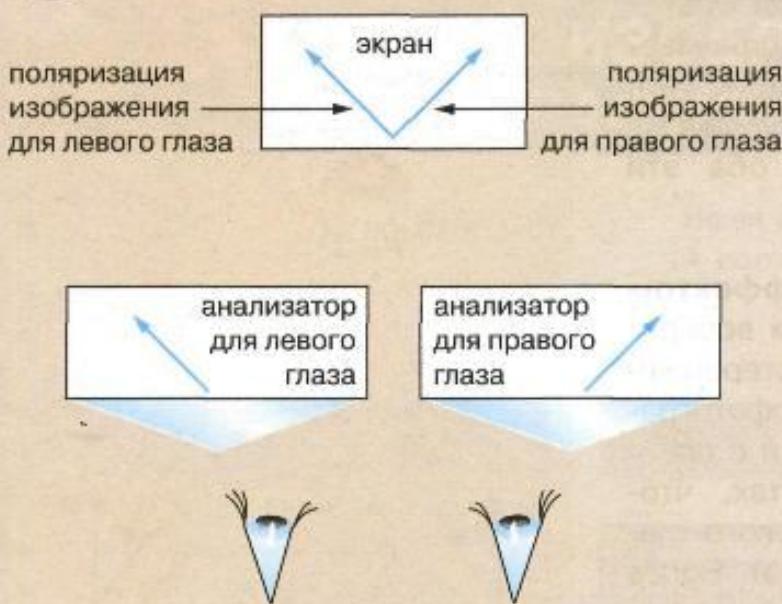


Рис. 50. Просмотр изображения в поляризованном свете

торами (поляроидами), пропускающими свет только с определенной плоскостью поляризации. Оси поляризации стекол очков подбирают таким образом, что через стекло проходят только лучи, соответствующие изображению для данного глаза. Поскольку плоскости поляризации взаимно перпендикулярны, анализаторы полностью блокируют лучи, соответствующие изображению другого глаза. В результате каждый глаз видит только свое изображение.

Этот метод используют в современных стереокинотеатрах, в настоящее время он является наиболее удобным для зрителей. Просмотр изображения через очки, которые похожи на обычные очки, не связа-

с каким-либо дискомфортом для зрителя. Этот метод может быть использован и при просмотре изображения на мониторе. Достаточно на экране монитора выделить элементы для левого и правого глаз (число элементов экрана придется, естественно, удвоить) и покрыть элементы поляризаторами, пропускающими лучи с определенной плоскостью поляризации. Просмотр стереоизображения, как и в стереоскопии, должен происходить через очки с анализаторами.

ГОЛОГРАФИЯ. Развитие технологий, связанных с волновой оптикой, позволило разработать еще более совершенный способ создания стереоскопического изображения. Если свет — это волна, то почему бы не «сфотографировать» волну, приходящую к нашей голове, а затем как-то восстановить ее? Тогда левый глаз будет автоматически воспринимать ту часть волны, которая попадала в левый глаз, и то же самое будет происходить с правым глазом. Чем отличается волна, идущая от трехмерного объекта, от волны, идущей от двухмерного изображения, если на сетчатке одного глаза обе волны дают одно и то же изображение?

Еще при развитии волновой оптики в работах Христиана Гюйгенса и Огюстена Френеля был сформулирован принцип (принцип Гюйгенса — Френеля). В соответствии с ним волна, приходящая от какого-либо объекта, может быть представлена как интерференция вторичных волн от любой точки пространства. При такой интерференции необходимо учитывать фазу каждой вторичной волны, испускаемой каждой точкой пространства. Двухмерное изображение (картина, фотография и т. д.) может дать информацию лишь об амплитуде волны, испускаемой каждой точкой. Таким образом, возникла задача «сфотографировать» не только амплитуду волны в разных точках, но и соответствующие фазы.

Фаза волны не проявляется в том случае, если свет рассматривать с позиций геометрической оптики. Она становится существенной, когда происходит интерференция волн. Поэтому задача «фотографирования» фазы волны была решена на основе использования явления интерференции. Метод получения объемного изображения на основе интерференции волн называют **голограммой**, а носитель объемного изображения (фотографическая пластина) — **голограммой** (рис. 51).

Волна от лазерного источника падает на полупрозрачное зеркало *B*. Часть волны отражается и попадает на фотопластинку *C*. Эта часть волны называется опорной волной. Вторая часть волны проходит сквозь зеркало и падает на фотографируемый объект *A*. Отраженная от объекта волна (информационная) также падает на фотопластинку *C*. В области фотопластинки происходит интерференция опорной и информационной волн. В результате этой интерференции какие-то области фотопластинки освещаются более ярко, а какие-то менее. Эта интерференционная картина фиксируется фотопластинкой как обычная фотография.

Изображение на фотопластинке обрабатывается обычными фотографическими методами. Если после этого осветить фотопластинку достаточно ярким светом, то мы увидим трехмерное изображение сфотографированного объекта. Изображение воссоздается не в области фотопластинки, а за ней, там, где находился сфотографированный объект. Изображение получается настолько реальным, что позволяет даже заглянуть за некоторые предметы, которые были сфотографированы. Развитие голограммии стало возможным только после создания мощных лазерных источников, способных давать достаточно хорошую волну. В настоящее время процесс создания голограмм очень трудоемкий и дорогой. Однако развитие технологий, возможно, сделает голограммы таким же обыденным явлением, как фотографии.

Восприятие объемного (стереоскопического) изображения основано на бинокулярном зрении. Чтобы получить искусственное стереоизображение, необходимо предоставить воспринимать каждому глазу свое, предварительно сформированное изображение. Голограмма представляет собой способ создания объемного изображения на основе явления интерференции волн.

В новый
портфель

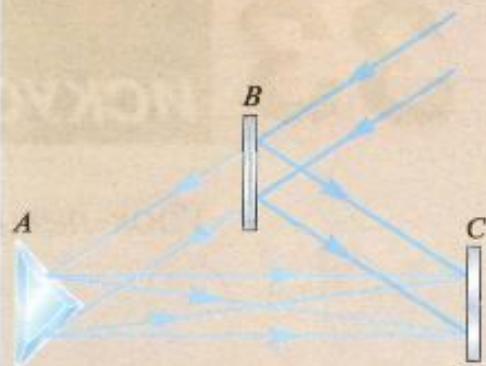


Рис. 51. Схема создания голограммы

- ?
- Стереоэффект практически пропадает при рассмотрении удаленных объектов в бинокль. Чтобы воссоздать стереоэффект, в этом случае используют стереотрубы — бинокли, в которых объективы находятся друг от друга на расстоянии примерно метра. Зачем это делается?
 - Фотография получила распространение в начале XX в., когда принцип Гюйгенса—Френеля был уже известен. Голограмма же возникла лишь во второй половине XX в. Дайте объяснения этим фактам.

33

ИСКУССТВЕННЫЙ ЦВЕТ

Урок-лекция

Тут мы подходим к самой сущности импрессионизма. Живописец должен писать только семью красками спектра и изгнать с палитры все остальное.

К. Мокле



Каким образом глаз воспринимает цвет? На чем основана трехцветная теория зрения? Как современные приборы создают заданный цвет?

Ключевые слова

Трехцветная теория зрения • Основные цвета • Дополнительные цвета

Из старого портфеля

Глаз как оптическая система. Свет – электромагнитная волна. Дисперсия света (Физика, 7–9 кл.). Органы чувств, их роль в жизни человека. Нарушения зрения и слуха, их профилактика (Биология, 8 кл.; Естествознание, 10 кл., § 20).

ЦВЕТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗРЕНИЯ. Название параграфа может показаться вам странным. Художники с давних времен научились создавать цвет искусственным путем, смешивая краски на мольберте. Иногда этот цвет близок к тому, что мы наблюдаем в природе. Иногда краски выглядят непривычно, как, например, «синяя зелень» на полотнах художника Сезанна. Если под искусственным цветом понимать именно эту непохожесть на натуральный цвет, то современная полиграфия добилась выдающихся успехов. Принципиально можно создать цвет неотличимый от естественного. Будет ли он естественным?

Для ответа на этот вопрос необходимо исследовать спектры. Спектры желтого излучения атомов натрия и желтого излучения Солнца различаются (Естествознание, 10 кл., § 20). И все-таки в обоих случаях на спектрограмме есть участки желтого цвета. Может показаться странным, но если снять спектр желтого излучения с монитора компьютера, то в той области спектра, где должен быть желтый цвет, будет слабое свечение, а участки красного и зеленого цветов будут светиться ярко.

Но и без спектрографа можно убедиться, что глаза нас обманывают, для этого достаточно посмотреть на желтый участок экрана монитора через лупу. Вы увидите красные, зеленые и черные точки, но не желтые участки. Почему же возникает иллюзия желтого цвета?

Сетчатка нашего глаза содержит три типа рецепторов. Каждый из них в основном реагирует на свой цвет — синий, красный или зеленый. На рисунке 52 приведены кривые спектральной чувствительности для трех типов рецепторов.

На рисунке видно, что области спектральной чувствительности рецепторов перекрываются. На желтый цвет ($\approx 0,58$ мкм) одновременно реагируют красный и зеленый рецепторы. Также рецепторы

отреагируют, если на сетчатку попадут красный ($\approx 0,65$ мкм) и зеленый ($\approx 0,54$ мкм) цвета в правильной пропорции. Аналогично смешивая синий и зеленый цвета, можно создать голубой цвет.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ЦВЕТА. На избирательной чувствительности рецепторов глаза основана **трехцветная теория зрения**. В соответствии с этой теорией любой воспринимаемый человеком цвет можно создать, искусственно смешивая синий, зеленый и красный цвета в определенных пропорциях. Эти три цвета были названы **основными цветами**. Обычно эти цвета обозначают буквами RGB (от первых букв английских слов red, green, blue).

Смешанные в одинаковых пропорциях два каких-либо основных цвета дают **дополнительные цвета**. Смешивая красный и зеленый цвета, мы получим желтый (обозначение Y — yellow), смешивая зеленый и синий цвета, получим голубой (обозначение C — cyan) и, наконец, смешав синий и красный, получим пурпурный или сиреневый цвет (обозначение M — magenta), отсутствующий в спектре. Цвету, отсутствующему в спектре, не может быть сопоставлена какая-либо монохроматическая волна. Дополнительными вышеуказанные цвета называют потому, что при смешивании их с соответствующими основными (Y+B, C+R, M+G) цветами получается белый цвет. На самом деле в качестве основных цветов можно было бы выбрать эти три дополнительных цвета и, смешивая их, получить любой цвет.

Следует отметить некоторое различие изображений, возникающих на экране телевизора (электронно-лучевого монитора компьютера) и на листе бумаги. Цвет изображения возникает в результате того, что атомы или молекулы вещества излучают или поглощают свет определенной длины волны, соответствующей энергетическому расстоянию между уровнями атома или молекулы ($\Delta E = \hbar v$). Красный цвет на экране монитора образуется потому, что молекулы при возбуждении их электронным лучом излучают волну, частота которой соответствует красному цвету. Если покрыть подобным веществом лист белой бумаги, то вещество при попадании на бумагу солнечного света будет поглощать волну той же частоты, т. е. красный цвет будет задерживаться веществом красителя. Все остальные волны будут проходить через вещество, отразившись от листа бумаги. В соответствии с трехцветной

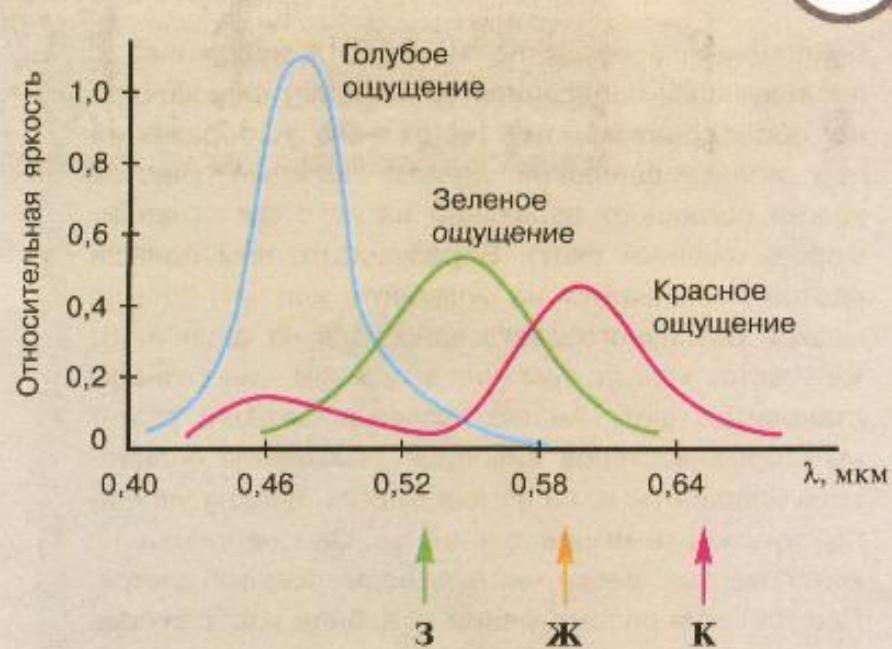


Рис. 52. Кривые спектральной чувствительности рецепторов глаза. Стрелками помечены области зеленого, желтого и красного цветов

Смешивание цветов на мольберте художника с последующим нанесением их на холст эквивалентно последовательному наложению изображений при полиграфической печати. Каждый участок холста поглощает падающий на него свет (например, солнечный свет). В результате, чем больше цветов смешивается на мольберте или чем больше мазков различного цвета наносится на один и тот же участок холста, тем более тусклым, «не сочным» становится цвет. Именно такими и выглядят картины старых мастеров живописи. Положение попытались исправить, и, на взгляд многих, вполне успешно, художники-импрессионисты. Они наносили на холст мелкие мазки чистых, несмешанных цветов. При близком рассмотрении подобное изображение выглядит неестественным. Однако при удалении от холста попадающие на сетчатку глаза цвета смешиваются, подобно тому как смешиваются цвета от различных точек экрана монитора или телевизора. В результате цветовая гамма выглядит сочной и яркой.

не пропускает соответственно лучи R, G и B, т. е. не пропускает никакого цвета. Это означает, что сложение трех цветов R + G + B даёт черный цвет. Реально при использовании красителей цвет получается серый, поскольку линии поглощения красителя являются достаточно узкими и пропускают часть света. Поэтому в цветных принтерах, помимо красителей C, M, Y, используется также краситель черного цвета.

Во всех современных устройствах, создающих цветовое изображение, используется принцип смешивания трех цветов. Однако смешивание происходит различными способами. Первый способ применяется при цветной печати, когда на бумагу последовательно наносятся изображения в трех цветах. Аналогичный способ используется в фотографии при создании цветных слайдов.

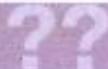
Второй способ заключается в создании изображения из мелких элементов трех основных цветов. Этот способ используется в электронно-лучевых и жидкокристаллических мониторах компьютеров. Таким образом создается цветное изображение в цветных дисплеях мобильных телефонов и плазменных панелях.

Третий способ применяется при проецировании цветного изображения на белый экран при помощи проектора. При этом на экране также проецируются три одноцветных изображения. Однако изображения не вычитаются, как это происходит на листе бумаги, а складываются подобно сложению изображений от различных цветных участков монитора.

теорией зрения мы получим белый цвет минус красный цвет, т. е. голубой цвет. Поэтому в качестве основных цветов при печати изображений на бумаге используют цвета C, M и Y, т. е. при печати на бумагу последовательно наносятся изображения в соответствующем цвете. Фактически каждый из красителей поглощает соответственно цвет R, G или B. Сложение цветов C + M + Y в различной пропорции и даёт все возможные цвета, которые мы видим на изображении на листе бумаги. Например, красный цвет получается при сложении цветов M + R. Следует также отметить, что если на экране монитора сложить трех основных цветов приводит белому цвету, то одновременно наложение красителей C, M и Y приводит к тому, что слой краски

Цветовое восприятие глаза осуществляется при помощи рецепторов трех типов, реагирующих на красный, синий и зеленый цвета. Искусственное создание цвета различными устройствами основано на возможности получить любой воспринимаемый глазом цвет путем смешивания трех основных или трех дополнительных цветов.

**В новый
портфель**



- При смешивании цветов относительный вклад какого-либо основного цвета дает оттенок цвета. Однако цвет характеризуется также яркостью и насыщенностью. Исследуйте, как эти параметры влияют на относительный вклад основных цветов. Для этого откройте компьютерную программу Word. В режиме рисования используйте одну из трех кнопок: цвет заливки, цвет линий, цвет шрифта. Далее, переходя в подменю, выберите другие цвета линий, спектр. Установка крестика изменяет оттенок цвета и насыщенность. Движком справа можно менять яркость.
- Подумайте, чем можно объяснить дефект зрения, связанный с неправильным восприятием цвета.
- В процессе изготовления цветного фотографического снимка на фотопленке появляется негативное цветное изображение. Подобное изображение можно получить, используя компьютерные графические программы. Например, в русифицированной программе Photoshop соответствующий эффект дает меню: Изображение, Настройка, Перевернуть. Что, по-вашему мнению, представляет собой негативное цветное изображение?

34

ПРИБОРЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ КОРПУСКУЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА СВЕТА

Урок-лекция

Они часто исполняли камерную музыку — Планк играл на фортепиано, Эйнштейн — на скрипке; оба, совершенно поглощены музыкой и счастливые.

М. Бор



Какое явление лежит в основе работы фотоэлемента? Что такое внутренний фотоэффект? Какие приборы работают на основе внутреннего фотоэффекта? Что такое вынужденное излучение? Каковы принципы работы квантовых усилителей света и оптических квантовых генераторов?

Ключевые слова

Вакуумный фотоэлемент • Внутренний фотоэффект • Фотосопротивление • Солнечные фотопреобразователи • Фоточувствительные приборы с зарядовой связью • Спонтанное излучение • Вынужденное излучение • Лазер • Инверсная заселенность • Накачка

Из старого портфеля

Свет — электромагнитная волна (Физика 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 20 22, 23).



Бог двуликий Янус

В чем заключается «двуличность» света?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

через звуковую дорожку свет изменяет во времени свою интенсивность, фотоэлемент преобразует этот сигнал в электрический, который через усилитель поступает на громкоговоритель (рис. 53).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ФОТОЭФФЕКТА. Известное вам явление фотоэффекта называют также внешним фотоэффектом, поскольку выбитые светом электроны начинают двигаться вне металла. Сила тока, создаваемая выбитыми из металла электронами, прямо пропорциональна интенсивности падающего излучения. На основе этого был создан прибор — **вакуумный фотоэлемент**. Он преобразует оптический сигнал (изменяющийся во времени свет) в электрический сигнал (изменяющийся во времени ток). Фотоэлементы используют в качестве датчиков в самых разнообразных устройствах. Примером могут служить турникеты в метро: при прохождении через турникет пассажир последовательно перекрывает лучи света, которые засвечиваются фотоэлементами.

С появлением звукового кино фотоэлементы стали работать в киноустановках. На специальной звуковой дорожке на краю киноленты записывался звук. Визуальная запись видна как полоска прозрачности. Проходящий

Развитие телевидения привело к необходимости создания передающих телевизионных трубок. Длительное время такие трубы, основанные на явлении внешнего фотоэффекта, являлись единственными приборами, преобразующими изображение в электрический сигнал.

Еще более практичным оказался **внутренний фотоэффект**, обнаруженный в полупроводниках. При внутреннем фотоэффекте электрон, потерявший квант света, не вылетает из полупроводника, а лишь переходит в состояние с большей энергией, подобно тому как это происходит в атоме. Однако если в исходном состоянии с меньшей энергией электрон был прочно связан со своим ядром, то в возбужденном состоянии он оказывается более свободным и может, двигаясь по кристаллу, участвовать в создании электрического тока. Это проявляется в уменьшении сопротивления полупроводника при освещении его светом. Соответствующие приборы, называемые **фотосопротивлениями**, успешно работают в качестве датчиков, так же как и фотоэлементы, однако имеют существенно меньшие габариты.

Еще более интересные открытия были сделаны, когда стали исследовать явления, происходящие на границах между различными полупроводниками, полупроводниками и металлами, полупроводниками и диэлектриками. Были сконструированы приборы, вырабатывающие электрический ток под воздействием света, — **солнечные фотопреобразователи**. Они успешно работают в солнечных батареях космических станций. В других приборах под воздействием света в течение некоторого времени накапливается электрический заряд, который затем считывается и преобразуется в электрический сигнал. Их назвали **фоточувствительные приборы с зарядовой связью**. Совокупность таких приборов на одном кристалле (до одного миллиона элементов) образует ПЗС-матрицу (см. § 28). Каждый элемент отвечает за преобразование света, поступающего в область его расположения, в электрический сигнал. Отличительной чертой таких приборов является их невероятная компактность (размер матриц несколько сантиметров) и малое потребление энергии. Именно ПЗС-матрицы работают в настоящее время в цифровых фотоаппаратах, видеокамерах (в том числе в мобильных телефонах), сканерах.

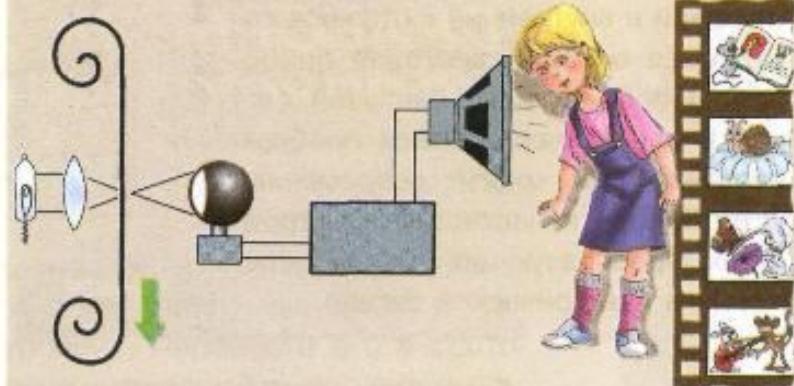


Рис. 53. Схема воспроизведения звука с кинофильма

КВАНТОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ СВЕТА И ОПТИЧЕСКИЕ КВАНТОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ. Понятия «усилитель» и «генератор» пришли в оптику из радиотехники. Усилитель — устройство, усиливающее поступающий на него электрический сигнал. Усилители работают во всех электронных и радиотехнических устройствах. Генератор в радиотехнике и электро-

Внешний и внутренний фотоэффекты являются основой действия приборов, преобразующих световой сигнал в электрический. Эти приборы используют во многих современных устройствах, в частности в устройствах, преобразующих видеоизображение в электрический сигнал.

В новый портфель

нике — устройство, производящее периодический электрический сигнал заданными свойствами. Оптические квантовые усилители и генераторы аналогичны радиотехническим, они усиливают и генерируют световой сигнал, т. е. электромагнитную волну в видимом диапазоне спектра. Более известный термин для оптических квантовых генераторов — лазер. Чем

бы понять принцип работы лазера, необходимо разобраться, что такое вынужденное излучение. Как вы знаете, процесс излучения света с точки зрения современной теории обусловлен переходом электрона в атоме или молекуле с более высокого на более низкий энергетический уровень и испусканием кванта света. При поглощении света происходит обратный переход и поглощение кванта света. Если атом находится на высоком уровне энергии, он может самопроизвольно, без внешнего воздействия (спонтанно), перейти на низкий уровень. Излучение кванта света при таком процессе называют **спонтанным излучением**.

Однако переход на более низкий уровень может произойти и под влиянием внешнего электромагнитного поля, т. е. при взаимодействии атома с «налетевшим» на него квантами света. В результате такого процесса исходный квант сохраняется, но в дополнение к нему излучается точно такой же квант света. Такое излучение и называют **вынужденным излучением**. Процесс вынужденного излучения, как и процесс поглощения света, имеет резонансный характер, т. е. происходит, когда частота вынуждающего кванта связана с разностью энергий в атоме соотношением $\hbar\nu = \Delta E$.

Процессы излучения и поглощения можно охарактеризовать также энергией, которая излучается или поглощается в единицу времени (поглощаемой и излучаемой мощностью). От чего зависит эта величина?

Во-первых, она пропорциональна энергии кванта $\hbar\nu$. Во-вторых, с точки зрения квантовой теории она пропорциональна вероятности того, что атом находится в соответствующем состоянии, т. е. на определенном энергетическом уровне. Если атомов много (например, газ), то такая вероятность пропорциональна числу атомов n , находящихся в состоянии с данной энергией. Величина n характеризует заданный энергетический уровень и называется **населенностью** данного уровня энергии. Таким образом, излучаемая и поглощаемая мощность пропорциональна населенности уровня.

Кроме того, поглощаемая мощность, как и мощность вынужденного излучения, пропорциональна интенсивности света, падающего на атом. Очень часто при рассмотрении процессов излучения и поглощения достаточно ограничиться квантами лишь одной частоты, а значит, рассматривать всего два уровня энергии в атоме. Сопоставим нижнему уровню индекс 1, а верхнему — индекс 2. Представим вышесказанное в виде таблицы.

Мощность спонтанного излучения	Пропорциональна n_2	Пропорциональна интенсивности падающего света
Мощность вынужденного излучения		
Мощность поглощения	Пропорциональна n_1	

От чего зависят величины n_1 и n_2 ? «Одинокий» атом (ни с чем не взаимодействующий) в результате процессов спонтанного излучения в конце концов переходит на самый низший уровень. Перевести его в состояние с большей энергией (возбудить) можно несколькими способами:

- Столкнуть с другими атомами (нагрев газа и возрастание кинетической энергии движения атомов, например в лампах накаливания).
- Ударить электроном (в газе создается электрический разряд, например в газоразрядных лампах).
- Осветить (поглощение света, например, в газоразрядных лампах).

Если имеют место только столкновения (тепловое воздействие, см. п. 1) и вещество находится в состоянии термодинамического равновесия, то в этом случае всегда $n_1 > n_2$ (нормальная населенность). Способы 2 и 3 могут нарушать термодинамическое равновесие и создавать **инверсную населенность**, при которой $n_1 < n_2$.

При освещении вещества, например газа, светом, резонансным с переходом между уровнями 1 и 2, процессы поглощения и вынужденного излучения начинают конкурировать друг с другом.

Если газ находится в состоянии термодинамического равновесия, доминировать будут процессы поглощения, при этом свет ослабевает. Если же газ находится в состоянии инверсной населенности уровней, то доминировать будут процессы вынужденного излучения, свет будет усиливаться. Квантовые усилители света — это приборы, в которых тем или иным способом реализуется инверсная населенность. Процесс создания инверсной населенности называют **накачкой**. Как же работают квантовые генераторы? Нужно вспомнить о спонтанном излучении, которое всегда существует при инверсной населенности. Именно спонтанное излучение является «зародышем», из которого при дальнейшем усилении света возникает мощное лазерное излучение.

Вынужденное излучение — излучение атома под воздействием падающего на него кванта света. Квантовые оптические усилители света — приборы, работающие на основе вынужденного излучения и создания инверсной населенности атомов.

В новый
портфель

22

- ▶ Приведите примеры использования фотоэлементов (кроме тех, о которых вы узнали в данном параграфе).
- ▶ Чем процесс вынужденного излучения света отличается от процесса спонтанного излучения?
- ▶ Существуют химические способы создания инверсной населенности. Предложите гипотезу, описывающую, как это происходит.

35

ПРИНЦИП РАБОТЫ
ЛАЗЕРА

Урок-практикум



Как связаны разность заселенностей уровней и коэффициент усиления в оптическом квантовом усилителе? Как эти величины зависят от эффективности накачки?

— Ничего не понимаю! — сказал Шура, допилив до конца и разним гирю на две яблочные половины. Это не золото!

— Пилите, пилите, — пролепетал Паниковский.

И. Ильф, Е. Петров

Из старого портфеля

Свет — электромагнитная волна (Физика, 7–9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 20, 22, 23).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ При помощи мультимедийной программы исследовать связи между заселенностями уровней, коэффициентом усиления и эффективностью накачки в оптическом квантовом усилителе.

Оборудование. Персональный компьютер, мультимедийный диск («Открытая физика»).

ПЛАН РАБОТЫ Последовательно выполняя задания, получить данные компьютерного эксперимента по изучению двухуровневой модели лазера, занести в таблицы и произвести их обработку, сделать вывод.

Дополнительные источники информации

1. Мякишев Г. Я. Физика: учеб. для 11 кл. / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. — М.: Просвещение, 2004.
2. Детская энциклопедия.

Научный эксперимент — это часто рутинная, нудная работа. И иногда приходится много «пилить», чтобы убедиться, что «это не золото». Мы предлагаем вам поставить компьютерный эксперимент, чтобы подтвердить некоторые положения, о которых говорилось в предыдущем параграфе.

1.

Компьютерная двухуровневая модель позволяет наблюдать процессы поглощения, спонтанного излучения, вынужденного излучения и усиления света. Проведите эти наблюдения. Обратите внимание на статистический характер процессов. Опишите наблюдения.

2.

Параметр P , названный в модели усиления света уровнем накачки, определяет эффективность накачки. Его значения — некоторые относительные числа. Чем больше P , тем эффективнее накачка. Проведите эксперименты для трех значений P : 10, 90 и 100. (Если у вас есть возможность и желание, можно увеличить число экспериментов, выбрав другие значения P .)

Установите заданное значение P и запустите процесс. Приостанавливайте процесс при значениях $N_{\text{вх}}$, равных 10, 20, 30, ..., 100. Каждый раз считывайте значения $N_{\text{вх}}$, n_1 , n_2 , занося результаты в таблицу.

 $P =$

$N_{\text{вх}}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$N_{\text{вых}}$										
n_2										
n_1										
$\Delta n = n_2 - n_1$										
$k = N_{\text{вых}}/N_{\text{вх}}$										

Примечание. Ничего страшного, если вам не удастся приостановить программу при значениях $N_{\text{вх}}$, приведенных в таблице. Если, например, вместо значения 40 вы получите при остановке значение 42, его и занесите в таблицу.

3.

Это задание и последующие задания удобно выполнять, используя программу MS Excel. Для каждой таблицы заполните клетки для значений Δn и k . Вычислите среднеарифметические значения Δn и k для каждой таблицы. Сделайте вывод, при каком значении P происходит усиление света, а при каком — поглощение.

4.

Постройте график зависимости $k_{\text{ср}}(\Delta n_{\text{ср}})$ для значений, полученных в результате обработки таблиц. Скорее всего вы получите ломаную линию. Теория дает прямолинейную зависимость. Предложите гипотезу, объясняющую несовпадение теории и эксперимента.

ПОДСКАЗКА

Вспомните о погрешностях и о статистическом характере законов микромира.

Коэффициент усиления квантового усилителя света увеличивается с увеличением разности заселенностей основного и возбужденного уровней, которые, в свою очередь, определяются эффективностью накачки.

36

СВОЙСТВА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРОВ**Урок-лекция**

Какие основные свойства лазерного излучения отличают его от излучения других источников света? На какие типы подразделяют лазеры? Какие применения находят лазеры?

Прочтите роман А. Н. Толстого «Гиперболоид инженера Гарина». Сегодня уже созданы мощные лазеры, а вот оружия, подобного гиперболоиду Гарина, нет. Как вы думаете, почему?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

вывод о том, что усиление будет тем больше, чем длиннее рабочее пространство, в котором создается инверсная населенность. Так при большой длине рабочего пространства число процессов вынужденного излучения, происходящих с одним вошедшим фотоном, увеличивается в геометрической прогрессии, и интенсивность выходящего света лавинообразно нарастает. Процесс описывается экспоненциальным законом (Естествознание, 10 кл., § 2).

Однако делать протяженную рабочую среду неудобно. Вместо этого ее помещают в **оптический резонатор**, представляющий собой систему из двух плоских параллельных зеркал (рис. 54).

Отражаясь от зеркал, электроны многократно пробегают рабочую область, чем достигается большой коэффициент усиления. Чтобы обеспечить выход излучения, одно из зеркал делают полупрозрачными. Заметим, что если рабочее вещество представляет собой кристалл, достаточно просто сделать противоположные грани параллельными и покрыть их тонким слоем металла.

Луч описал петлю в воздухе и упал на носовую часть нашего пакетбота. Послышалось ужасающее шипение, вспыхнуло зеленоватое пламя, разрезаемой стали.

А. Н. Толстой

Ключевые слова

Оптический резонатор • Оптическая накачка • Химические лазеры
Полупроводниковые лазеры

Из старого портфеля

Свет — электромагнитная волна (Физика, 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 20, 22, 23).

СВОЙСТВА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Как вы знаете, при создании инверсной населенности уровней энергии в атоме возможно усиление света при прохождении его через среду. Спонтанное излучение, всегда присутствующее при возбуждении атомов, способно привести к генерации света. Однако создание инверсной населенности среды — условие необходимое, но недостаточное для лазерной генерации.

Наблюдения за компьютерной моделью, которая описывает процесс усиления света, позволяют сделать

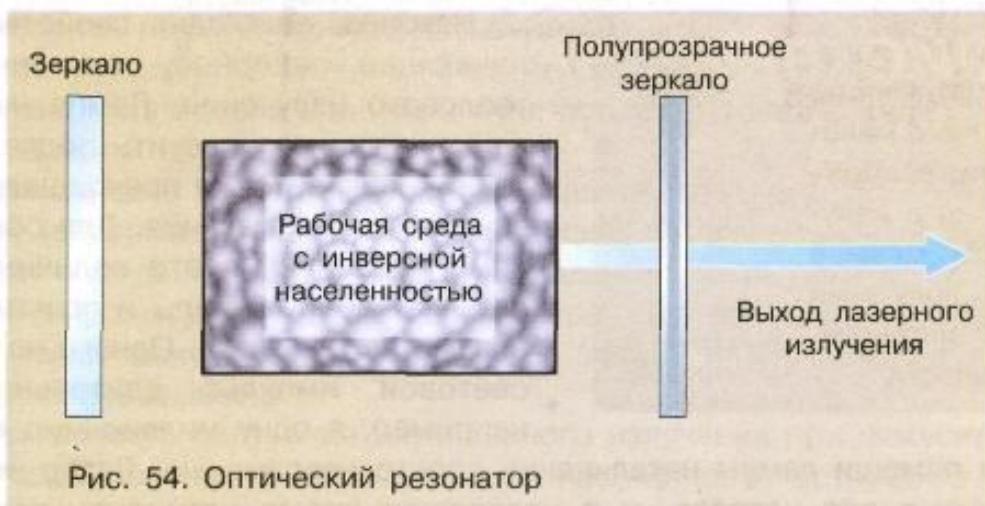


Рис. 54. Оптический резонатор

Помимо того, что резонатор дает тот же эффект, что и удлинение рабочей области, он еще отсеивает «ненужные» фотоны. Ограниченнная волна всегда имеет дискретный набор частот. Это означает, что эффективно в резонаторе будут усиливаться лишь волны определенных частот, на которые настроен резонатор.

Каковы же свойства лазерного излучения, которые существенно отличают его от излучения других источников света? Прежде всего это высокая монохроматичность, т. е. при разложении этого излучения в спектр получается очень узкая линия. Это свойство лазерного излучения оказалось очень важным для научных исследований, и прежде всего для исследования спектров различных веществ.

Еще одно свойство — возможность получить узкий (порядка нескольких миллиметров) малорасходящийся луч.

С предыдущим свойством тесно связано еще одно — возможность фокусировки лазерного излучения в пятно очень малых размеров. Поэтому показателю лазерное излучение существенно превосходит излучение всех других источников света. Дело в том, что сфокусировать изображение обычного источника, имеющего конечные размеры, то же самое, что получить его уменьшенное изображение. При значительном уменьшении коэффициент уменьшения пропорционален величине f/d , где f — фокусное расстояние линзы; d — расстояние от линзы до источника света. Реально этот коэффициент невозможно сделать очень малым, при большом удалении источника очень малая часть излучения будет проходить через линзу. Лазер же дает практически параллельный луч, который при помощи линзы можно сфокусировать в очень узкое пятно. Размеры этого пятна ограничены лишь общими свойствами волн и не могут быть меньше длины волны излучения. Для оптического излучения размеры пятна могут достигать долей микрометра.

Из последнего свойства вытекает еще одно важное свойство. Дело в том, что, уменьшая размеры пятна, мы увеличиваем интенсивность излучения. Поскольку через меньшее сечение проходит то же самое излучение, то его интенсивность возрастает. Увеличение интенсивности пропорционально отношению площадей сечений или квадрату отношения размеров пятен.

Основные свойства лазерного излучения: высокая монохроматичность, возможность получения узкого мало-расходящегося луча света, возможность фокусировки лазерного излучения в пятно размером меньше микрометра, возможность получения излучения очень высокой интенсивности и короткой длительности.

В новый портфель

Наконец, еще одно свойство, отличающее лазерное излучение от теплового излучения. Лампа накаливания начинает светить после того как она нагреется, и прекращает свечение после остывания. Для обычных ламп накаливания эта величина составляет доли секунды и практически незаметна для глаза. Однако полученный световой импульс длительностью, например, в одну миллионную секунду

для при помощи лампы накаливания просто невозможно. Лазер не требует времени для нагрева, и в настоящее время научились получать импульсы длительностью порядка 10^{-15} с (одна миллиардная от одной миллионной!). При помощи подобных коротких импульсов удается даже «рассмотреть» процесс протекания быстрых химических реакций.

ТИПЫ ЛАЗЕРОВ. Несмотря на то что все лазеры образованы двумя главными составляющими — активной средой, в которой создается инверсная населенность, и резонатором, конструкции лазеров очень разнообразны. По типу активной среды лазеры подразделяют на газовые, жидкостные и твердотельные. Создание инверсной населенности может быть осуществлено разнообразными методами. В **газовых лазерах** накачка может производиться вследствие электрического разряда. В результате разряда создается плазма, в которой при столкновении атомов, ионов и электронов происходит инверсная населенность уровней.

Другой способ накачки — химические реакции, в результате которых некоторые продукты реакций (атомы и молекулы) оказываются в возбужденном состоянии. Такие лазеры называют **химическими**.

При **оптической накачке** мощный источник света переводит атомы в высоковозбужденные состояния, из которых они в результате последовательных переходов с уровня на уровень (каскадные переходы) попадают на нужный уровень (рис. 55).

Широко распространены **полупроводниковые лазеры** (например, лазерная указка). В них инверсная населенность возникает при переходе электрона из полупроводника одного типа в полупроводник другого типа.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ. Благодаря своим исключительным свойствам по сравнению с другими источниками света лазеры находят широчайшее применение.

Узкий нерасходящийся лазерный луч применяется при строительстве туннелей, когда необходим

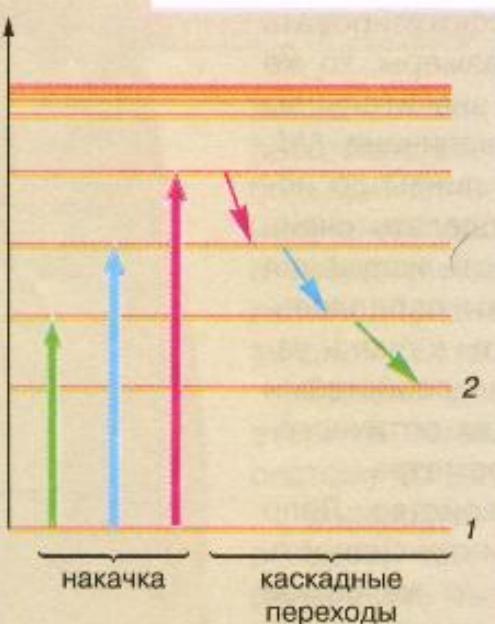


Рис. 55. Оптическая накачка

«прочертить» прямую линию на значительное расстояние. Другое применение — лазерные прицелы. При использовании хорошо отлаженного оружия с лазерным прицелом пуля попадает точно в пятно, образуемое лазером на мишени.

Возможность точной фокусировки лазерного луча используется при записи информации на оптические диски. Модулированный лазерный луч при попадании на диск со специальным покрытием оставляет на нем ямки размером меньше микрометра. Для нелазерных источников света такая фокусировка, а значит, и запись на оптические диски в принципе невозможна.

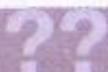
Возможность получения интенсивного излучения при фокусировке в точно заданном месте используется в медицине, в частности в микрохирургии глаза. Лазер как тончайший скальпель, проникающий в нужное место, может вырезать мельчайшие участки ткани. В других устройствах подобные, но более мощные лазеры могут резать различные материалы, проделывать в них тончайшие отверстия и т. д.

Все большее применение лазеры находят в искусстве. При их помощи создаются живописные феерические и быстроизменяющиеся картины на сцене. Живописные полотна можно «рисовать» даже в пространстве, например на облаке дыма.

Не прекращаются работы по использованию лазеров в вооружении. Хотя первая крупномасштабная программа использования лазеров в космических войсках (программа СОИ — «стратегическая оборонная инициатива», разрабатывавшаяся США) не была осуществлена, идея «звездных войн» вовсе не похоронена.

Благодаря необычным свойствам излучения лазеры находят разнообразное применение в промышленности, медицине, искусстве, военном деле.

**В новый
портфель**



- ▶ Почему развитие микрохирургии глаза стало возможным только с появлением лазерных источников света?
- ▶ Почему в голографии необходимо использование лазерных источников излучения?

37

ВРЕД И ПОЛЬЗА ОТ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Урок-лекция

...Техника — только средство, сама по себе она не хороша и не дурна. Все зависит от того, из нее сделает человек, чему она служит и в какие условия он ее ставит.

К. Яспер



Почему опасна радиация? Какое практическое применение находят радиоактивные изотопы? Почему ядерные реакции при одинаковой массе исходных веществ дают гораздо большую энергию, чем химические реакции? Что необходимо для создания самоподдерживающихся ядерных реакций?

Ключевые слова

Меченные атомы • Радиоактивный анализ
Критическая масса

Из старого портфеля

Состав атомного ядра. Энергия связи атомных ядер. Ядерные реакции. Источники энергии Солнца и звезд. Ядерная энергетика. Влияние радиоактивных излучений на живые организмы (Физика, 7—9 кл.). Общее представление о строении атомов: ядро (протоны и нейтроны) и электроны. Изотопы (Химия, 8 кл.; Естествознание, 10 кл., § 2, 25, 26, 28, 65, 75).



Миф о Фаэтоне. С античного барельефа

Как вы считаете, научилось ли человечество управлять такими «конями», как ядерные технологии?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

Отношение к ядерным технологиям в обществе далеко неоднозначно. Существует мнение, согласно которому ученые в XX в. «выпустили джинна из бутылки» и рано или поздно он уничтожит человечество. Ядерное оружие — самое страшное оружие, которое когда-либо было в руках человека. Местность с радиоактивным заражением, оставшимся после испытаний ядерного оружия и технологических катастроф, подобных Чернобыльской, — тоже результат использования ядерных технологий. Но оказывается, что попытки отказаться от ядерных технологий даже в масштабах регионов тоже приводят к печальным последствиям.

РАДИОАКТИВНОСТЬ И ИЗОТОПЫ
Как вы знаете, явление радиоактивности заключается в испускании

радиоактивными ядрами α -частиц (ядер гелия ${}^4_2\text{He}$), β -частиц (электронов) и γ -лучей, или γ -квантов (жесткого электромагнитного излучения). Эти излучения сопровождают различные ядерные реакции. Еще первооткрыватель радиоактивности Пьер Кюри обратил внимание на влияние радиоактивных излучений на организм и даже целенаправленно испытал его на себе. Поражающее действие радиоактивного излучения связано с ионизирующим воздействием соответствующих частиц. Химические реакции, протекающие с ионизированными молекулами, входящими в состав организма, отличаются от реакций, обычно происходящих в организме, что приводит к возникновению различных заболеваний.

Как и все процессы, происходящие в микромире, воздействие на молекулы компонентов радиоактивного излучения имеет вероятностный характер. Это означает, что возможность ионизации пропорциональна дозе облучения, которая, в свою очередь, пропорциональна интенсивности потока излучения и длительности облучения. Слабые потоки радиоактивного излучения, составляющие естественный радиоактивный фон, практически не приносят вреда организму. Сильные потоки могут привести к гибели организма в течение нескольких часов. Особая опасность радиоактивного излучения связана с тем, что человек не может почувствовать радиацию, что и привело к гибели многих ученых и конструкторов, разрабатывавших ядерные технологии.

Способностью к самопроизвольному радиоактивному распаду обладают ядра большинства изотопов. Однако радиоактивные ядра легких изотопов в природе мало распространены, и только тяжелые ядра, подобные ядру урана, при всех изотопических составах являются радиоактивными.

Именно эта редкая распространенность радиоактивных изотопов нашла практическое применение в различных областях науки и техники. Искусственным путем научились создавать так называемые **меченные атомы** — атомы, содержащие ядра радиоактивных изотопов (или отличающиеся изотопной массой). Эти атомы участвуют во всех химических и многих физических процессах как обычные атомы, но могут быть легко обнаружены по радиоактивному излучению. Меченные атомы позволяют исследовать явления диффузии, физико-химические процессы в живых организмах (при малых концентрациях изотопы не оказывают вредного воздействия на организм). При помощи таких исследований было, например, установлено, что выделяемый при фотосинтезе кислород поступает в растения не с углекислым газом, а с водой.

Другой важный пример — применение метода **радиоактивного анализа** в археологии. В растениях всегда имеется β -радиоактивный изотоп углерода ${}^{14}_6\text{C}$ с периодом полураспада $T = 5700$ лет. Он поступает в растения из атмосферы, где образуется из азота в результате действия нейтронов, возникающих, в свою очередь, при взаимодействии космических лучей с молекулами газов, входящих в состав воздуха. Таким образом, растения и поедающие их животные содержат определенный процент радиоактивного изотопа углерода. После гибели организма поступление этого изотопа в остатки прекращается

и его процентное содержание в соответствии с законом радиоактивного распада уменьшается: $N = N_0 2^{-t/T}$. Определяя это процентное содержание в органических остатках, можно узнать их возраст, если лежит в пределах от 1000 до 100 000 лет.

ЭНЕРГИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ. Из всевозможных ядерных реакций практическое применение нашли реакции, идущие с выделением тепла.

В среднем ядерные реакции при той же массе исходных веществ дают энергии больше, чем химические реакции, в 10^4 — 10^5 раз. Как это можно объяснить?

Дело в том, что энергия химических реакций имеет тот же порядок величины, что и энергия электрона в атоме. Эта энергия сравнима энергией кулоновского взаимодействия электрона с ядром, которая обратно пропорциональна расстоянию между ядром и электроном, т. е. пропорциональна $1/R_a$, где R_a — размер атома. Энергия ядерных реакций — это энергия сильных взаимодействий в атомном ядре. Поскольку в ядре сильные взаимодействия компенсируют кулоновское отталкивание протонов, то энергия сильного взаимодействия имеет тот же порядок, что и энергия кулоновского отталкивания протонов в ядре, т. е. пропорциональна $1/R_n$, где R_n — размер атомного ядра. Вспомните теперь, что размер атома превосходит размер атомного ядра в 10^4 — 10^5 раз.

Существенное уменьшение массы ядерного топлива по сравнению с массой химического топлива оказывается очень важным, например при конструировании подводных лодок. Подводные лодки, движущиеся которых работают на ядерном горючем, могут месяцами без дозаправки двигаться и обеспечивать жизнедеятельность экипажа.

УСЛОВИЯ САМОПОДДЕРЖИВАНИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ. Большинство искусственно воспроизводимых ядерных реакций осуществляется в ускорителях, где различные ядра атомов сталкивают друг с другом. Чтобы ядерная реакция была использована практически, она должна сама поддерживать себя хотя бы какое-то время. Именно такой реакцией является реакция деления ядра урана под воздействием нейтронов. При таком делении образуется дополнительно два или три нейтрона, которые могут использоваться для деления следующих ядер. Реакция приобретает взрывной характер (Естествознание, 10 кл., § 2).

Однако образовавшиеся в результате деления ядра нейтроны могут и не вызвать деление следующего ядра. Так, нейtron может вылететь из объема вещества, не вступив с реакцией с каким-либо ядром. Здесь, как всегда, играет роль вероятностный характер законов микромира. При увеличении объема, а следовательно, и массы делящегося вещества относительный процент вылетевших за пределы объема вещества нейтронов уменьшается. Поэтому существует определенная **критическая масса** — минимально необходимая масса для осуществления

При распаде ядра урана выделяется энергия 200 МэВ. При синтезе одного ядра гелия из четырех протонов выделяется энергия около 24 МэВ. Эта энергия более чем в 100 000 раз превосходит энергию, получаемую при сжигании равной массы бензина.

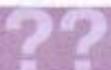
самоподдерживающейся ядерной реакции распада. Для чистого урана $^{235}_{92}\text{U}$ критическая масса вещества соответствует шару радиусом 9 см и равна 50 кг.

Еще сложнее осуществить самоподдерживающуюся реакцию ядерного синтеза. Чтобы такая реакция произошла, ядра необходимо сблизить на расстояние, когда начинают работать ядерные силы, т. е. до величины порядка 10^{-13} см. Для этого необходимо преодолеть кулоновское отталкивание ядер. На ускорителях это достигается разгоном ядер до больших скоростей. Если такая реакция осуществляется в некотором макроскопическом объеме вещества, то единственная возможность столкнуть ядра — нагреть вещество до огромных температур, порядка 100 млн градусов. Кроме того, вещество должно быть достаточно плотным, чтобы образовавшаяся в результате одной реакции энергия послужила бы исходной энергией для следующей реакции.

В силу сложности создания подобных условий первые самоподдерживающиеся ядерные реакции были неуправляемыми, т. е. были осуществлены в виде взрывов. Практическое применение такие ядерные реакции нашли в атомной бомбе, использующей энергию деления ядра урана, и водородной бомбе, использующей энергию ядерного синтеза. Человек получил самое грозное оружие, которое, к сожалению, было испытано на людях. В 1945 г. армия США подвергла атомной бомбардировке японские города Хиросиму и Нагасаки. Что ж, перефразируя эпиграф, можно сказать, что ни ядерные реакции, ни ядерные технологии в этом не виноваты. А вот у людей — ученых, политиков, простых обывателей — должна быть ответственность, возрастающая по мере того, как человек становится обладателем столь разрушающей силы.

Радиоактивное излучение в большой дозе опасно для здоровья человека. Способность отдельных изотопов ядер к радиоактивному распаду находит применение при анализе различных процессов, в частности для определения возраста органических остатков растений и животных. Реакции распада тяжелых ядер и синтеза легких ядер могут использоваться для получения энергии. Для этого необходимо осуществить условия самоподдерживания этих реакций.

В новый
портфель



- ▶ Образующиеся в результате ядерных реакций нейтроны также могут оказывать вредное воздействие на организм. Почему?
- ▶ Что и во сколько раз больше — энергия, образовавшаяся при делении 1 г урана, или энергия, образовавшаяся при синтезе 1 г гелия?
- ▶ Для осуществления реакций термоядерного синтеза на Земле требуются температуры, в несколько раз превосходящие температуру в недрах Солнца. Как вы думаете, почему?

38

ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ И ПРОБЛЕМА ЕГО НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ

Урок-конференция

...Нелишне напомнить, что манхэттенский проект по созданию американской атомной бомбы, обеспечивший на определенном этапе преимущество США, был сделан руками эмигрантов. Хотим ли мы, чтобы наши ученые сейчас участвовали в чем-нибудь подобном?

Ю. С. Осипов



Как и кем создавалось ядерное оружие? Должен ли ученый, чьи разработки могут впоследствии причинить вред человечеству, нести моральную ответственность? Чем объясняется борьба за нераспространение ядерного оружия? Возможно ли навсегда остановить его распространение?

Словом можно убить, словом можно спасти,
Словом можно полки за собой повести.

Вадим Шефнер. Слова

На примере цитаты из стихотворения В. Шефнера поразмышляйте, всегда ли творец задумывается о последствиях им созданного. Должна ли быть моральная ответственность как ученого, так и у писателя? Что, на ваш взгляд, страшнее: разящее слово или атомная бомба?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

СООБЩЕНИЕ 1

История создания ядерного оружия.

Деление ядра урана под воздействием нейтронов: одновременным испусканием вторичных нейтронов

было открыто Отто Ганом и Фрицем Штрасманом в 1938 г. С тех пор работы по данной теме перестали публиковаться в научных журналах. В США в обстановке строжайшей секретности начались работы по созданию мощного оружия. К работе (так называемый манхэттенский проект) были привлечены лучшие физики мира, в частности эмигрировавшие из нацистской Германии.

В 1942 г. под руководством Энрико Ферми в США был создан первый ядерный реактор, основанный на цепной реакции деления ядер

ЦЕЛЬ КОНФЕРЕНЦИИ Ознакомиться с историей создания ядерного оружия. Понять, как повлияло осознание учеными опасности появления такого оружия на их мировоззрение. Изучить современные проблемы, связанные с нераспространением ядерного оружия.

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИИ

1. Создатели ядерного оружия.
2. Моральная ответственность ученого.
3. Проблема нераспространения ядерного оружия.

В июле 1945 г. в США была испытана первая атомная бомба. Позднее атомное оружие было создано и в Советском Союзе. В начале 1950-х гг. в США, а затем и в СССР было создано термоядерное оружие.

СООБЩЕНИЕ 2 Моральная ответственность ученого.

Должен ли ученый, чьи разработки могут принести зло людям, нести ответственность за то, как будут использоваться результаты его работы? Многие ученые-физики, осознав, какое оружие создано в результате их научных разработок, активно занимались общественной деятельностью, связанной с проблемой запрета или нераспространения этого оружия. В качестве примера можно привести Альберта Эйнштейна, не принимавшего непосредственного участия в разработке атомной бомбы, но поддерживавшего инициативу по созданию этого проекта. Другие примеры — «отец атомной бомбы» в США Роберт Оппенгеймер и «отец водородной бомбы» в СССР Андрей Дмитриевич Сахаров.

СООБЩЕНИЕ 3 Можно ли предотвратить нераспространение ядерного оружия?

Мировой общественностью давно осознана опасность распространения ядерного оружия. Даже однократное локальное применение ядерного заряда может вызвать огромные жертвы и привести к серьезным экологическим последствиям на обширной территории. Однако клуб ядерных держав растет. Как должно реагировать на это мировое сообщество?

Источники информации

1. Альбедер Ж. История Европы / Ж. Альбедер [и др.]; пер. с фр. М. П. Дешевицой. — М.: Просвещение, 1996.
2. Кириллин В. А. Страницы истории науки и техники / В. А. Кириллин. — М.: Наука, 1994.
3. Зелиг К. Альберт Эйнштейн / К. Зелиг; пер. с нем. — М.: Атомиздат, 1965.
4. Хантингтон С. Столкновение цивилизаций? / С. Хантингтон // Полис. — 1994. — № 1. — С. 33—48.
5. Широков Г. Ядерная физика / Г. Широков. — М.: Наука, 1980.
6. Дягилев Ф. М. Из истории физики и ее творцов / Ф. М. Дягилев. — М.: Просвещение, 1986.
7. Горелик Г. Андрей Сахаров / Г. Горелик // Наука и свобода. — М., 2000.

Создание ядерного оружия происходило при участии лучших физиков того времени как в США, так и в СССР. Последствия применения ядерного оружия — огромные людские жертвы и возможность глобальной катастрофы, вплоть до уничтожения жизни на Земле, побудили многих ученых бороться за ограничение ядерного оружия и прекращение его распространения. Осознание опасности гонки ядерного вооружения мировым сообществом стимулировало его принять все возможные меры к прекращению распространения ядерного оружия.

В новый портфель

39

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ
АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ

Урок-лекция

...Итак, мы подходим к 1939 году, когда Эйнштейн написал свое знаменитое письмо президенту Рузвельту, в котором советовал обратить внимание на ситуацию в физике и... оказать физикам помощь.

Э. Ферми



Ядра каких атомов участвуют в реакциях, происходящих в атомных реакторах? На какие типы делят реакторы? Какие основные элементы образуют конструкцию ядерного реактора?

Ключевые слова

Обогащение урана • Реакторы на медленных нейтронах • Реакторы на быстрых нейтронах • Активная зона реактора • Регулирующие стержни

Из старого портфеля

Состав атомного ядра. Ядерные реакции. Ядерная энергетика (Физика, 7–9 кл.). Общее представление о строении атомов: ядро (протоны и нейтроны) и электроны. Изотопы (Химия, 9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 2, 25, 26, 28, 65, 75).

Письмо Эйнштейна, о котором говорится в эпиграфе, действительно подтолкнуло правительство США оказать помощь физикам, и в 1939 г. под руководством Энрико Ферми начались работы по созданию ядерного реактора. Позднее аналогичные работы начались в Советском Союзе под руководством Игоря Васильевича Курчатова.

Безусловно, эти работы стимулировали не желание получить еще один способ производства электроэнергии, а стремление создать новое мощное оружие. Как уже говорилось, возможность получения самоподдерживающейся (цепной) реакции на основе деления ядер урана под воздействием нейтронов была осознана сразу же после этого открытия. Почему же атомная бомба была создана лишь в 1945 г.?

СВОЙСТВА ЯДЕР, СПОСОБНЫХ К ДЕЛЕНИЮ. Способностью к делению с выделением энергии в результате этого процесса обладают не только ядра урана. К тому же уран имеет несколько изотопов. Характеристика ядер, так или иначе участвующих в реакциях, происходящих в ядерных реакторах, приведена в таблице.

Некоторые пояснения к таблице. Под быстрыми нейtronами подразумевают нейтроны, движущиеся со скоростями больше 14 000 км/с. Именно такие нейтроны испускаются в процессе деления ядер. Под медленными нейтронами подразумеваются нейтроны со скоростями около 2 км/с.

Какие выводы можно сделать на основе данных таблицы? Если с моноподдерживающейся реакцией деления создавать, используя только

Ядро	Вероятность деления под воздействием быстрых нейтронов	Вероятность деления под воздействием медленных нейтронов	Распространенность в природе	Применение
$^{235}_{92}\text{U}$ уран	Мала	Примерно в 200 раз больше, чем под воздействием быстрых нейтронов	0,7% от урановой руды	В качестве ядерного горючего в ядерных реакторах и атомных бомбах
$^{233}_{92}\text{U}$ уран			Не распространены	
$^{239}_{94}\text{Pu}$ плутоний				
$^{238}_{92}\text{U}$ уран	Меньше, чем для $^{235}_{92}\text{U}$	Практически равна нулю	Урановая руда	Для получения ядерного горючего в процессах захвата нейтронов
$^{232}_{90}\text{Th}$ торий			Более распространен, чем уран	

возникающие в результате реакции быстрые нейтроны, то лучшим ядерным горючим являются ядра $^{235}_{92}\text{U}$, $^{233}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$. Но атомы с такими ядрами мало распространены в природе. Оценки, проведенные с использованием количественных данных, показывают, что вероятность деления ядер $^{238}_{92}\text{U}$ и $^{232}_{90}\text{Th}$ под воздействием быстрых нейтронов настолько мала, что цепная реакция оказывается невозможной. Если же брать природный уран, в котором доля $^{235}_{92}\text{U}$ составляет 0,7%, то оказывается, что составляющий в нем основную массу $^{238}_{92}\text{U}$ препятствует протеканию цепной реакции деления ядер $^{235}_{92}\text{U}$ под воздействием быстрых нейтронов.

Какой выход возможен? Первый вариант — проводить процесс **обогащения урана**. Это означает, что из смеси $^{235}_{92}\text{U} + ^{238}_{92}\text{U}$ нужно каким-то способом удалить $^{238}_{92}\text{U}$. Сделать это непросто, а значит, дорого. Дело в том, что химические свойства этих двух изотопов одинаковы, а физические свойства очень близки, поскольку их массы различаются всего на 1%.

Второй вариант — попытаться осуществить реакцию, замедлив нейтроны, для чего можно использовать даже природный, необогащенный уран, поскольку вероятность деления $^{235}_{92}\text{U}$ медленными нейтронами существенно больше. Оказывается, что в этом случае изотоп $^{238}_{92}\text{U}$ также становится полезен: из него под воздействием нейтронов в процессе протекания ряда последовательных ядерных реакций образуются ядра $^{239}_{94}\text{Pu}$. В дело может пойти и $^{232}_{90}\text{Th}$, из которого образуются ядра $^{233}_{92}\text{U}$. Таким образом, помимо получения энергии, можно вырабатывать ядерное горючее, что эквивалентно процессу обогащения. Именно поэтому первый управляемый реактор был построен в 1942 г., а атомная бомба создана лишь в 1945 г.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ РЕАКТОРОВ. Конструкции реакторов могут быть разнообразными, однако принципиально различаются два типа реакторов — **реакторы на медленных нейтронах** и **реакторы на быстрых нейтронах**. В реакторах на быстрых нейтронах используется обогащенный уран, в котором доля $^{235}_{92}\text{U}$ больше 15%, с возможным добавлением $^{239}_{94}\text{Pu}$. На рисунке 56 приведена схема, позволяющая понять работу реактора. В активной зоне реактора находится ядерное горючее. В реакторах на медленных нейтронах в активной зоне помещается также замедлитель нейтронов.

Нейтроны лучше всего замедляются при столкновении с легкими ядрами атомов. Поэтому в качестве замедлителя используют воду или графит. Вода, кроме того, является теплоносителем, т. е. отводит тепло от ядерного горючего. Ядра атомов водорода (протоны), входящие в состав воды, могут захватывать нейтроны и превращаться в ядра тяжелого водорода —дейтерия, состоящие из протона и нейтрона. Эти ядра радиоактивные, поэтому воду, отводящую тепло, нельзя непосредственно пускать на турбину, как это делается на ТЭЦ. Радиоактивная вода в парогенераторе нагревает воду во вторичном контуре, которая превращаясь в пар, идет на турбину. Сама же радиоактивная вода циркулирует по замкнутому контуру.

В реакторах на быстрых нейтронах вода будет мешать процессу деления, поэтому в качестве теплоносителя используют жидкие металлы (например, натрий).

Реактором нужно уметь управлять, выводя его на полную мощность и останавливая, когда необходимо. Останавливать реакцию можно, частично поглощая нейтроны, высвобождающиеся в процессе деления. Для этого в активную зону вводят (и выводят при увеличении мощности) **регулирующие стержни**. Они содержат вещества, хорошо поглощающие нейтроны, например кадмий или бор.

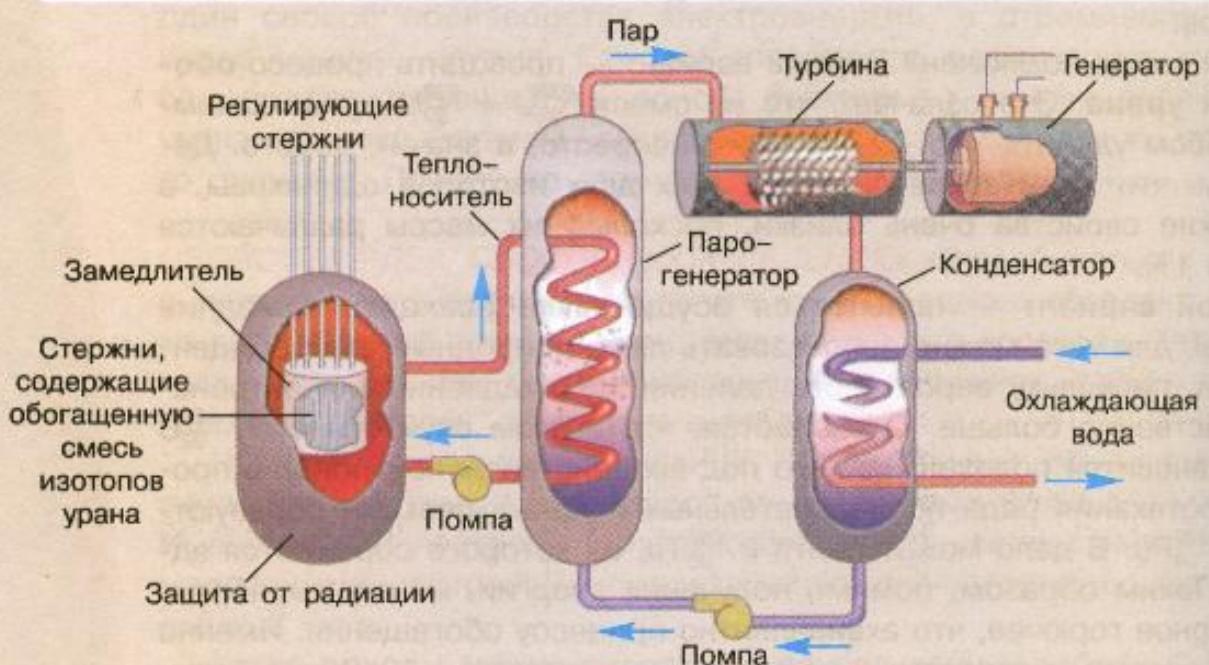


Рис. 56. Конструкция ядерного реактора

Отражатель нейтронов служит для частичного возвращения нейтронов в активную зону. Для защиты персонала от радиоактивного излучения реактора используют оболочку из железобетона.

УПРАВЛЕНИЕ РЕАКТОРОМ. На рисунке 56 не изображена самая главная часть — система управления реактором. Она представляет собой множество датчиков и механизмы, приводящие в движение регулирующие стержни. Датчики регистрируют показатели работы реактора, которые поступают на пульт управления. Управлять реактором непросто, для устойчивой работы необходимо поддерживать строго определенное число вторичных нейтронов в рабочей зоне. Большую часть работы по управлению берет на себя автоматика, однако последнее слово остается за человеком. Поэтому управление реактором может быть поручено только высококвалифицированным специалистам.

К сожалению, опыт показал, что человеческий фактор может играть отрицательную роль, как это произошло в Чернобыле. Конструкции реакторов таковы, что в них при всех сбоях оборудования и при всех ошибках персонала или внешних диверсиях не может произойти ядерный взрыв. Однако, как выяснилось, грубое нарушение персоналом режима работы способно вызвать сильный разогрев активной зоны и тепловой взрыв с ее последующим разрушением.

Применение ядерной энергии в мирных целях впервые было осуществлено в СССР. В настоящее время в России работает несколько атомных электростанций, где в основном используют ядерные реакторы на медленных нейтронах. Помимо этого, ядерные реакторы работают также на атомных ледоколах и атомных подводных лодках.

Основным источником энергии в ядерных реакторах является деление ядер урана $^{235}_{92}\text{U}$, доля которого в урановой руде ($^{235}_{92}\text{U} + ^{238}_{92}\text{U}$) составляет 0,7%. В процессе протекания ядерных реакций из изотопа $^{238}_{92}\text{U}$ вырабатывают ядерное горючее в виде ядер $^{239}_{94}\text{Pu}$, которое затем используют как в ядерных реакторах, так и в ядерном оружии. Ядерные реакторы являются сложными технологическими устройствами, управлять которыми могут только высококвалифицированные специалисты.

В новый
портфель



- ▶ Активная зона реактора обычно имеет сферическую форму или близка к ней. Как вы думаете, почему?
- ▶ Мощности атомных реакторов достигают 500—1000 МВт. Вычислите, сколько актов деления в секунду происходит в атомном реакторе мощностью 1000 МВт.
- ▶ Где в периодической таблице находятся атомы, ядра которых участвуют в процессах, протекающих в атомных реакторах? Какими химическими свойствами обладают эти атомы?

40**АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ****Урок-семинар**

Человек — это в общем антисанитарное мле-
питающее, вы уж меня извините. Он вокруг с-
бя все портит... То есть процесс цивилиза-
ции, обязательно сопровождается ростом з-
грязненности окружающей среды.

Н. А. Пла-



Каково современное состояние атомной энергетики и перспективы ее раз-
вития? Насколько опасна ядерная энергетика в плане возможных аварий
экологического вреда? В чем заключается проблема ввоза и захоронени-
отходов ядерной энергетики?

ЦЕЛЬ СЕМИНАРА

Ознакомиться с состоянием ядерной энергетики, плюс-
ми и минусами ее развития.

ПЛАН СЕМИНАРА

1. Атомная энергетика: история, нынешнее состояни-
и перспективы развития.
2. История Чернобыльской катастрофы и ее уроки.
3. Сравнительный анализ вредных последствий при про-
изводстве электроэнергии различными типами элек-
ростанций.
4. Обсуждение целесообразности ввоза ядерных отходов
для их переработки и захоронения.

Необходимые источники информации

1. Детская энциклопедия.
2. Кириллин В. А. Страницы истории науки и техники / В. А. Кирил-
лин. — М.: Наука, 1994.
3. Альбадер Ж. История Европы / Ж. Альбадер [и др.]; пер. с фр.
М. П. Дешевициной. — М.: Просвещение, 1996.
4. Хантингтон С. Столкновение цивилизаций? / С. Хантингтон // Пе-
лис. — 1994. — № 1. — С. 33–48.
5. Лоуренс У. Люди и атомы / У. Лоуренс. — М.: Атомиздат, 1967.
6. Широков Г. Ядерная физика / Г. Широков. — М.: Наука, 1980.
7. Дягилев Ф. М. Из истории физики и ее творцов / Ф. М. Дягилев. —
М.: Просвещение, 1986.
8. Иоффе Б. Л. Без ретуши: портреты физиков на рубеже эпохи /
Б. Л. Иоффе. — М., 2004.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.krugosvet.ru>
2. <http://www.microsoft.com/Rus/Government/newsletters/issue1/04.mspx>
3. <http://www.znanie-sila.ru/projects/>

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 1**

Рождение атомной энергетики было стимулировано военными разработками. Однако производство электроэнергии атомными электростанциями оказалось выгодным. В настоящее время атомные электростанции эксплуатируются во многих странах, не обладающих ядерным оружием. Оказывается, у атомных электростанций много достоинств по сравнению с другими типами электростанций. В частности, малый вес топлива очень важен для атомных электростанций на подводных лодках. Каковы перспективы развития АЭС?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 2**

Чернобыльская катастрофа была неожиданной и имела серьезные глобальные последствия. В чем причины этой катастрофы? Кто виноват в том, что она произошла? Правильно ли ликвидировались ее последствия? Какие выводы были сделаны из анализа Чернобыльской катастрофы?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 3**

Как производить электроэнергию в достаточном количестве и с меньшими отрицательными последствиями? Оказывается, любые мощные электростанции наносят в той или иной степени вред окружающей среде. В чем заключается вред различных электростанций? Какие электростанции оказываются предпочтительными в тех или иных условиях?

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 4**

Проблема ввоза и захоронения ядерных отходов активно обсуждалась. С одной стороны, это немалый доход для государства, а переработанные определенным образом отходы могут дать дополнительное ядерное топливо. С другой стороны, это сопряжено с определенным риском. В чем он заключается? Насколько он серьезен?

**ПОДВЕДЕНИЕ
ИТОГОВ**

Развитие атомной энергетики довольно сложная проблема. С одной стороны, существуют опасности, связанные с эксплуатацией атомных электростанций и не до конца решенной проблемой захоронения ядерных отходов. С другой стороны, при правильной эксплуатации современные АЭС надежно обеспечивают электроэнергией многие районы, причем экологически они оказываются предпочтительнее, чем электростанции больших мощностей других типов.

Однозначного решения этой сложной проблемы быть не может, однако в ближайшие десятилетия развитые страны не смогут обойтись без атомных источников энергии. Естественно, для проектирования, строительства и эксплуатации АЭС необходимы высококвалифицированные специалисты. Ошибки и просчеты в данной области могут дорого обойтись человечеству.

Быть или не быть?
Вот в чем вопрос...

Вильям Шекспир. Гамлет

Почему гамлетовский вопрос может быть отнесен к современной атомной энергетике

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

41

ПРОБЛЕМА УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА И ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

Урок-лекция

Нам тайны нераскрыты раскрыть пора
Лежат без пользы тайны, как в копилке,
Мы тайны эти с корнем вырвем у ядра
На волю пустим джинна из бутылки!

В. Высоцкий



Каким образом была осуществлена неуправляемая термоядерная реакция? В чем состоит основная сложность осуществления управляемой термоядерной реакции? Что представляет собой горючее для термоядерных реакций? Какие способы удержания высокотемпературной плазмы предполагается использовать в термоядерных реакторах?



Данко, вырывающий из груди сердце

Управляемую реакцию термоядерного синтеза, в результате которой выделялась бы энергия, не удалось осуществить до сих пор. Почему? Может быть, для этого требуется новый Данко?

МЫСЛЬ И ОБРАЗ

Ключевые слова

Дейтерий • Тритий • Магнитные ловушки

Из старого портфеля

Состав атомного ядра. Энергия связывания атомных ядер. Ядерные реакции. Источники энергии Солнца и звезд. Ядерная энергетика (Физика, 7—9 кл.). Общее представление о строении атомов: ядро (протоны и нейтроны) и электроны. Изотопы (Химия, 9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 2, 25, 26, 28, 65, 75).

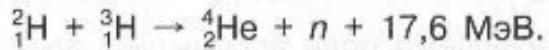
НЕУПРАВЛЯЕМАЯ И УПРАВЛЯЕМАЯ ТЕРМОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ. Практическое использование ядерных реакций распада началось пуска ядерного реактора, в котором осуществлялась управляемая реакция. Лишь спустя три года появилась возможность провести ядерный взрыв — мощную неуправляемую реакцию ядерного распада. Совершенно подобному происходило (и происходит) освоение реакции ядерного синтеза. Первая неуправляемая термоядерная реакция — взрыв водородной бомбы — была произведена в 1952 г. А вот управляемую реакцию термоядерного синтеза, в результате которой выделялась бы энергия, не удалось осуществить до сих пор. Правда, в настоящее время большинство ученых считают, что нерешенные вопросы носят уже не научный, а технический и коммерческий характер. Однако конкретной даты пуска управляемого термоядерного реактора пока не называется.

Трудности, связанные с осуществлением самоподдерживающейся реакции ядерного синтеза, заключаются в необходимости создания высоких плотностей и высоких температур термоядерного горючего (см. § 37). Например, в центре Солнца, где происходят подобные реакции, температура оценивается в $13 \cdot 10^6$ °С, а плотность вещества такова, что 1 см³ имеет массу около 100 г. На Солнце и на звездах такие условия возникают вследствие огромных сил гравитационного взаимодействия, сжимающих вещество. Чтобы создать вещество такой плотности на Земле, необходимо обеспечить давление в 10^{31} раз больше атмосферного, что пока не представляется возможным. При тех же давлениях, которые можно создать, для инициирования термоядерных реакций нужны температуры в несколько раз выше, чем в центре Солнца.

Создать подобные внеземные условия пока удалось лишь при использовании самого мощного из доступных человеку средств — атомного взрыва. В водородной бомбе термоядерное горючее поджигается в результате взрыва небольшой атомной бомбы (заряда-инициатора термоядерной реакции). Мощности водородных бомб существенно выше, чем мощности атомных бомб. Если типичная атомная бомба, например сброшенная на Хиросиму, эквивалентна обычной тротиловой бомбе весом 20 000 т, то мощности водородных бомб достигают сотни миллионов тонн в тротиловом эквиваленте.

ЧТО ТАКОЕ ТЕРМОЯДЕРНОЕ ГОРЮЧЕЕ? Чтобы понять, почему на создание управляемого реактора термоядерного синтеза возлагаются большие надежды, необходимо разобраться, что может служить термоядерным горючим. Существует множество различных реакций термоядерного синтеза, протекающих с выделением тепла, многие из которых, по-видимому, происходят на звездах. Однако, чем тяжелее ядра, тем больше силы отталкивания между ними и, следовательно, более высокие температуры необходимы для термоядерного синтеза. Поэтому в качестве возможных претендентов на термоядерное горючее рассматриваются самые легкие ядра — изотопы водорода, гелия и лития.

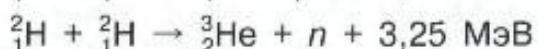
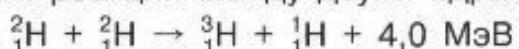
Одной из самых низкотемпературных является реакция



В этой реакции участвуют два различных изотопа водорода — **дейтерий** (${}_1^2\text{H}$) и **тритий** (${}_1^3\text{H}$). Реакция имеет определенные недостатки. Во-первых, тритий радиоактивен, период его полураспада около 12 лет. Следовательно, необходима защита от радиации. Во-вторых, из короткого периода полураспада следует, что этот изотоп отсутствует в природе (все, что было, уже распалось). Значит, необходимо предусмотреть получение трития из дейтерия в самом термоядерном реакторе.

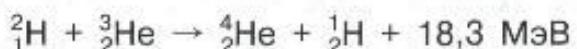
А вот дейтерия в природе много. Правда, в общей массе водорода на Земле дейтерия содержится всего 0,015%. Однако поскольку дейтерий содержится в морской воде, которая легко «добывается», то запасы дейтерия на Земле практически неограничены. Получение дейтерия из воды тоже не представляет проблемы, для этого используют разложение воды электрическим током (электролиз). Другого подобного дешевого и распространенного источника энергии на Земле нет.

В связи с доступностью дейтерия рассматриваются также возможности использования реакций между двумя ядрами дейтерия:



В первой из этих реакций вырабатывается радиоактивный тритий, так что проблема защиты от радиоактивности остается.

Существует и наиболее приемлемая с точки зрения радиоактивности реакция



Как исходные продукты, так и продукты реакции нерадиоактивны. Однако для этой реакции необходим легкий изотоп гелия, состоящий из двух протонов и нейтрона. На Земле количество этого изотопа ничтожно: его содержание в гелии, который и так является редким элементом, составляет $1,4 \cdot 10^{-4}\%$. Имеются данные о том, что ${}^3_2\text{He}$ достаточно много на Луне, уже появлялись сообщения о возможности доставки его с Луны на Землю.

МАГНИТНЫЕ ЛОВУШКИ ДЛЯ ПЛАЗМЫ. Самая сложная проблема, которую нужно решить при конструировании термоядерного реактора, — удержание плотной горячей плазмы в течение достаточно длительно времени (порядка 1 с). Любое вещество при температурах в десятки миллионов градусов превращается в плазму, поэтому никаких-либо стенок для удержания термоядерного горючего создать невозможно. Изолировать плазму от стенок камеры можно, поместив ее в сильное магнитное поле.

Вы знаете, что на заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила Лоренца. Она закручивает частицу и не дает ей двигаться с постоянной скоростью перпендикулярно силовым линиям магнитного поля. Приблизительно движение частицы можно представить как движение по спирали, накрученной на линию магнитного поля. Поскольку линии магнитного поля всегда замкнуты, движение заряженной частицы становится ограниченным некоторой областью пространства (рис. 57).

Для создания магнитного поля используют электромагниты различной формы. В настоящее время существующие проекты предусматривают

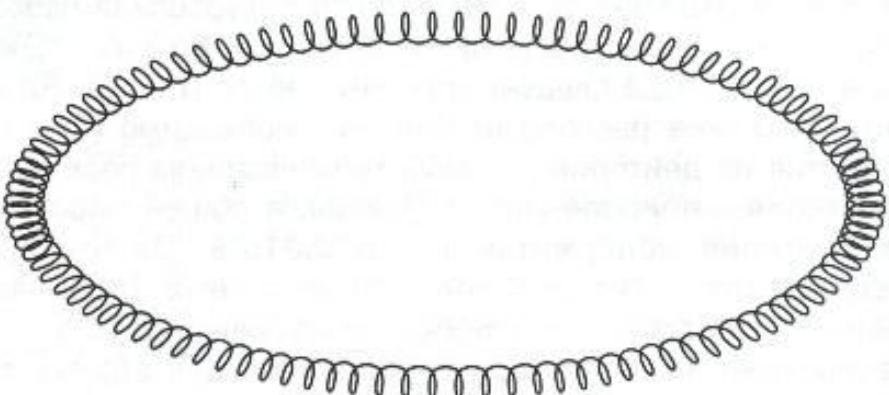


Рис. 57. Движение заряженной частицы в магнитном поле

вают создание камеры для термоядерного горючего в виде тороида (бублика). На поверхность тороида наматывают обмотки электромагнита. Создаваемое ими магнитное поле представляет собой замкнутые линии, проходящие внутри тороида. Поскольку скорости частиц огромны, для их закручивания необходимы сильные поля, а значит, большие токи. Чтобы избежать потерь энергии на нагрев проводов, предполагается использовать обмотки катушек из сверхпроводников, для чего их необходимо охлаждать до температур порядка 10 К. Таким образом, сверхвысокие температуры будут «соседствовать» со сверхнизкими.

Магнитные ловушки прекрасно удерживали бы заряженные частицы, если бы эти частицы не сталкивались между собой. В результате столкновений частицы уходят из ловушки, и проблема их удержания пока еще до конца не решена.

Для создания подобных устройств привлекаются самые современные технологии. Соответствующие проекты оказываются настолько дорогими, что для их осуществления объединяют усилия ученых нескольких государств, включая Россию. В настоящее время первый реактор, вырабатывающий энергию не в промышленных, а в исследовательских целях, собираются построить в Японии.

Для осуществления самоподдерживающейся термоядерной реакции необходимо достижение в плазме термоядерного горючего огромных температур и давлений. В настоящее время подобные условия реализованы в водородной бомбе при помощи предварительного атомного взрыва. Термоядерным горючим может служить тяжелый водород — дейтерий, запасы которого на Земле практически неисчерпаемы. В связи с этим ученые многих стран объединяют усилия для создания управляемых термоядерных реакторов. Для удержания плазмы в этих реакторах предполагают использовать магнитные поля.

В новый
портфель



- ▶ Почему термоядерные реакции с более тяжелыми ядрами требуют более высоких температур?
- ▶ Как предполагается добывать термоядерное горючее?
- ▶ Юпитер, как и Солнце, в основном состоит из водорода. Почему в недрах Юпитера не протекают реакции термоядерного синтеза?
- ▶ Объем гидросферы приблизительно равен 1 млрд км³. Чему равна масса дейтерия в гидросфере?

42

ИНФОРМАЦИЯ И
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Урок-лекция

Наступив на острый камешек, мы мгновенно узнаем об этом: что-то нам о том говорит, какая-то информация поднимается вверх по ногам.

Р. Фейнман



Почему в современных устройствах информация преобразуется в электрические сигналы? Что такое аналоговые и цифровые сигналы? Как преобразуется информация?

Ключевые слова

Аналоговый сигнал • Цифровой сигнал
Датчики • Усилители • Аналогово-цифровые преобразователи • Цифроаналоговые преобразователи

Из старого портфеля

Закон Ома для участка электрической цепи (Физика, 7–9 кл.). Информационные объекты различных видов. Информационные процессы: хранение, передача и обработка информации. Дискретная форма представления информации. Сигнал, кодирование и декодирование, искажение информации при передаче (Информатика 6–9 кл.; Естествознание, 11 кл., § 25, 26).

Наш век иногда называют веком информационных технологий. Под информационными технологиями понимают в широком смысле все, что связано с обработкой, передачей, хранением, воспроизведением информации. Конечно же, все эти процессы использовались человеком в древнейших временах. Человек, как и любое существо, воспринимает информацию и воспроизводит ее, а также хранит в своей памяти. Еще в древности человек научился искусственно сохранять информацию — например, в виде наскальных рисунков, а также ее кодировать, что подтверждают древние письмена. Изобретение книгопечатания можно считать началом использования устройств для воспроизведения информации. Однако лишь во второй половине XX в. появились информационные технологии.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИГНАЛ – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОСЧИК ИНФОРМАЦИИ. Процессы, связанные с информацией, могут иметь самую различную природу. Тем не менее в настоящее время все они обрабатываются на общей основе. Для обработки информации используются электрические сигналы, которые являются посредником между устройствами, воспринимающими информацию, устройствами, воспроизводящими информацию, и устройствами, сохраняющими информацию. Универсальная роль электрических сигналов обусловлена удобством их обработки. Что же называют электрическим сигналом?

Проще всего объяснить это на примере угольного микрофона — устройства, которое до недавнего времени входило во все телефонные аппараты (рис. 58).

Устройство представляет собой коробочку с угольным порошком, закрытую гибкой мембранный, к которой прикреплен диффузор. Диффузор воспринимает изменение давления (т. е. звуковую волну). Чем больше давление, тем с большей силой диффузор давит на мембрану, которая, прогибаясь, сжимает угольный порошок. Чем больше сжимается угольный порошок, тем меньше его сопротивление. Если на диффузор падает звуковая волна, то при подключении к угольной коробочке проводов и источника тока по цепи пойдет ток. Зависимость тока от времени повторяет зависимость давления звуковой волны от времени. Этот ток и является электрическим сигналом, несущим информацию о звуковой волне. Электрическим сигналом является также падение напряжения на сопротивлении (см. рис. 58), которое пропорционально току, а значит, также повторяет форму давления в звуковой волне.

Такой электрический сигнал, который аналогичен изменению во времени некоторой физической величины (давление, температура, скорость и т. д.), называют **аналоговым сигналом**. Устройство, преобразующее изменение некоторой физической величины в электрический сигнал, называют **датчиком**. Описанный микрофон является простейшим датчиком давления воздуха.

Датчики преобразуют самую разнообразную информацию в электрические сигналы. Существуют датчики температуры, датчики, регистрирующие элементарные частицы, датчики влажности. Примером датчика, преобразующего световой сигнал в электрический, служат фотоэлементы и многочисленные устройства, в состав которых входят фотоэлементы — электронно-лучевые трубки, ПЗС-матрицы и др.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ. Как и зачем преобразуется электрический сигнал? Очень часто необходимо усилить сигнал, не искажая его, например в акустической системе концертного зала. Микрофоны преобразуют звук голоса и музыкальных инструментов в электрический сигнал. Далее этот сигнал усиливается, затем громкоговорители осуществляют обратное преобразование электрического сигнала в звук. Устройство, усиливающее электрический сигнал, называют **усилителем**.

Электрические сигналы можно складывать. Примером является сложение сигналов, идущих от различных музыкальных инструментов в концертном зале.

В некоторых случаях возникает необходимость преобразовать сигнал, искажая его определенным образом. Так, например, получают новые искусственные тембры музыкальных инструментов. Иногда необходимо уметь перемножать два сигнала. Именно так возникает модулированный сигнал (см. рис. 40).

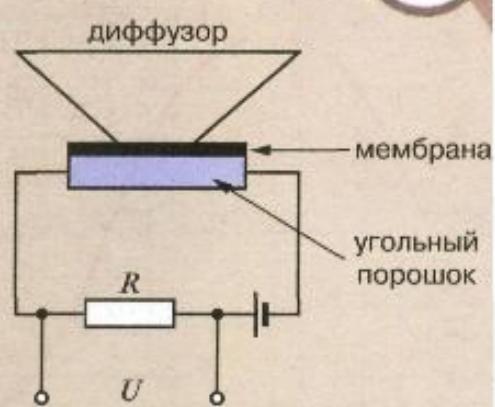


Рис. 58. Устройство угольного микрофона

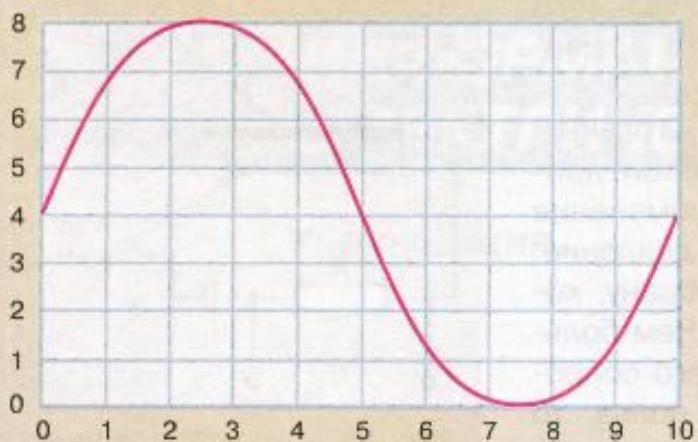


Рис. 59. Кодирование синусоидального аналогового сигнала

Пусть аналоговый сигнал представляет собой синусоиду. Рассмотрим участок такой синусоиды, равный одному периоду (рис. 59).

Нанесем на этот сигнал сетку, разделив сигнал по величине на интервалов (вертикальная ось) и по времени на 10 интервалов (горизонтальная ось). Далее формируем 10 чисел, каждое из которых равно целому числу от величины сигнала в начале соответствующего интервала времени. В данном случае это совокупность следующих чисел 4, 6, 7, 7, 6, 4, 1, 0, 0, 1. Это и есть **цифровой сигнал**, соответствующий исходному аналоговому. Приборы, осуществляющие преобразование аналогового сигнала в цифровой, называют **аналого-цифровыми преобразователями**. Обычно эти преобразователи формируют цифровой сигнал в двоичном коде, так что 10 приведенным выше цифрам соответствуют следующие двоичные числа: 100, 110, 111, 111, 110, 100, 001, 000, 000, 001.

Аналого-цифровой преобразователь — это электронный прибор, и естественно, цифровой сигнал выдается не в виде нулей или единиц в виде электрического сигнала, в котором закодированы нули и единицы. Например, нулю может соответствовать короткий импульс, а единице — длинный импульс (точка и тире в азбуке Морзе). При передаче такого сигнала потребуются еще и специальные импульсы — синхронимпульсы, отделяющие одно двоичное число от другого.

Естественно, существуют устройства, осуществляющие обратное преобразование цифрового сигнала в аналоговый, — **цифроаналоговые преобразователи**. В результате восстановления сигнала, соответствующего 10 вышеприведенным числам, мы получим сигнал, изображенный на рисунке 60.

Конечно же, этот сигнал искажен по сравнению с исходным аналоговым. Однако если сетку, накладываемую на исходный сигнал, сделать мельче, то искажения станут менее заметными.

Недостаток, связанный с искажениями при преобразовании аналогового сигнала в цифровой и обратно, компенсируется огромным выигрышем, связанным с возможностью преобразования цифровых

Преобразование аналоговых сигналов осуществляется при радиовещании и телевещании. Например, современном телевизионном сигнале определенным образом смешиваются три сигнала: звуковой, яркостной цветовой, которыми модулируется радиоволна.

ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЫ. В последнее время аналоговые сигналы все чаще заменяют на цифровые, в частности планируется в ближайшие десятилетия перейти на цифровое телевидение. Что такое цифровой сигнал? Рассмотрим это на следующем примере

сигналов. Цифровые сигналы поступают на компьютер, и их преобразование определяется заложенной в компьютере программой. Конечно же, имеются в виду не отдельные компьютеры, а компьютеры, встроенные в тот или иной прибор. Фактически такие компьютеры есть в большинстве современных устройств — телевизорах, радиоприемниках, видеомагнитофонах, автомобилях, стиральных машинах и т. д.

Удобство преобразования цифрового сигнала связано с легкостью изменения программы, осуществляющей такое преобразование. Кроме того, цифровой сигнал удобнее хранить. Например, закачивая мелодию звонка в мобильный телефон, пользователь записывает в его память последовательность двоичных чисел, которую далее цифроаналоговый преобразователь переводит в звук.

Огромные возможности благодаря цифровой технологии открываются в искусстве. Например, составляя различные программы, можно получать самые разнообразные звуковые тембры, не существующие в природных инструментах, создавать искусственную окраску голоса. При съемках фильмов с помощью цифровой технологии можно достигать самых разнообразных видеоЭффектов, ограниченных лишь фантазией художника.

В современных приборах информация о самых различных физических величинах преобразуется в электрические сигналы (токи и напряжения в зависимости от времени). Аналоговые сигналы полностью повторяют изменение некоторой физической величины от времени. Цифровые сигналы — последовательность электрических импульсов, содержащих закодированную в виде двоичных чисел информацию. Цифровые сигналы дают возможность преобразовать информацию с помощью компьютера.

В новый
портфель

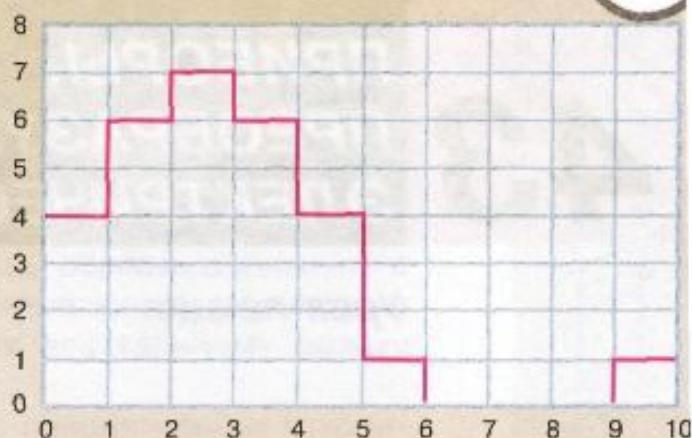


Рис. 60. Сигнал, восстановленный из цифрового кода, полученного при кодировании синусоидального сигнала (см. рис. 59)

- В современной медицине существует множество приборов, позволяющих непрерывно осуществлять контроль за состоянием больного. Какая информация при этом преобразуется в электрические сигналы?
- Проводимость воды увеличивается при увеличении концентрации растворенных в ней солей. Предложите, исходя из этого свойства, конструкцию датчика концентрации солей, который мог бы осуществлять контроль качества сточных вод некоторого предприятия.
- До недавнего времени существовала только аналоговая фотография, основанная на засвечивании фоточувствительных материалов и последующей их химической обработке. В настоящее время все большее развитие получает цифровая фотография. В чем состоит ее сущность и чем она отличается от обычной фотографии?

43

ПРИБОРЫ, ПРЕОБРАЗУЮЩИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Урок-лекция



Чем отличаются электронно-вакуумные и полупроводниковые приборы от других элементов электронных схем? Каков принцип действия электронно-вакуумных приборов? Каков принцип действия полупроводниковых приборов?

Если сегодня в ваших компьютерах основная операция «ноль — единичка» происходит за счет переключения прибора и в этом переключении участвуют тысячи электронов, то в новом тысячелетии это будет происходить за счет единичных актов, что приведет к колossalному увеличению потенциальных возможностей компьютерных технологий.

Ж. И. Алфера

Ключевые слова

Электроника • Линейные и нелинейные элементы схем • Пассивные и активные элементы схем • Диод • Катод • Анод • Управляющие электроды • Сетка • Полупроводниковый прибор • Транзистор • Интегральная микросхема

Из старого портфеля

Проводники, диэлектрики и полупроводники. Носители электрических зарядов в металлах, полупроводниках, электролитах и газах. Полупроводниковые приборы (Физика, 7—9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 2, 25, 26, 28, 65, 75).

Каков принцип действия устройств, преобразующих электрические сигналы? Современное название прикладной науки, изучающей такие процессы, — **электроника**. Предшественниками электроники были радиотехника и электротехника. Развитие электроники и соответствующих технологий было обусловлено использованием полупроводниковых материалов. До их прихода в радиотехнику аналогичную роль выполняли электронно-вакуумные приборы — радиолампы.

Помимо радиоламп и полупроводниковых приборов, электрические схемы различных устройств могут содержать такие элементы, как сопротивления, конденсаторы, индукторы, трансформаторы. Эти элементы, а также различные конструкции из этих элементов, так же как радиолампы и полупроводниковые приборы, преобразуют электрические сигналы. Почему же их не хватает для работы различных устройств? Что нового дают радиолампы и полупроводники? Все возможные устройства, не включающие радиолампы и полупроводниковые приборы, обладают двумя важными свойствами, ограничивающими их возможности при преобразовании сигналов.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОННО-ВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ. Любой электронно-вакуумный прибор представляет собой герметичный бал-

лон, из которого откачен воздух и в который помещены металлические электроды с выводами за пределы баллона. Форма и количество электродов могут быть различны в зависимости от исполняемых функций, но два электрода присутствуют всегда. Простейшую лампу с двумя электродами называют **диодом**. Один из электродов — **катод** подогревается при помощи электрического тока. В результате теплового движения часть электронов вылетает из катода, образуя вблизи него электронное облако. Электрические силы, связывающие вылетевшие электроны с «покинутыми» ядрами, не дают электронному облаку далеко удаляться от катода (рис. 61).

Если на второй электрод — **анод** — подать положительное относительно катода напряжение, то электроны начнут притягиваться к аноду и пойдет электрический ток. При смене полярности напряжения ток прекратится, поскольку анод не сможет поставлять электроны для создания тока. Диод, таким образом, обладает односторонней проводимостью, что и обеспечивает его нелинейные свойства.

Если в промежутке между катодом и анодом поместить другие электроды, то потоком электронов можно управлять, подавая на эти электроды то или иное напряжение. Соответствующие электроды называют **управляющими электродами**. Некоторые из электродов делают в виде сетки, охватывающей катод, они так и называются — **электродами-сетками** (рис. 62).

Управляя потоком электронов, электроды-сетки позволяют усиливать электрический сигнал. Другие электроды могут формировать из потока электронов узкий электронный луч и, отклоняя его, послать на экран кинескопа телевизора или монитор компьютера. Попадая на экран, электроны возбуждают атомы, которые затем излучают свет. Именно так создается изображение в **электронно-лучевом кинескопе** (рис. 63).

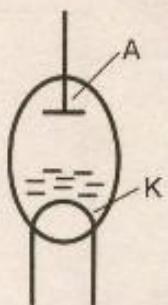


Рис. 61.
Диод .

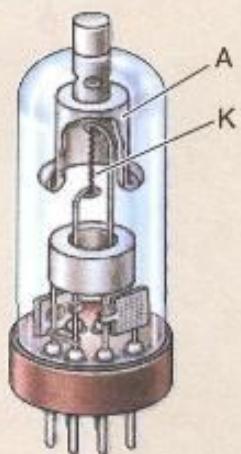


Рис. 62. Электро-
роды-сетки

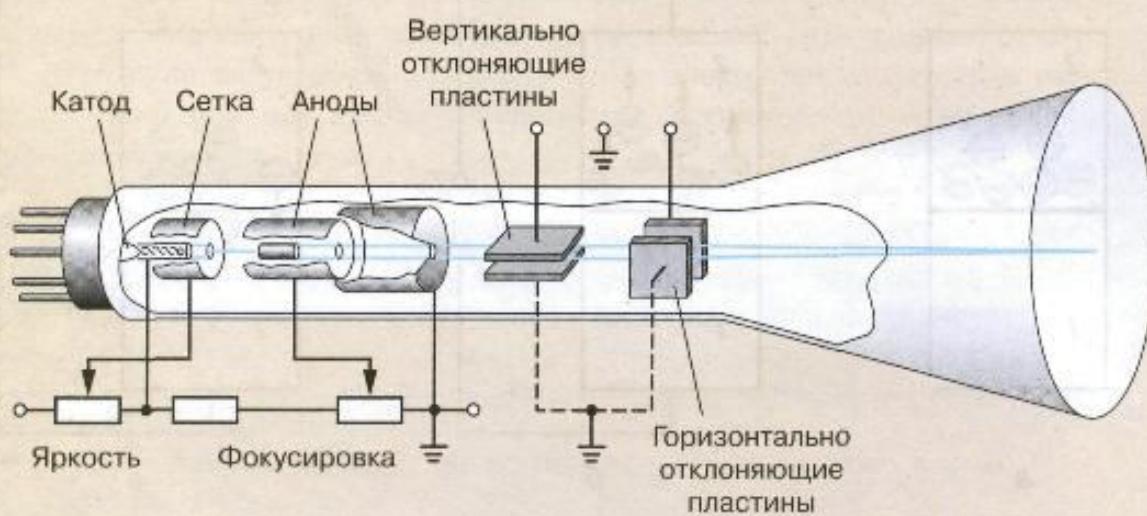


Рис. 63. Электронно-лучевой кинескоп

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД И ТРАНЗИСТОР. Действие полупроводниковых приборов основано на явлениях, происходящих на границе между веществами с различной проводимостью (различными металлами, полупроводниками и диэлектриками). Понять работу полупроводникового диода можно, рассмотрев контакт двух различных проводников (или полупроводников). При контакте вещества тепловое движение стремится забрасывать электроны в «чужой» проводник через контакт. Поскольку проводники различны, то оторвать электроны от ядер в одном проводнике легче, чем в другом. Допустим, от ядер проводника (рис. 64, а) электроны оторвать легче, чем от ядер проводника 2. Тогда в результате тепловых процессов в проводнике 2 вблизи границы появляется облако избыточных электронов. Облако не может далеко улететь от границы, так же как в вакуумной лампе электронное облако не может далеко удалиться от катода.

Приложим теперь электрическое поле, как показано на рисунке 64, б. Поле будет действовать на электроны облака с некоторой силой (на рисунке она направлена вверх), и пойдет электрический ток. Чтобы заставить электроны двигаться в обратном направлении (рис. 64, в) необходимо создать дополнительную силу, способную «загнать» электроны облака обратно в проводник 1. Это означает, что такой же по величине ток пойдет при большем напряжении, т. е. проводимости для разных направлений токов разные. Таким образом, данный прибор будет работать подобно вакуумному диоду.

Наилучший эффект имеет место при контакте полупроводников двух типов: *n*- и *p*-типа. В полупроводниках *n*-типа ток переносится электронами (от лат. *negative* — отрицательный). В полупроводниках *p*-типа ток переносится положительными квазичастицами — дырками (от лат. *positive* — положительный). На самом деле в обоих случаях ток переносится в результате движения электронов. Понять смысл введения различных носителей заряда можно, воспользовавшись аналогией и сопоставив полупроводнику *n*-типа падающие капли дождя, а полупроводнику

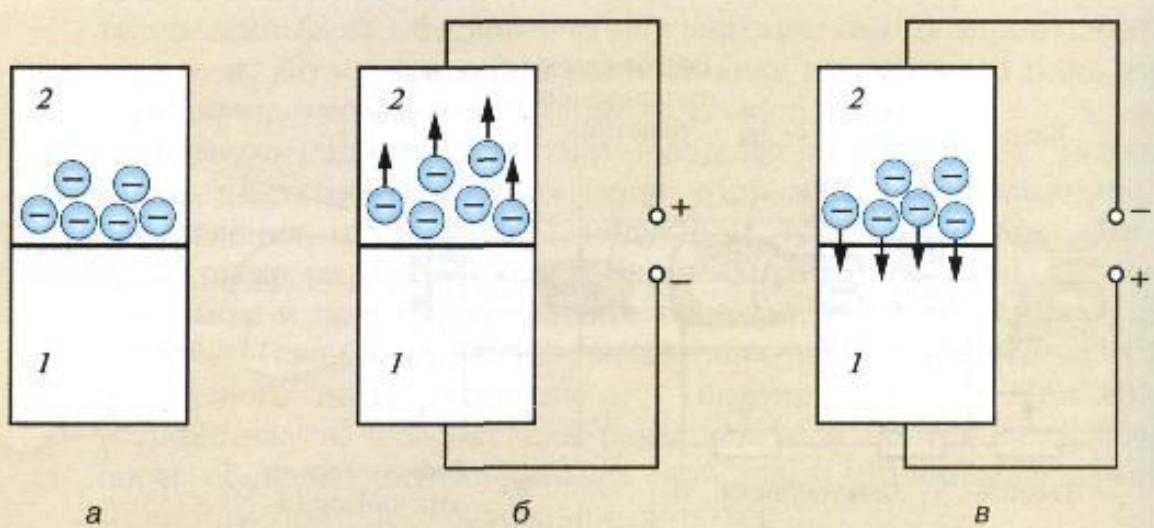


Рис. 64. Полупроводниковый диод: а — напряжение отсутствует; б — напряжение приложено в прямом направлении; в — напряжение приложено в обратном направлении

p-типа поднимающиеся в воде пузырьки воздуха. В обоих случаях масса переносится в основном частичками воды сверху вниз, однако во втором случае мы наблюдаем движение пузырьков (дырок) в противоположном направлении.

Полупроводниковый прибор, способный усиливать сигнал подобно вакуумной лампе с управляющими электродами, называют **транзистором**. Транзисторы бывают различных типов и конструкций. Понять работу транзистора проще всего на основе так называемого полевого транзистора.

В полупроводнике (например, *p*-типа) создается проводящий канал из полупроводника противоположного типа (рис. 65). Этот канал соединяет два металлических электрода: исток — аналог катода и сток — аналог анода. На третий управляющий электрод — затвор подается напряжение, которое может изменять ток через канал, подобно тому как это делает сетка в электронно-вакуумной лампе.

Особенно эффективной работа полупроводниковых приборов стала после того, как на одной пластине полупроводника научились создавать множество диодов, транзисторов, сопротивлений и конденсаторов. Такой прибор эквивалентен целой электронной схеме из различных элементов и называется **интегральной микросхемой**. Современные интегральные микросхемы, например процессоры компьютеров, содержат несколько миллионов (!) транзисторов на одной кремниевой пластине.

Электронные схемы могут содержать линейные и пассивные элементы (сопротивления, конденсаторы, трансформаторы) и элементы нелинейные и активные, усиливающие электрический сигнал (электронно-вакуумные лампы и полупроводниковые приборы). В электронно-вакуумных приборах ток переносится электронами от катода к аноду, а его сила регулируется управляющими электродами. Действие полупроводниковых приборов обусловлено явлениями, происходящими на границе полупроводников различных типов.

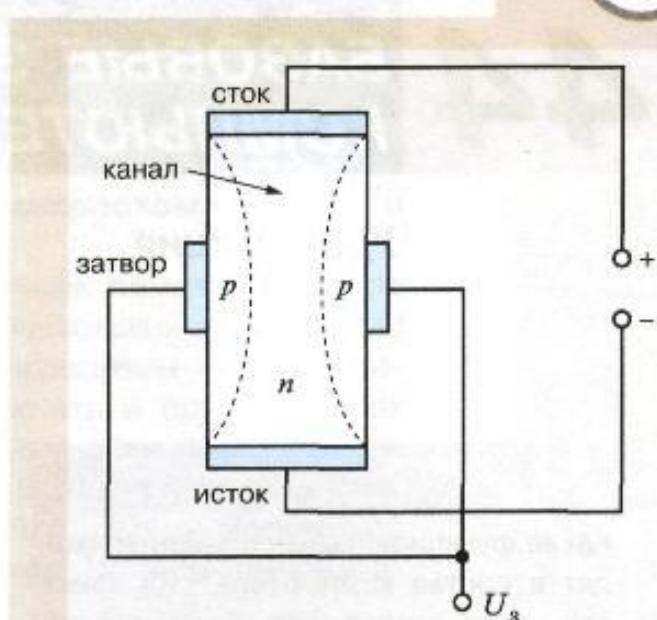


Рис. 65. Транзистор

В новый
портфель

- ▷ Для чего нужны электронно-вакуумные приборы и полупроводниковые приборы?
- ▷ Чем отличается преобразование электрических сигналов линейными и нелинейными элементами схемы?
- ▷ Электронно-вакуумные приборы потребляют от источников питания большую мощность. Почему?
- ▷ Почему создание персональных компьютеров, подобных существующим ныне, было невозможно на основе использования радиоламп?

44

БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
КОМПЬЮТЕРА

Урок-лекция



Какие функциональные элементы входят в состав компьютера? Из каких элементов состоят узлы компьютера? Как работают логические элементы?

Папенька поднял крышку на табакерку и что же увидел Миша? И колокольчики, и молоточки, и валик, и колеса...

В. Ф. Одоевски

Ключевые слова

Микросхема-память • Микросхема-процессор • Ячейка памяти • Логическое устройство • Логический элемент • Генератор тактовых импульсов

Из старого портфеля

Последовательное и параллельное соединения проводников (Физика, 9 кл.). Основные элементы компьютера и их функции. Соединение блоков и устройств компьютера (Информатика, 6—9 кл.).

Возможно, вам приходилось «приподнимать крышку» современной табакерки — системного блока персонального компьютера. Поскольку устройство это электрическое, а не механическое, единственным вращающимся колесиком, которое вы видели, мог быть вентилятор, охлаждающий процессор. Остальные неподвижные элементы компьютера выглядят для непосвященного человека не менее таинственно, чем элементы древней табакерки.

Основные узлы компьютера и их функциональное предназначение вы изучали на уроках информатики. А вот как работают узлы компьютера с точки зрения преобразования электрических сигналов? Что является элементарными составляющими — «атомами» компьютера?

ВГЛУБЬ КОМПЬЮТЕРА. Попробуем продвинуться вглубь компьютера подобно тому, как мы продвигались вглубь вещества. Во многом мы будем повторять то, что вы уже знаете.

Современный компьютер можно представить как совокупность элементов, каждый из которых выполняет свою функцию.

К устройствам ввода информации относят клавиатуру, мышь, сканер. К устройствам вывода информации — монитор, принтер. Такое устройство, как модем, позволяет обмениваться информацией с другими компьютерами, т. е. является одновременно устройством и ввода, и вывода информации. Внешние устройства хранения информации — устройства, позволяющие считывать и записывать информацию на магнитные и оптические диски, а также на так называемые съемные диски, или флэш-память. По сути, флэш-память — это подключаемые к компьютеру микросхемы для записи и считывания информации.

Сам компьютер — это устройство для обработки информации, которое представляет собой множество различных элементов, расположенных на одной или нескольких печатных платах. Основные элементы, находящиеся на платах, — интегральные микросхемы, или просто микросхемы. Два основных типа микросхем — **микросхема-память** и **микросхема-процессор**.

Микросхема-память состоит из множества **ячеек памяти** (их число в современных микросхемах может достигать нескольких миллиардов) и **логического устройства**. Первая функция микросхемы — при определенных сигналах на входе микросхемы записать в одну из ячеек памяти сигнал, соответствующий 1 или 0. Адрес ячейки памяти и сам сигнал устанавливается на входе в микросхему. Вторая функция — считать информацию, хранящуюся в некоторой ячейке памяти. Логическое устройство, состоящее из **логических элементов**, по заданным входным сигналам находит нужную ячейку памяти.

Микросхема-процессор является более сложным устройством. Она состоит из нескольких логических устройств и нескольких регистров памяти. В зависимости от входных сигналов процессор изменяет состояния внутренних регистров памяти и сигналы на выходных шинах, передаваемые на другие устройства. В состав процессора также входят ячейки памяти и логические элементы.

Управляет работой всех устройств **генератор тактовых импульсов**. Частота тактовых импульсов (число импульсов в секунду) определяет быстродействие компьютера. Состояние каждой ячейки памяти и сигнал на каждойшине изменяются только с приходом нового тактового импульса.

Продвигаясь вглубь компьютера, мы обнаружили следующие элементы: генератор тактовой частоты, ячейку памяти, логический элемент. Некоторые из этих элементов составные.

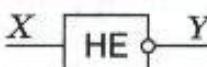
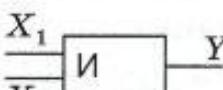
В новый портфель

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЯЧЕЙКА ПАМЯТИ.

Ячейка памяти — элемент, на выходе которого всегда поддерживается один из сигналов 0 или 1. Каждому из этих сигналов соответствует напряжение, значение которого лежит в некоторых пределах. Например, сигналу 0 может соответствовать напряжение от 0 до 0,2 В, а сигналу 1 — напряжение от 2,5 до 4,5 В. Конкретные параметры определяются типом микросхем.

Ячейки памяти могут иметь различную конструкцию, но в любом случае они содержат емкости, накапливающие заряд, который и задает напряжение при запоминании сигнала, и транзисторы.

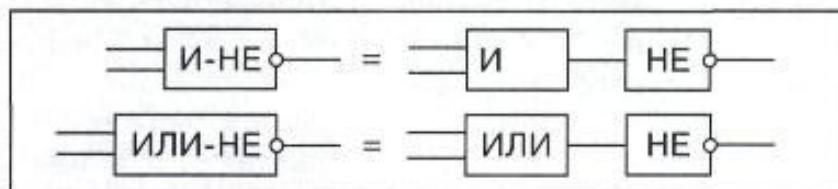
ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ. Образно говоря, мы достигли уровня компьютерных «атомов» — логических элементов. Именно они являются основой всех устройств компьютера, в том числе устройств, осуществляющих арифметические операции. Выделяют три основных элемента, из которых можно сконструировать множество других. Действие этих элементов можно понять, воспользовавшись следующей таблицей:

Обозначение	Логическое действие
	На выходе (Y) сигнал, отличный от сигнала на входе (X).
	На выходе сигнал 1, если хотя бы на одном из входов (X_1 или X_2) сигнал 1. При $X_1 = X_2 = 0$ значение $Y = 0$. Операция — сложение.
	На выходе сигнал 1, если на обоих входах (X_1 и X_2) сигналы 1. Если хотя бы на одном из входов сигнал 0, то на выходе также 0. Операция — умножение.

Как обычно, слева в обозначениях — входы элементов (символы X , X_1 , X_2), а справа — выход (символ Y). Каждый из сигналов может принимать значения 0 и 1.

Как видно из таблицы, логические элементы могут использоваться как элементарные арифметические операции. Именно свойство сложения применяют в арифметических устройствах.

На самом деле только два из трех приведенных элементов независимы (любой третий можно представить как комбинацию двух других). На практике используют две комбинации:



Как устроены эти элементы? В самых первых компьютерах устанавливали электронно-вакуумные лампы. Вспомните, что современные персональные компьютеры содержат миллиарды элементов, и представьте, какой объем занимал бы такой компьютер, состоящий из ламп. В современных микросхемах используют транзистор (см. § 43), который можно рассмотреть как некоторое управляемое сопротивление (рис. 66).

Если в качестве управляющего сигнала подать положительное напряжение, транзистор начинает проводить ток («открывается»), т. е. его сопротивление уменьшается. При отсутствии напряжения транзистор не проводит ток, т. е. обладает большим сопротивлением. В идеале «запертый» транзистор обладает бесконечно большим сопротивлением, а «открытый» — нулевым.

Вспомните теперь, чему равно сопротивление двух проводников, соединенных последовательно, и двух проводников, соединенных параллельно. Несложно понять, как на основе свойств транзисторов сконструированы элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ (рис. 67).

При параллельном соединении проводников их сопротивление равно нулю при условии, что хотя бы один из них (ИЛИ) имеет нулевое



Рис. 66. Управляемое сопротивление, эквивалентное транзистору

сопротивление. Это означает, что если один из сигналов X_1 или X_2 (рис. 67, а) отличен от нуля, то сопротивление спаренных транзисторов равно нулю, и, следовательно, напряжение в точке Y равно нулю.

При последовательном соединении проводников их сопротивление равно нулю, когда они оба (И) имеют нулевое сопротивление. Это означает, что только в случае, когда оба сигнала X_1 и X_2 отличны от нуля, сопротивление спаренных транзисторов равно нулю, и, следовательно, напряжение в точке Y равно нулю.

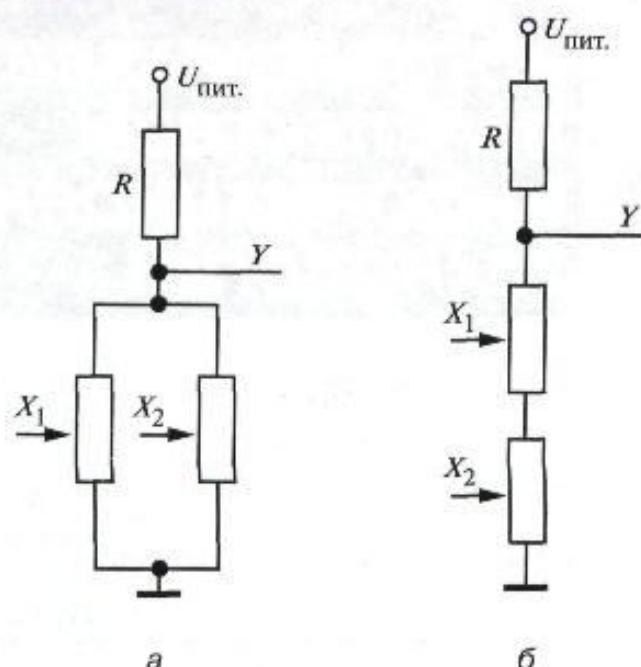


Рис. 67. Конструкция элементов:
а — ИЛИ-НЕ; б — И-НЕ

Ячейки памяти компьютеров состоят из логических элементов. В свою очередь, логические элементы состоят из транзисторов. Два параллельно включенных транзистора реализуют элемент ИЛИ-НЕ. Два последовательно соединенных транзистора реализуют элемент И-НЕ.

*В новый
портфель*

- ???
- ▷ Приведите примеры других устройств, помимо компьютеров, в которых используют логические элементы.
 - ▷ Типичная электронно-вакуумная лампа, еще недавно входившая в состав любого радиоприемника и телевизора, потребляла мощность порядка 1 Вт. Представьте, что из таких ламп собран компьютер, на котором вы работаете. Оцените, какую бы он потреблял мощность, и сравните ее с мощностью атомной электростанции (см. § 39).

45**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И
ПЕРСПЕКТИВЫ
ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ****Урок-конференция**

Что нам говорит научно-техническое прогнозирование? Через пять-шесть лет компьютер будет как мобильный телефон: сунул в карман и пошел... А еще через десять лет эту штуку можно будет встроить в организм, подобно протезу, и она будет следить за его жизнедеятельностью.

И. В. Бестужев-Лада



Когда возникли первые счетные приспособления и каковы основные этапы развития вычислительной техники? Как используются компьютеры в настоящее время и что они смогут в будущем? Какова современная техника, используемая в компьютерах? Каковы перспективы их развития?

ЦЕЛЬ КОНФЕРЕНЦИИ Ознакомиться с возникновением и развитием счетных устройств. Понять современные возможности информационных технологий и перспективы их развития как в плане техники, так и в плане распространения технологий в новые области.

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИИ

- Основные этапы развития вычислительной техники.
- Современное использование компьютеров и перспективы их развития.

СООБЩЕНИЕ 1**От абака до PENTIUM.**

Из истории вы знаете, что первое известное счетное приспособление — абак (счеты) — использовалось еще древними греками и римлянами. Долгое время усовершенствованный абак был единственным инструментом, помогавшим в расчетах. Лишь в XVII в. появились первые механические калькуляторы, а затем такой инструмент, как логарифмическая линейка. Использование электрических калькуляторов началось только в середине XX в.

Первые электрические вычислительные машины имели в качестве базовых элементов электромеханические реле, что обуславливало их крайне низкую надежность. Всего за 15 лет (1944—1958) был пройден колоссальный путь от электромеханических реле до интегральных микросхем, которые, начиная с 1970-х гг., монопольно расселились по

компьютерам, вытеснив всех остальных конкурентов. Одновременно с этим компьютер превратился из электронно-вычислительной машины в высокоинтеллектуального помощника человека, выполняющего самые разнообразные функции.

СООБЩЕНИЕ 2 Информационные технологии сегодня и в перспективе.

Сегодня информационные технологии являются самыми совершенными и быстроразвивающимися. Ни одно производство или учреждение — от гигантских заводов до мелких торговых точек — не обходится без компьютеров, поскольку даже в современном, обязательном для использования кассовом аппарате находится компьютер. Сами того не осознавая, мы постоянно используем компьютеры в быту.

Что можно ожидать от дальнейшего развития компьютерной техники? Компьютеры станут еще более удобными и возьмут на себя еще больше рутинных, но интеллектуальных функций. Возможно, произойдет сращивание компьютеров с организмом человека (см. эпиграф). Все большее применение будут находить автономные роботы. Вероятно, человечество столкнется с новыми проблемами, о которых уже давно пишут фантасты и футурологи.

Источники информации

1. Детская энциклопедия.
2. Юркова Т. А. Путеводитель по компьютеру для школьника / Т. А. Юркова, Д. М. Ушаков. — М.: Олма-Пресс; СПб., Издательский дом «Нева», 2002.

3. Буа Д. Физические границы возможного в микроэлектронике // Физика за рубежом. — М.: Мир, 1991.

4. Кондратьев С. А. Физика и компьютер / А. С. Кондратьев, В. В. Лаптев. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1989.

Интернет-ресурсы

1. <http://hightech.ru>
2. <http://www.hightechs.ru> — сайты т/п «Новости высоких технологий»
3. <http://www.membrana.ru> — электронный научно-популярный журнал «Мембрана»
4. <http://www.hardvision.ru> — тематический портал о компьютерах
5. <http://www.cnews.ru> — издание о высоких технологиях
6. <http://www.osp.ru> — сайт компьютерного журнала «Мир ПК»
7. <http://www.compress.ru> — сайт компьютерного журнала «Компьютер-пресс»
8. <http://gazeta.ru/techzone> — новейшие технические достижения
9. <http://www.sotovik.ru> — сайт Информационно-аналитического агентства «Сотовик»

46

ЧЕЛОВЕК – КОМПЬЮТЕР:
ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ

Урок-лекция



Какие приборы и как преобразуют воспринимаемую человеком информацию в электрические сигналы? Какие приборы и как преобразуют хранящуюся в компьютере информацию в информацию, воспринимаемую органами чувств?

Я каждый жест, каждый взгляд твой в душе берегу
Твой голос в сердце моем звучит, звена.

Л. Дербенев

Ключевые слова

Электродинамические микрофоны • Электродинамические громкоговорители • Электродинамические телефоны • Электронный луч • Люминофор • Жидкокристаллическая ячейка • Струйный принтер
Лазерный принтер

Из старого портфеля

Органы чувств, их роль в жизни человека (Биология, 8–9 кл.). Электромагнитная индукция (Физика, 9 кл.). Основные элементы компьютера и их функции (Информатика, 6–9 кл.).

Человек воспринимает информацию при помощи органов чувств. Сохранение такой информации — процесс, до конца не изученный. Компьютер воспринимает информацию в виде электрических сигналов и хранит ее в памяти в виде битовых сигналов (нулей и единиц). Как же работают устройства ввода и вывода информации?

УСТРОЙСТВА ВВОДА ИНФОРМАЦИИ. Приборы, преобразующие информацию для компьютера, способны перерабатывать далеко не всю воспринимаемую человеком информацию. Например, непосредственная, не выраженная в виде слов информация о вкусе и запахе пока недоступна приборам. В основном компьютер воспринимает информацию о положении какого-либо тела в пространстве (кнопки, клавиши, джойстики, компьютерные мыши), зрительную информацию (сканеры, видеокамеры), звуковую информацию (микрофоны). Существуют также датчики, преобразующие в электрические сигналы информацию о температуре, концентрации какого-либо вещества (например, дыма), датчики электромагнитного излучения невидимого диапазона (рентгеновское и γ-излучения).

Действие кнопок и клавиш принципиально не отличается от простейших устройств (электрические контакты), которые вы изучали в курсе физики. Джойстики, дающие информацию о непрерывном изменении положения манипулятора (например, руля), работают на основе изменения электрического сопротивления (реостата), механически связанного с манипулятором. При изменении сопротивления меняется протекающий по нему ток, а далее аналоговый сигнал преобразуется в цифровой.

С действием прибора, преобразующего звук в электрический сигнал, вы уже знакомы (см. § 42). Заметим, что в настоящее время чаще всего используют **электродинамические микрофоны**, действие которых основано на явлении электромагнитной индукции, т. е. на силе Лоренца. В этом устройстве связанная с диффузором катушка движется в магнитном поле, вследствие чего в ней возникает электрический ток.

Основными элементами в современных сканерах и видеокамерах являются фоточувствительные приборы с зарядовой связью (см. § 34). Эти приборы, каждый из элементов которых реагирует на интенсивность падающего на него света, образуют ПЗС-линейки или ПЗС-матрицы. Первые из них обычно применяют в сканерах.

В таких приборах оригинал, с которого производится сканирование, перемещается относительно ПЗС-линейки так, что изображение формируется построчно. В видеокамерах чаще используют ПЗС-матрицы. Это обеспечивает более высокую чувствительность и, следовательно, меньшее время экспозиции (время, в течение которого снимается изображение).

В подавляющем большинстве компьютеров для ввода информации используют манипулятор — мышь. Мыши реагируют на передвижение по какой-либо поверхности и нажатие кнопок.

В более распространенной сейчас оптической мыши используется миниатюрная видеокамера, которая формирует сигнал изображения поверхности, подсвеченной лазером. При перемещении мыши изображение изменяется, а специальная программа определяет скорость этого изменения и соответственно скорость движения мыши.

УСТРОЙСТВА ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ. Выводимая для человека информация обычно является звуковой или визуальной.

Приборы для вывода звуковой информации — **электродинамические громкоговорители**, или **электродинамические телефоны** (наушники), устроены так же, как и электродинамические микрофоны. Эти устройства являются взаимо обратимыми.

Изображение формируется при помощи мониторов, проекторов и принтеров. В настоящее время наиболее используемые мониторы — электронно-лучевые трубы и жидкокристаллические мониторы. Жидкокристаллические дисплеи используются также во всех мобильных телефонах, карманных компьютерах, часах, различных электронных игрушках. Их преимущество заключается в малом потреблении электроэнергии. Проекторы служат для формирования изображения на большом экране. Во всех случаях изображение формируется матричным способом, т. е. при помощи отдельных элементов — пикселей.

В электронно-лучевой трубке (см. рис. 63) изображение формируется при помощи узкого пучка электронов — **электронного луча**. Под воздействием отклоняющей системы луч последовательно пробегает по

В настоящее время существуют проекты вывода информации, основанной на осязании и обонянии. В первом случае устройства могут формировать текст, читаемый слепыми, во втором — воспроизводить запахи для сопровождения фильмов.

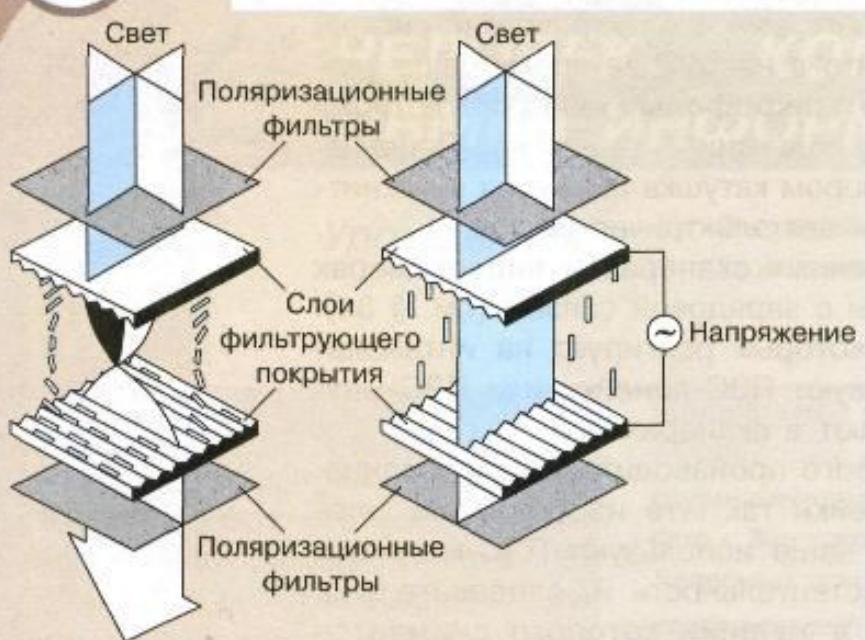


Рис. 68. Схема работы жидкокристаллической ячейки

женной на рисунке 68. Свет от некоторого источника проходит через верхний поляризационный фильтр, в результате чего образуется линейно-поляризованный свет (см. § 30). Далее свет проходит между двумя слоями фильтрующих покрытий, пространство между которыми заполнено жидким кристаллом. Жидкий кристалл — это жидкость из молекул удлиненной формы. Взаимодействуя между собой, молекулы выстраиваются параллельно, так, что образуется упорядоченная структура, по некоторым свойствам напоминающая кристалл.

Фильтрующее покрытие представляет собой слой, в котором «нарезаны» микроканавки. Вдоль них и выстраиваются молекулы жидкого кристалла, примыкающие к этому покрытию. Направления микроканавок в двух фильтрующих покрытиях взаимно перпендикулярны. В результате молекулы жидкого кристалла выстраиваются таким образом, что образуется спиралевидная структура: молекулы в каждом слое несколько повернуты относительно соседнего слоя.

Проходящий через спиралевидную структуру свет поворачивает плоскость поляризации на 90° . Второй нижний поляризационный фильтр пропускает свет именно такой («поворнутой») поляризации. Если же в ячейке приложить напряжение, то молекулы выстраиваются вдоль направления распространения света (см. рис. 68, справа). В результате проходящий через ячейку свет не изменяет поляризацию и задерживается вторым, нижним поляризационным фильтром.

Изменение яркости света, проходящего через жидкокристаллическую ячейку, осуществляется посредством того, что ячейка периодически открывается и закрывается. Чем больше времени в течение периода ячейка открыта, тем ярче светится пиксель. Период подбирается настолько малым, что глаз не замечает мерцания.

Жидкокристаллические ячейки используют также в некоторых типах проекторов. Более совершенными являются проекторы, в которых

точкам — пикселям — на экран электронно-лучевой трубы. Экран покрыт **люминофором** — веществом, светящимся под воздействием электронного луча. Изменя интенсивность электронного луча (число летящих электронов), можно изменять яркость свечения соответствующего пикселя.

В жидкокристаллическом мониторе каждый пиксель формируется при помощи **жидкокристаллической ячейки**. Такая ячейка пропускает свет в обычном состоянии и не пропускает свет, если к ней приложено определенное напряжение.

Принцип работы ячейки можно понять на основе схемы, изображенной на рисунке 68. Свет от некоторого источника проходит через верхний поляризационный фильтр, в результате чего образуется линейно-поляризованный свет (см. § 30). Далее свет проходит между двумя слоями фильтрующих покрытий, пространство между которыми заполнено жидким кристаллом. Жидкий кристалл — это жидкость из молекул удлиненной формы. Взаимодействуя между собой, молекулы выстраиваются параллельно, так, что образуется упорядоченная структура, по некоторым свойствам напоминающая кристалл.

Фильтрующее покрытие представляет собой слой, в котором «нарезаны» микроканавки. Вдоль них и выстраиваются молекулы жидкого кристалла, примыкающие к этому покрытию. Направления микроканавок в двух фильтрующих покрытиях взаимно перпендикулярны. В результате молекулы жидкого кристалла выстраиваются таким образом, что образуется спиралевидная структура: молекулы в каждом слое несколько повернуты относительно соседнего слоя.

Проходящий через спиралевидную структуру свет поворачивает плоскость поляризации на 90° . Второй нижний поляризационный фильтр пропускает свет именно такой («поворнутой») поляризации. Если же в ячейке приложить напряжение, то молекулы выстраиваются вдоль направления распространения света (см. рис. 68, справа). В результате проходящий через ячейку свет не изменяет поляризацию и задерживается вторым, нижним поляризационным фильтром.

Изменение яркости света, проходящего через жидкокристаллическую ячейку, осуществляется посредством того, что ячейка периодически открывается и закрывается. Чем больше времени в течение периода ячейка открыта, тем ярче светится пиксель. Период подбирается настолько малым, что глаз не замечает мерцания.

Жидкокристаллические ячейки используют также в некоторых типах проекторов. Более совершенными являются проекторы, в которых

матрица, формирующая изображение, строится не из жидкокристаллических ячеек, а из микрозеркал, закрепленных на полупроводниковых элементах. При подаче напряжения на элемент зеркало может поворачиваться так, что направляемый на него луч после отражения изменяет свое направление (рис. 69).

Если луч после отражения попадает через объектив на экран, соответствующий пиксель на экране ярко светится, в противном случае пиксель темный.

Современные принтеры также являются матричными, т. е. изображение формируется на бумаге в результате нанесения точек — пикселей. В уже устаревших игольчатых принтерах каждая точка образовывалась в результате удара иголки по красящей ленте, расположенной перед листом бумаги. В **струйных принтерах** точки образуются в результате разбрызгивания на бумагу капелек красящего вещества.

Самое сложное устройство у **лазерного принтера**. Скрытое изображение при помощи сканирующего (изменяющего направление) лазерного луча формируется на специальном барабане. Лазерный луч вследствие фотоэффекта выбивает из вещества на поверхности барабана электроны. Точки, куда попадает лазерный луч, оказываются положительно заряженными. Красящий порошок (тонер) также заряжается, но отрицательным зарядом. Частицы тонера прилипают к заряженным местам на барабане, и таким образом на нем формируется изображение из красящего порошка. Далее вращающийся барабан прокатывается по листу бумаги, оставляя на нем отпечаток.

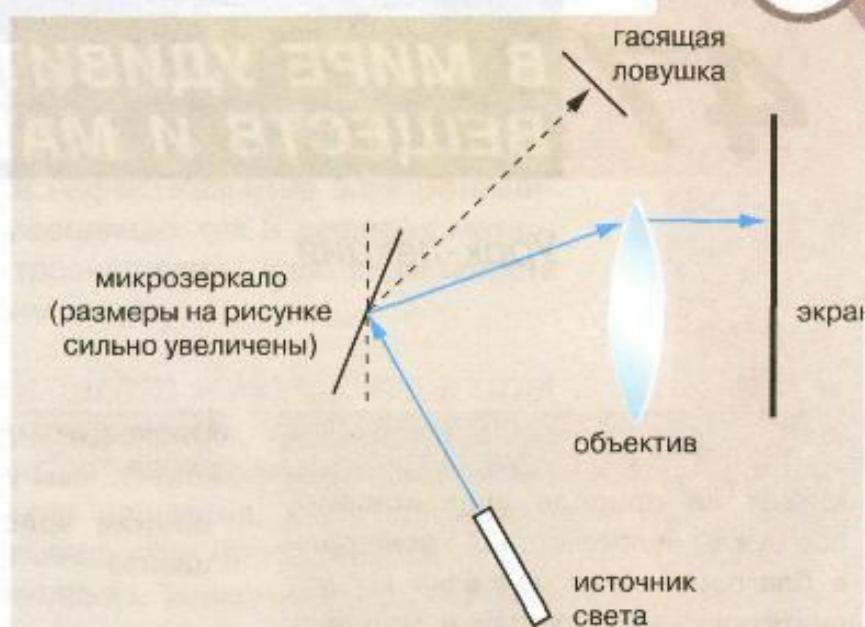


Рис. 69. Схема работы ячейки, образованной микрозеркалом

- Перечислите физические явления, лежащие в основе действия приборов, о которых шла речь в данном параграфе.
- Почему в лазерном принтере должен находиться именно лазер, а не другой источник света, например лампа накаливания?
- Множительный аппарат (ксерокс) копирует изображение с оригинала на бумагу. На основе знаний приборов ввода и вывода информации предложите принцип работы множительного аппарата.
- Если у вас имеется оптическая мышь, проделайте простой опыт. Попробуйте управлять курсором, передвигая мышь по зеркалу. Объясните свою неудачу.

47

В МИРЕ УДИВИТЕЛЬНЫХ
ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Урок-лекция

Если я тебя придумала,
Стань таким, как я хочу

R. Рождественский



Может ли природа удовлетворить все нужды человечества? Какую роль в благосостоянии человека играют синтетические вещества и материалы? Какими необычными свойствами обладают искусственно созданные вещества? Чем вызвана необходимость создания веществ с новыми свойствами?

Ключевые слова

Односторонняя проводимость • Ферромагнетики • Ферриты • Сверхпроводники • Жидкие кристаллы • Экологически безопасные вещества

Из старого портфеля

Представления о полимерах (Химия, 9 кл.). Взаимодействие частиц вещества. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел. Проводники, диэлектрики и полупроводники (Физика, 7–9 кл.).

ВОЗРАСТАЮЩИЕ ПОТРЕБНОСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА. Человек — часть природы. Природа дает ему все необходимое для жизни: кислород для дыхания, воду для утоления жажды, почву, богатую питательными веществами, для земледелия. Природа — источник физического здоровья и эстетического наслаждения человека.

Однако по мере роста материального благосостояния общества, нарастания научно-технического прогресса природе становится все труднее удовлетворять запросы человечества. Тем более что оно все больше нуждается в материалах, обладающих набором особых, часто противоречивых свойств. Например, мы хотим, чтобы наша одежда была прочной, но не жесткой, защищала от холода и не вызывала перегрева, была водонепроницаемой, легкой и не мялась. Материал для такой одежды должен быть твердым и эластичным, легким и прочным, обладать теплоизолирующими свойствами и одновременно иметь высокую теплопроводность, водостойкость, а еще лучше быть водоотталкивающим. Человеку нужны вещества и с другими свойствами: звуко- и электроизоляторы, окрашенные и прозрачные, жаростойкие и т. д. Не менее важно и то, чтобы подобные материалы обрабатывались, легко и с минимальными потерями.

Человек издавна научился получать вещества, не существующие или редко встречающиеся в природе. Так были изобретены порох, кирпич и фарфор, бумага и ткань. Однако, если подобные изобретения были во многом обусловлены случайными открытиями ремесленников, то развитие техники поставило перед естественными науками задачу целенаправленного поиска веществ, обладающих вполне определенными и необходимыми свойствами. В свою очередь, совершенствование

техники дало возможность создавать исключительные, не существующие в природе условия для производства новых веществ.

Так, например, изобретение тепловых двигателей потребовало более качественного топлива, чем сырья нефть, что во многом определило получение бензина в результате перегонки нефти. Развитие электротехники обусловило потребность в хорошо проводящих ток и дешевых металлах. В свою очередь, становление электроэнергетики дало возможность получать эти металлы электрохимическим путем.

НЕОБЫЧНЫЕ СВОЙСТВА ИЗВЕСТНЫХ ВЕЩЕСТВ И НОВЫЕ ВЕЩЕСТВА С УНИКАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ. Ярким примером, иллюстрирующим проблему получения веществ с заданными свойствами, служат полупроводники. К их числу относятся такие вещества, как германий и кремний. Казалось бы, свойство полупроводников проводить ток лучше изоляторов, но хуже проводников не являлось уникальным и не могло быть востребованным. Однако уникальным оказалось свойство контактов полупроводников с металлами — **односторонняя проводимость**, т. е. способность проводить ток лишь в одном направлении. Это свойство использовалось еще в первых детекторных приемниках.

Дальнейшее развитие радиотехники привело к целенаправленному поиску получения полупроводников, контакты между которыми обладают улучшенными свойствами односторонней проводимости. Для этого пришлось создать технологию получения кристаллов полупроводников высокой чистоты (содержащих малые доли процентов примесей), а затем научиться различными способами вводить нужные примеси в эти кристаллы, получая полупроводники *p*- и *n*-типа. Так появились полупроводниковые диоды, транзисторы и, наконец, интегральные микросхемы.

Однако на этом история поиска новых полупроводников не закончилась. Оказалось, что полупроводники могут успешно использоваться в приемниках светового излучения, в устройствах, преобразующих солнечное излучение в электроэнергию (солнечные батареи), в устройствах, с большим КПД излучающих свет. В каждом типе устройств были нужны вещества со своими специфическими свойствами, что стимулировало синтез соответствующих веществ. Современные, используемые в самых различных устройствах полупроводники по свойствам существенно отличаются от тех, что были известны в «дополупроводниковую» эру.

Развитие техники привело к созданию веществ с совершенно необычными свойствами. Известные вам магниты относятся к классу веществ, которые называют ферромагнетиками. Эти вещества усиливают магнитное поле, создаваемое токами, или сами создают такое поле. Как вы знаете, магниты изготавливают из сплавов железа, поэтому они являются проводниками. Однако развитие радиотехники привело к необходимости иметь непроводящие ферромагнетики для работы в высокочастотных трансформаторах. И такие вещества — **ферриты** — были созданы.

Еще одним примером проводников являются **сверхпроводники** — вещества с нулевым электрическим сопротивлением. Сверхпроводимость была открыта еще в 1911 г. Однако свойство это проявлялось

лишь при сверхнизких температурах (порядка 10 К, или -260°C). Эту проблему затрудняло практическое использование сверхпроводников. В течение длительного времени ученые вели поиск сверхпроводников, способных проявлять свои свойства при более высоких температурах. Успех пришел лишь в 1987 г., когда были синтезированы сверхпроводники, не теряющие своих свойств до температур порядка -170°C . Эти температуры получать уже гораздо легче, что привело к созданию и практическому использованию новых приборов. Но и это не предел: ученым целенаправленно ищут возможность создания сверхпроводников, работающих при более высоких температурах, вплоть до комнатной.

Создавая новые вещества и материалы, человек не забывает искать области применения и тем соединений, которые своими необычными свойствами долгие годы не дают покоя его пытливому уму. Яркий пример — **жидкие кристаллы**.

Особенность этих веществ состоит в том, что в определенном температурном интервале выше температуры плавления они сочетают одновременно свойства жидкостей (текучесть) и кристаллических тел (анизотропию, т. е. зависимость физических свойств кристалла от направления).

способность к образованию капель) и кристаллических тел (анизотропию, т. е. зависимость физических свойств кристалла от направления).

НОВЫЕ ЗАДАНИЯ НА БУДУЩЕЕ. Новые времена ставят новые задачи. Человек научился получать пластмассы с самыми разными свойствами. Однако в последние годы выяснилось, что такое, всегда считавшееся полезным свойство пластмасс, как способность противостоять различным химическим веществам, становится вредным. Пластмассовый мусор — бутылки, упаковки, пакеты — плохо разлагается под воздействием природных факторов и загрязняет окружающую среду. А значит требуются пластмассы, которые «живут» заданное время, после чего разлагаются. Поиск способа получения таких веществ уже ведется.

Этот пример является лишь частным случаем того, что в наше время требуются **экологически безопасные вещества**, т. е. вещества, в малой степени загрязняющие окружающую среду. Еще одним примером является отказ от использования фреонов, долгое время применявшимся в холодильных установках. Когда выяснилось, что эти казавшиеся безобидными вещества, возможно, уничтожают озоновый слой нашей планеты, многие страны поставили задачу найти новые экологически безопасные хладагенты и успешно решили эту задачу.

Жидкие кристаллы, открытые более 100 лет назад австрийским ботаником Ф. Рейнитцером, наблюдавшим две точки плавления сложного эфира холестерина (холестериолбензоата), долгое время не находили практического применения. И лишь в середине 60-х г. XX в. на них обратили внимание в связи с бурным развитием микроэлектроники. Этой отрасли промышленности потребовалось вещества, способные отображать и передавать информацию, потребляя при этом минимум энергии.

Получение веществ и материалов с заданными свойствами — важнейшая задача современной науки. Развитие техники, как и развитие общества, дает все больше заданий для поиска новых веществ с уникальными свойствами.

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Мусор — это всегда плохо. Однако если в городе любой мусор лежит, пока его не уберет дворник, то в лесу мусор мусору рознь. Конечно же, кожура банана или апельсина неэстетично смотрится на зеленой траве, однако за несколько недель природа ее «перерабатывает». Брошенная же пластиковая бутылка, упаковка или пакет будут «радовать» всех, кто придет на это место и через несколько лет.



- Приведите примеры веществ, которые были получены путем целенаправленного научного поиска и о которых не говорилось в данном параграфе.
- Приведите примеры веществ, не являющихся экологически чистыми.
- Что вы могли бы предложить ученым в качестве задачи для целенаправленного поиска веществ с заданными свойствами?

48 ОТ ПОЛИМЕРОВ ПРИРОДНЫХ К ПОЛИМЕРАМ СИНТЕТИЧЕСКИМ

Урок-лекция

Нефть не топливо,
топить можно и ассигнациями.

Д. И. Менделеев



Что такое полимеры и каково их строение? Какие полимеры были созданы природой? Какие искусственные полимеры создал человек и каковы их свойства? Где применяют искусственные полимеры?

Ключевые слова

Полимеры • Мономеры • Синтетический каучук • Изопреновый каучук
• Полиэтилен • Тefлон • Полистирол • Поливинилхлорид • Фенопласти • Текстолит • Волокнит
• Стеклопласт • Карбонит

Из старого портфеля

Представления о полимерах (полиэтилен, полисахариды, белки) (Химия, 9 кл.).

Проникнув в тайну природных полимеров, например белков и целлюлозы, ученые не только смогли получить их искусственным путем, но и научились моделировать и производить полимеры и материалы, не имеющие аналогов в природе и обладающие уникальными свойствами.

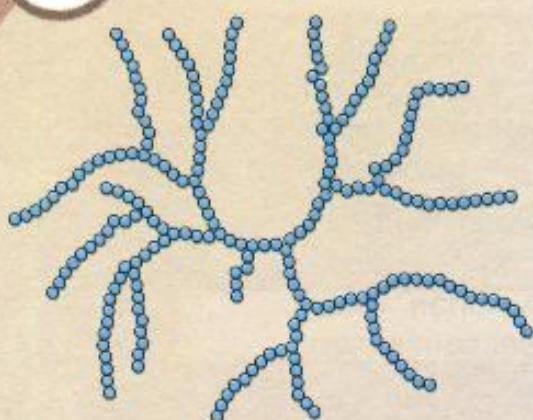


Рис. 70. Целлюлоза

Все **полимеры** (от греч. *поли* — много и *мерос* — часть) состоят из гигантских молекул (макромолекул), образованных соединениями десятков и даже сотен тысяч атомов в длинные цепочки. Полимеры образуются из низкомолекулярных веществ — мономеров (от греч. *моно* — один). Это значит, что молекулы полимеров состоят из многократно повторяющихся **элементарных звеньев**, химически «сшитых» между собой. Так, молекула целлюлозы $(C_6H_{10}O_5)_n$ включает до 10 000 элементарных звеньев, каждое из которых представляет собой остаток молекулы глюкозы $C_6H_{12}O_6$ (рис. 70). Глюкоза, таким образом, мономер целлюлозы. Мономерами белка являются аминокислоты (рис. 71).

Сегодня трудно представить нашу жизнь без синтетических полимеров. Все они рождаются в лабораториях ученых и производятся на заводах из природного сырья, например из нефти. И когда человечество окончательно «укротит» атомную энергию, вероятно, тогда нефть и другие горючие полезные ископаемые целиком поступят в распоряжение ученых, которые смогут преобразовывать их в уникальные материалы.

Современная наука и промышленность, перерабатывая природное сырье — нефть, уголь, газ, сланцы, дают человеку полимеры и материалы, свойства которых уникальны и которые как нельзя лучше отвечают потребностям общества.

В новый портфель

Примером торжества науки может служить **синтетический каучук**.

Природный каучук стал известен в Европе еще в XV в. благодаря участникам второго путешествия Х. Колумба в Америку (1493—1496). Они обнаружили, что индейцы изготавливают обувь, мячи и небьющуюся посуду из «слез дерева» — млечного сока тропического растения гевеи (на их языке «кау» — это дерево, а «учу» — течь, плакать). В Европе каучук сперва не нашел никакого применения. Лишь в 1823 г. шотландец Ч. Макинтош (1766—1843) предложил пропитывать ткани смесью из каучука и органического растворителя. Так был получен первый непромокаемый материал, а затем организовано его производство и пошив плащей. Однако у этих изделий были два существенных недостатка: в жару они размягчались, а в холод трескались.

Каучук обладает рядом ценных для человека качеств. Он устойчив к износу, водонепроницаем, хороший изолятор. Однако при повышенной температуре он становится мягким и липким, а на холода — твердым и хрупким, что делает изделия из него недолговечными. Известен лишь один вид природного каучука — **изопреновый**. Он состоит из 4000—10 000 остатков молекул изопрена C_5H_8 .

Ученые смогли справиться с негативными свойствами каучука. Они научились превращать его в резину, которая отличается более высокой эластичностью, плотностью и не столь зависима от температурных колебаний.

К сожалению, флора нашей страны лишина каучуконосов, а потому потребности народного хозяйства еще в прошлом веке поставили перед наукой проблему

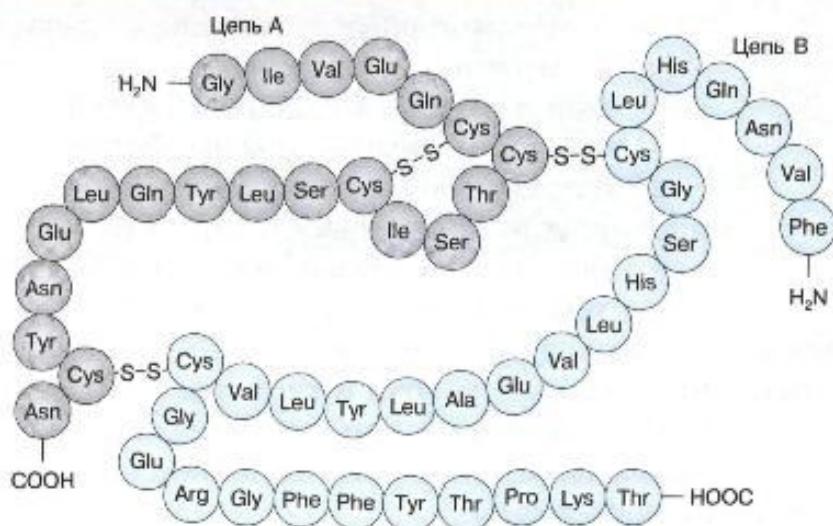


Рис. 71. Полимерная молекула белка (аминокислоты обозначены кружками с надписью)

получения синтетического каучука. В 1909 г. русский ученый Сергей Васильевич Лебедев из бутадиена-1,3 получил полимер, сходный с натуральным каучуком. Тем не менее наладить промышленное производство синтетического каучука ему удалось лишь в 1932 г. Знаменательно то, что это был первый в мире каучук, полученный промышленным путем.

Сегодня известны бутадиеновый, бутадиен-стирольный, бутадиен-нитрильный и другие виды синтетических каучуков, свойства которых заметно отличаются от свойств их природного прототипа. Например, полиуретановый каучук настолько износостойчив, что изготовленные из него шины, вероятно, смогут пережить автомобиль.

В целом синтетические каучуки более устойчивы к старению и истиранию, действию высоких температур и химических реагентов, но более твердые. Это усложняет их переработку. Поэтому для получения высокоэластичных и особо мягких резин используют только природный каучук или его смеси с синтетическими каучуками.

Широко применяют полимеры, которые в отличие от синтетического каучука не имеют природных прототипов. Например, всем известны полиэтиленовые пакеты, изготовленные из **полиэтилена**.

Благодаря этому полимеру мы располагаем дренажными и водопроводными трубами, не поддающимися коррозии; посудой, легкой, небьющейся и удобной в обращении; пленкой, вместо стекла покрывающей парники и теплицы; различными предметами бытового назначения.

Вы наверняка встречали вывески с надписью «Вулканизация шин». Вулканизация — это и есть процесс превращения каучука в резину. Его суть заключается в нагревании каучука с серой до температуры 130—140 °С. В итоге атомы серы «сшивают» отдельные молекулы каучука друг с другом, что и приводит к улучшению его механических и других свойств.

Полиэтилен — это полимер, мономером которого является этилен C_2H_4 . Он механически прочен и химически стоек, эластичен, значительно легче воды, в тонком слое бесцветный и пропускает ультрафиолетовые лучи, прозрачный, на ощупь несколько жирный. При нагревании полиэтилен изменяет свою форму, сохраняя ее после охлаждения. На этом основании его относят к термопластичным полимерам.

Тефлон (политетрафторэтилен) — продукт полимеризации (реакции синтеза полимера) тетрафторэтилена. Последний образован путем замещения всех четырех атомов водорода в молекуле этилена на атомы фтора (C_2F_4).

Производные полиэтилена зачастую сильно отличаются от него своими свойствами, например **тефлон**. По своим механическим, физическим и химическим свойствам тефлон превосходит не только полиэтилен, но и многие другие полимеры. Он устойчив к действию любых растворителей, имеет необычайно высокую температуру размягчения (327 °C) и рекордную

для полимеров температуру разложения (425 °C), не горит. На него не действуют концентрированные щелочи и кислоты. Благодаря этим ценным качествам тефлон применяют при изготовлении аппаратуры для химически агрессивных сред, электроизоляционных материалов, подшипников, не требующих смазки.

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Пленкой из тефлона покрывают металлическую посуду и гладящую поверхность утюгов. В сковороде с таким покрытием никогда не пригорит еда, а к утюгу не прилипнет ткань. Однако тефлон неустойчив к механическим повреждениям. Так, повредить тефлоновое покрытие можно ножом или даже металлической ложкой, которой вы перемешиваете пищу. Используйте для этой цели деревянные лопаточки.

Возможности синтетических полимеров неисчерпаемы. **Полистирол** идет на изготовление корпусов авторучек, коробок для кассет и лазерных дисков, детских игрушек, сувениров и других предметов, не требующих особо высокой прочности материала. **Поливинилхлорид** — на производство искусственной кожи, плащей, kleenки, труб и т. д.

Различные виды **фенопластов** (пластмассы, получаемые из фенольформальдегидного полимера путем добавления к нему различных наполнителей — тканей, бумаги, стеклянного волокна, красителей и т. д.) идут на изготовление шарикоподшипников и шестерен для машин (**текстолит**), ступеней эскалаторов (**волокнит**), автоцистерн и кузовов автомобилей (**стеклопласт**), телефонных аппаратов (**карболит**).

Наука в XXI в. — могущественная сила. Она дает человеку ключ к производству необычных по своим свойствам веществ и материалов, а также ищет скрытые резервы известных человечеству соединений.

В новый
портфель



- ▷ Какие вещества называют полимерами? В чем их отличие от других соединений?
- ▷ Приведите примеры известных вам синтетических полимеров. В чем их преимущества перед природными соединениями?
- ▷ Дайте оценку современному этапу развития человечества с точки зрения его потребностей в синтетических материалах и соединениях с уникальными свойствами.

49

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ – ОСНОВА ПЛАСТМАСС

Урок-практикум

Сегодня удается спасать людей, у которых обожжено 90% поверхности тела, с помощью искусственной кожи.

Искусственная кожа — многослойные полимерные пленки.

Н. А. Платэ



Что такое пластмассы и где они применяются? Каковы характерные признаки пластмасс? Можно ли, зная свойства пластмасс, отличить их друг от друга?

Из старого портфеля

Представления о полимерах (полиэтилен, пластмассы, полисахариды, белки) (Химия, 9 кл.).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ Познакомиться с многообразием пластмасс и сферами их применения. Научиться распознавать пластмассы на основе присущих им характерных свойств.

Оборудование. Коллекция «Пластмассы», набор подписанных образцов пластмасс для исследования, неизвестный (пронумерованный) образец пластмассы для определения, пробирки, тигельные щипцы, спиртовка, спички.

ПЛАН РАБОТЫ Последовательно выполняя задания, ознакомиться с пластмассами и исследовать их свойства.

Вы познакомились с синтетическими полимерами, являющимися основой пластмасс. Пластмассы — это разновидность конструкционных материалов (материалов, предназначенных для производства готовых изделий или сооружений). Их получают, добавляя к исходным полимерам различные наполнители. Для гомогенных (однородных) пластмасс наполнителями могут быть стабилизаторы, красители и другие ингредиенты; для гетерогенных (неоднородных) пластмасс — отходы тканей, бумага, стекловолокно и другие компоненты.

По отношению исходных полимеров к нагреванию пластмассы делят на **термопласти и реактопласти**.

1. Многообразие пластмасс.

Используя коллекцию «Пластмассы», познакомьтесь с многообразием этих синтетических материалов и сферами их применения. Результаты работы оформите в тетради в виде схемы.

2.

Внешние признаки и свойства пластмасс.

Вы получили подписанные образцы пластмасс на основе полиэтилена, поливинилхлорида и полистирола. Внимательно рассмотрите их. Сопоставьте с образцами, имеющимися в коллекции, и сделайте вывод о характерных внешних признаках изучаемых пластмасс.

Используя таблицу-подсказку, выясните отношение исследуемых пластмасс к нагреванию и характеру их горения, а также к действию растворителя.

Сделайте вывод о принадлежности изученных пластмасс термопластам или реактопластам.

ПОДСКАЗКА

Внешние признаки и свойства некоторых пластмасс

Свойства	Пластмассы		
	Полиэтилен	Поливинилхлорид	Полистирол
Физические (внешние) признаки	Сходен с парaffином. Относительно мягкий, эластичный. В тонком слое прозрачен. Цвет различный	Относительно мягкий. Цвет различный	Твердый, хрупкий. Почти прозрачен или непрозрачен. Цвет различный
Отношение к нагреванию	Термопласти		
Горение	Горит синим некоптящим пламенем, плавясь и образуя капли. Ощущается специфический запах	Горит небольшим коптящим пламенем, образуя черный хрупкий шарик. Ощущается острый запах. Вне пламени гаснет	Горит коптящим пламенем
Отношение к действию растворителя (ацетона)	Не растворяется		Набухает

3.

Распознавание пластмасс.

Определите, какой вид пластмасс выдан вам в качестве пронумерованного образца. Для этого проделайте опыты, аналогичные опытам, сделанным при выполнении задания 2.

Результаты работы оформите в виде таблицы.

Номер образца	Внешний вид	Отношение к нагреванию	Характер горения	Отношение к действию растворителя	Вывод

Используя характерные признаки и свойства, можно установить тип пластмассы и возможность ее применения для тех или иных целей.

В новый портфель

ОБРАЗ ЖИЗНИ

Пластмассы, конечно же, не столь агрессивны, как, например, щелочи или кислоты, но и не совсем безобидны. При горении некоторых видов пластмасс выделяется ядовитый газ. Не утилизируйте пластмассы путем сжигания (например, полиэтилен от теплиц на садовом участке).

Литература для дополнительного чтения

1. Детская энциклопедия.
2. Корзинов Н. Битва за резину // Популярная механика. — 2008. — № 2.
3. Бердоносов С. С., Менделеева Е. А. Химия: учеб. для 9 кл. / С. С. Бердоносов, Е. А. Менделеева; под ред. С. С. Бердоносова. — М.: Просвещение, 2006.
4. Габриелян О. С. Химия. Органическая химия: учеб. для 10 кл. / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, А. А. Карцова. — 4-е изд. — М.: Просвещение, 2007.

50

БИОТЕХНОЛОГИЯ И
ПРОГРЕСС ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Урок-лекция

Словами мы познаем суть вещей.

Царь Соломон



Что такое биотехнология? Какие этапы в развитии биотехнологии можно выделить? Какую роль биотехнология сыграла в развитии цивилизации?

Ключевые слова

Биотехнология • Гетерозис • Рекомбинантные (ДНК, растения, животные) • Генная инженерия • Клеточная инженерия • Клонирование

Из старого портфеля

Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости. Наследственная и ненаследственная изменчивость. Применение знаний о наследственности и изменчивости, искусственном отборе при выведении новых пород и сортов. Приемы выращивания и размножения растений и домашних животных, ухода за ними (Биология, 9 кл.; Естествознание, 10 кл., § 31).

Слово «биотехнология» греческого происхождения. В нем можно выделить две части — «*биос*» и «*техне*». Первая часть «*биос*» означает «жизнь» (биология, биоценоз и др.). Вторая часть «*техне*» происходит от греческого «*текс*», что означает «вить», «прясть», «делать руками» (текстиль, текст, архитектура и, наконец, технология). Что же дает сочетание слов «*биос*» и «*техне*»? Живую технологию!

Биотехнология — это сознательное производство необходимых человеку продуктов питания и материалов с помощью биологических объектов (живых существ) и процессов.

БИОТЕХНОЛОГИЯ – ОСНОВА ЦИВИЛИЗАЦИИ. Долгие годы человек жил плодами собирательства и охоты. Им на смену пришли земледелие и животноводство — яркие примеры первобытной биотехнологии.

В процессе возделывания растений и разведения домашних животных человек производил часто бессознательный, но все же отбор тех особей, которые казались ему более полезными. Среди растений отбирались те, которые давали больший урожай, более крупные и сочные плоды.

Уже с древнейших времен человек использовал в своих целях микрорганизмы, даже не подозревая об их существовании. С их помощью

В последние годы термин «биотехнология» у всех на слуху. Что он обозначает?

Человек уже давно стал вмешиваться в естественный ход природных процессов. Постепенно он научился использовать их для удовлетворения все возрастающих потребностей населения в продуктах питания и природных материалах. В этом одна из задач современной биотехнологии.

он овладел технологией квашения молока и овощей, а потом, научившись делать муку и печь лепешки, квашения теста. Следующий шаг — приготовление пива и вина, а потом вымачивание кож и мочение льна.

Возникнув в ряде мест земного шара, биотехнология быстро распространилась почти по всем континентам. Она стала импульсом развития цивилизации.

Земледелие и животноводство сделали труд человека настолько производительным, что один человек мог прокормить нескольких. В итоге часть людей получила возможность посвятить себя другим занятиям. Началось прогрессивное развитие общества.

БИОТЕХНОЛОГИЯ – ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА. К концу XIX в. были созданы весьма продуктивные сорта растений и породы животных, выработаны правила их скрещивания и отбора, основанные на много вековом опыте. Одновременно с этим неуклонно росла потребность в наращивании производительного потенциала биотехнологии.

Новый стимул к дальнейшему развитию биотехнология получила в начале XX в. благодаря возникновению генетики. Однако прошло около 40–50 лет, прежде чем ее успехи привели биотехнологию к новым достижениям, в первую очередь благодаря использованию **гетерозиса** при создании новых сортов растений и пород животных. Гетерозис — это явление, при котором первое поколение от скрещивания родительских особей превосходит их по ряду параметров, например по продуктивности.

С использованием эффекта гетерозиса были выведены новые сорта кукурузы, риса, пшеницы и других культурных растений, которые дали невиданные ранее урожаи. И хотя в странах с высокоразвитым сельским хозяйством внедрение новых сортов не изменило экономической ситуации, зато использование их в развивающихся странах произвело настоящую зеленую революцию.

Успехи в животноводстве были связаны не только с выведением новых пород животных, но и с созданием для них сбалансированной кормовой базы. В этом еще одно достижение биотехнологии, научившейся обогащать растительные корма недостающими аминокислотами, белками, витаминами и другими добавками. Правда, в этом ей помогла микробиологическая промышленность, ставшая важнейшим звеном биотехнологии.

Сегодня человек использует целую армию микроорганизмов. С их помощью он получает аминокислоты, витамины, антибиотики, органические кислоты, ферменты. Все они находят широкое применение в различных отраслях экономики.

Известен опыт применения микроорганизмов для решения проблем энергетики. Так, с помощью специальной культуры бактерий можно получить биогаз (смесь метана CH_4 (65%) и углекислого газа CO_2). Производство такого газа выгодно там, где много растительных отходов и навоза.

В прошлом веке в Индии было создано более миллиона установок для получения биогаза. В них перерабатывался навоз лишь от 5%

коров. Опыт этой страны показывает, что 3—5 коров могут обеспечить потребности в биогазе семьи, состоящей из такого же числа людей.

Особо следует отметить использование микроорганизмов для решения экологических проблем: они помогают очищать природу от многих отходов органического происхождения. К сожалению, микроорганизмы не могут справиться с синтетическими полимерами. Создание таких штаммов — задача будущего.

На новый виток развития биотехнология вышла в начале 70-х гг. прошлого столетия в связи с созданием **генной инженерии**. Если раньше человек лишь производил отбор растений, животных или микроорганизмов с уже возникшими и полезными для него генетическими изменениями, то с помощью нового метода он смог сознательно создавать **рекомбинантные ДНК** (искусственные ДНК с определенным набором генов, а потому и с определенными свойствами). В итоге человек овладел технологией клонирования генов и выращивания необычных растений и животных, в геном которых интегрированы чужеродные гены.

Растение, в геном которого методами генной инженерии перенесены гены (их называют трансгенами) из других организмов, называют **трансгенным** или **генетически модифицированным**. Основными преимуществами такой технологии по сравнению с традиционной селекцией являются:

- возможность переноса всего одного гена, что практически не затрагивает исходный генотип;
- возможность придания признаков, которые нельзя перенести путем скрещивания с близкородственными видами;
- значительное ускорение процесса получения новых генотипов.

Признаки, которые возможно придать растениям с помощью генной инженерии, весьма разнообразны и в основном ограничены только наличием соответствующих генов. Очень условно их можно разделить на три группы.

К первой относятся растения, которые устойчивы к различным факторам окружающей среды — гербицидам, болезням, вредителям, засухе, засолению. Например, ген устойчивости к антибиотику канамицину (для многих растений это сильнейший яд).

Для второй группы растений характерны: модификация вкуса и аромата плодов, увеличение продолжительности их хранения, изменение окраски цветков, бессемянность, улучшение питательной ценности растений. Так, из полученных в лаборатории клеток ученые вырастили морковь, синтезирующую в 20 раз больше метионина, в 30 раз — триптофана, в 5 раз — лизина. Все это важнейшие аминокислоты.

В третью группу входят растения-«биофабрики», способные синтезировать вакцины, ферменты, биополимеры и другие полезные вещества. Например, канадская биотехническая компания сообщила о готовности начать производство человеческого инсулина из генетически модифицированного растения сафлора.

Известны и рекомбинантные (трансгенные) животные. Первыми среди них стали мыши, а потом кролики, свиньи, овцы.

Трансгенные животные широко используются как для решения большого числа теоретических задач, так и в практических целях для биомедицины и сельского хозяйства.

Еще большие возможности открыла перед человечеством новая отрасль биотехнологии — **клеточная инженерия**. Она позволяет клонировать ткани, органы и даже целый организм, располагая лишь одной клеткой. **Клонирование** — метод получения нескольких идентичных организмов путем бесполого (в том числе вегетативного) размножения. Однако сейчас термин «клонирование» обычно используется в более узком смысле и означает копирование клеток, генов, антител и даже многоклеточных организмов в лабораторных условиях.

Нетрудно представить возможности такой индустрии. Прежде всего это клонирование растений и животных, с помощью которого можно не только решать продовольственную проблему, но и восстанавливать исчезающие или уже исчезнувшие виды.

На этом пути немало успехов. Так, американскими учеными в 1997 г. из клеток вымени мертвой особи была клонирована овечка Долли. В 1998 г. исследователи США и Франции клонировали телят голштинской породы из клеток плода. Был клонирован и ягненок Полли, несущий в каждой клеточке своего организма ген человеческого белка.

Научились клонировать и человека. Сторонники этой технологии говорят о перспективах спасения человечества от болезней и недугов. Однако само по себе клонирование несет серьезный риск для здоровья. Ученые столкнулись с множеством случаев гибели клонированных животных, а также растущим числом случаев ухудшения их здоровья (сердечные и легочные заболевания, нарушение функционирования иммунной системы).

Клонирование угрожает и без того уменьшающемуся биологическому разнообразию, поскольку восприимчивость к болезням всегда выше среди монокультур. Лишь генетическое разнообразие ведет к высокой жизнеспособности популяции. Все эти факты не единственный аргумент в руках противников клонирования.

Современная биотехнология — широкая отрасль научно-практической деятельности человека. В ее основе — методы и успехи селекции, молекулярной биологии, микробиологии, генетики. Однако некоторые из ее достижений неоднозначны и ставят перед человечеством ряд этических проблем.

**В новый
портфель**



- ▶ Что такое биотехнология?
- ▶ Какую роль биотехнология сыграла в зарождении и развитии человеческой цивилизации?
- ▶ Какую роль в развитии биотехнологии сыграли микроорганизмы?
- ▶ Что такое генная инженерия и каковы ее возможности в решении насущных проблем современности?
- ▶ В чем сущность метода клеточной инженерии? Какие вопросы он ставит перед человечеством? Выскажите свое отношение к нему.

51 КЛОНИРОВАНИЕ: ЗА ИЛИ ПРОТИВ?

Урок-семинар

Величие человека — в его способности мыслить...
Постараемся же мыслить достойно!

Б. Паскаль



Как влияет современная биотехнология на жизнь человека и общества в целом? Не приведет ли вмешательство в естественный ход природных процессов не только к краху человеческой цивилизации, но и к гибели всей планеты?

ЦЕЛЬ СЕМИНАРА

Понять перспективы технологии клонирования и оценить риски для общества и природы, связанные с ее развитием.

ПЛАН СЕМИНАРА

1. Могущество современной биотехнологии.
2. Генная и клеточная инженерия — благо или зло?

Необходимые источники информации

1. Детская энциклопедия.
2. Вакула В. Биотехнология: что это такое? / В. Вакула. — М.: Молдавия, 1989.
3. Складнев Д. А. Что может биотехнология? / Д. А. Складнев. — М.: Знание, 1990. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Знак вопроса»; № 12).

На прошлом уроке мы кратко рассмотрели путь развития биотехнологии от зарождения и до наших дней, выяснили ее вклад в становление современного общества.

ТЕМА ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ 1

Что сегодня биотехнология дает человеку?
Подберите примеры, иллюстрирующие могущество современной биотехнологии и ее вклад в решение продовольственной проблемы, проблем лечения и профилактики наследственных заболеваний, трансплантации органов и др.

Дополнительные источники информации

1. Нейфах А. А. Клеточные и генетические основы биотехнологии / А. А. Нейфах. — М.: Знание, 1987. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Биология»; № 3).
2. Богданов А. А. Власть над геном: кн. для внекл. чтения учащихся 9—10 кл. ср. шк. / А. А. Богданов, Б. М. Медников. — М.: Просвещение, 1989. — (Мир знаний).

**ТЕМА ДЛЯ
ОБСУЖДЕНИЯ 2**

У каждой медали две стороны. Какова оборотная сторона биотехнологии, основанной на методах генной и клеточной инженерии?

Вспомните художественные фильмы «Чужой-4» (США), «Глубокое синее море» (США), «Клон» (Бразилия). С какими этическими проблемами столкнулись их герои? К каким последствиям привели действия, противоречащие принятым в обществе нормам? Как вы думаете, почему Всемирная организация здравоохранения, Совет Европы, антифашисты и другие официальные и общественные организации выступают против клонирования?

Обсудите эти вопросы. Выскажите свое мнение по сути проблемы.

**ПОДВЕДЕНИЕ
ИТОГОВ**

Ученые все глубже проникают в сокровенные тайны природы. С помощью науки человек активно изменяет окружающий его мир. Однако любое научное достижение — будь то использование энергии атома или клонирование человека — само по себе этически нейтрально. Лишь человек своими помыслами и действиями превращает его в безусловное благо или абсолютное зло для всей природы и даже Вселенной!

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. Развитие техногенной цивилизации

§ 1. Техника как реальность, созданная человеком	6
§ 2. Техника и техногенная цивилизация	9
§ 3. Техника и человеческие потребности: насущное и избыточное	12
§ 4. Зарождение и развитие техники	14
§ 5. Естествознание как источник развития техники	18
§ 6. Эволюция технической мысли	22
§ 7. Человек и техника в мировой литературе	24
§ 8. Техника — источник творчества человечества	26
§ 9. Научно-техническое творчество: проблема профессиональной ответственности	30

Глава 2. Взаимодействие науки и техники

§ 10. От законов механики к механическим устройствам	34
§ 11. Творчество изобретателя	38
§ 12. Гидродинамика и аэrodинамика. Плавающие и летательные аппараты	40
§ 13. Законы сохранения, реактивное движение, космические полеты	45
§ 14. Космические исследования	48
§ 15. Принципы работы тепловых двигателей	50
§ 16. Законы термодинамики и КПД тепловых двигателей	55
§ 17. Исследование КПД различных циклов	58
§ 18. Принципы устройства тепловых двигателей	60
§ 19. Теплоэнергетика сегодня	64
§ 20. Принципы работы электрогенераторов и электродвигателей	66
§ 21. Исследование работы электрогенератора и электродвигателя	70
§ 22. Источники питания в современной технике	72
§ 23. Преобразование и передача электроэнергии	76
§ 24. Электроэнергетика и экология	80
§ 25. Радиоволны и особенности их распространения	82
§ 26. Использование радиоволн	86
§ 27. Принципы работы мобильной телефонной связи	90
§ 28. Геометрическая оптика и оптические приборы	92
§ 29. Принцип действия очков	96

Глава 3. Естествознание в мире современных технологий

§ 30. Приборы, использующие волновые свойства света	100
§ 31. Проявление волновых свойств света	104
§ 32. Стереоизображение и голограмия	106
§ 33. Искусственный цвет	110
§ 34. Приборы, использующие корпускулярные свойства света	114
§ 35. Принцип работы лазера	118
§ 36. Свойства лазерного излучения и использование лазеров	120

§ 37. Вред и польза от ядерных технологий	124
§ 38. Ядерное оружие и проблема его нераспространения	128
§ 39. Принцип действия атомных реакторов	130
§ 40. Атомная энергетика и экологические проблемы	134
§ 41. Проблема управляемого термоядерного синтеза и энергетика будущего	136
§ 42. Информация и электрические сигналы	140
§ 43. Приборы, преобразующие электрические сигналы	144
§ 44. Базовые элементы компьютера	148
§ 45. История развития и перспективы информационных технологий	152
§ 46. Человек — компьютер: обмен информацией	154
§ 47. В мире удивительных веществ и материалов	158
§ 48. От полимеров природных к полимерам синтетическим	161
§ 49. Синтетические полимеры — основа пластмасс	165
§ 50. Биотехнология и прогресс человечества	168
§ 51. Клонирование: за или против?	172

Учебное издание

Серия «Академический школьный учебник»
Серия «Лабиринт»

**Алексашина Ирина Юрьевна
Ляпцев Александр Викторович
Шаталов Максим Анатольевич**

**Естествознание
11 класс**

Учебник для общеобразовательных учреждений

Базовый уровень

В двух частях

Часть 1

Зав. редакцией Е. К. Липкина

Редактор З. Г. Галонюк

Оператор Н. А. Сагарева

Художники Э. Ленчевская, Н. А. Парцевская

Художественный редактор Е. А. Михайлова

Компьютерная верстка и техническое редактирование О. Ю. Мызниковой

Компьютерная обработка рисунков М. Е. Аксеновой

Корректоры Н. В. Бурдина, Л. С. Вайтман, О. Н. Леонова, И. Н. Панкова

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000.
Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 18.03.08. Формат
84×108¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура PragmaticaC. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 12,21.
Тираж 15 000 экз. Заказ № 19479 (к-см).

Открытое акционерное общество «Издательство «Просвещение». 127521, Москва,
3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Открытое акционерное общество «Смоленский полиграфический комбинат». 214020,
г. Смоленск, ул. Смольянинова, 1.

A



БАЗОВЫЙ
УРОВЕНЬ



лабиринт

Российская академия наук
Российская академия образования
Издательство «Просвещение»

Академический школьный учебник

Дорога к знаниям – дорога через «Лабиринт»

Интегрированный курс естествознания формирует основы естественно-научной культуры и миропонимания. Раскрывает роль естественных наук в развитии цивилизации, обеспечивает взаимодействие «человек – техника» и знание человека о самом себе.

В новый учебно-методический комплект по естествознанию под редакцией И. Ю. Алексашиной входят:

Естествознание 10. Учебник

Естествознание 10. Методика преподавания. Книга для учителя

Естествознание 11. Часть 1. Учебник

Естествознание 11. Часть 2. Учебник

Естествознание 11. Методика преподавания. Книга для учителя

ISBN 978-5-09-016507-5

