

О. С. Gabrielyan, И. Г. Oстроумов,
Н. С. Пурышева, С. А. Сладков,
В. И. Сивоглазов



ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

11

класс



О. С. Gabrielyan, И. Г. Oстроумов,
Н. С. Пурышева, С. А. Сладков,
В. И. Сивоглазов

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

Учебник

Допущено
Министерством просвещения
Российской Федерации

14-е издание, стереотипное

11

к л а с с

Москва
«Просвещение»
2024

УДК 373.167.1:5+5(075.3)

ББК 20я721

Е86

Учебник допущен к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования организациями, осуществляющими образовательную деятельность, в соответствии с Приказом Министерства просвещения Российской Федерации № 254 от 20.05.2020 (в редакции Приказа № 766 от 23.12.2020).

Издание выходит в pdf-формате.

Е86 Естествознание : 11-й класс : базовый уровень : учебник : издание в pdf-формате / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, Н. С. Пурышева [и др.]. — 14-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2024. — 286, [2] с. : ил.

ISBN 978-5-09-116501-2 (электр. изд.). — Текст : электронный.

ISBN 978-5-09-111509-3 (печ. изд.).

Учебник предназначен учащимся 11 класса гуманитарного, социально-экономического, информационно-технологического профиля и является продолжением курса «Естествознание» для 10 класса тех же авторов.

Учебник по новому учебному курсу «Естествознание» создан с учётом современных научных представлений, соответствует требованиям, заявленным в ФГОС, и включает разделы «Микромир», «Человек и его здоровье», «Естествознание на службе человека».

В конце каждого параграфа даны результаты его изучения, темы рефератов, задания, позволяющие применить полученные знания. Каждая глава завершается методическими рекомендациями по проведению исследовательских работ. Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования.

Границы на картах даны на октябрь 2022 г.

УДК 373.167.1:5+5(075.3)

ББК 20я721

ISBN 978-5-09-116501-2 (электр. изд.)

ISBN 978-5-09-111509-3 (печ. изд.)

© АО «Издательство «Просвещение», 2021

© Художественное оформление.

АО «Издательство «Просвещение», 2021

Все права защищены

глава

Микромир





§ 1. Основные сведения о строении атома. Химические элементы

1. Назовите выдающихся учёных Древней Греции, разработавших теорию, согласно которой все тела состоят из химически неделимых частиц — атомов.
2. Перечислите физические явления, доказывающие двойственную природу частиц микромира.
3. Покажите на примерах открытий в физике XIX—XX вв., как эволюционировали представления о строении атома.
4. Что называют химическим элементом? Сколько химических элементов известно в настоящее время?

ПЕРВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ АТОМАХ.

То, что все вещества состоят из атомов, сегодня ни у кого не вызывает сомнения. Понятие «атом» пришло к нам из античных времён. Философы Древней Греции путём одних только рассуждений и умозаключений пришли к выводу, что есть предел деления материи — **атом** (от др.-греч. — неделимый, неразрезаемый). В V в. до н. э. **Левкипп** (рис. 1), а также его ученик и последователь **Демокрит** (рис. 2) рассуждали примерно так.

«Если я буду разрезать это яблоко ножом на всё более мелкие части, то у меня будет оставаться в руках часть, которая всё ещё имеет свойства яблока. В конце концов наступит предел деления, когда последнюю частицу уже нельзя будет разделить на две части. Это и будет мельчайшая часть материи — атом. Атомы не из чего не возникают и никуда не исчезают. Поскольку материя состоит из отдельных атомов, то между ними должна быть пустота. Атомы бесчисленны, а пустота бесконечна. Поскольку материальный мир так разнообразен, то и формы и размеры атомов бесконечно разнообразны. Чувственные свойства вещей (их вкус, цвет, запах, форма) определяются формой составляющих их атомов».



Рис. 1. Левкипп (V в. до н. э.)



Рис. 2. Демокрит
(V в. до н. э.). Портрет
работы А. Куапеля (1692)

Нельзя сказать, что атомистическое учение без возражений принималось представителями других философских течений, естествоиспытателями и впоследствии учёными. Особенно спорным моментом было существование пустоты между мельчайшими частицами-атомами, т. е. дискретность (прерывистость) материи.

Аристотель (384—322 гг. до н. э.) и его последователи считали, что материя непрерывна и делиться может до бесконечности. Пустота по Аристотелю, неестественна, невозможна. Отсюда проистекают идеи о существовании эфира, через который происходит, в том числе и передача взаимодействия. Взгляды Аристотеля на движение позволили

ему сделать предположение о том, что свет — это волны, распространяющиеся в эфире.

Некоторые античные философы облекали свои идеи в поэтическую форму, отчего они легче воспринимались современниками и потомками. Гениальные мысли в сочетании с редким поэтическим талантом рождали удивительные строки, которые восхищают читателя даже по прошествии двух тысяч лет после их создания. Вчитайтесь в отрывок из поэмы **Тита Лукреция Кара** (99—55 гг. до н. э.) (см. рис. 2).

*Если не будет, затем, ничего наименьшего,
Будет из бесконечных частей состоять и мельчайшее тело:
У половины всегда найдётся своя половина.
И для деленья нигде не окажется вовсе предела.
Чем отличишь ты тогда наименьшую часть от Вселенной?..*

*На морском берегу, разбивающем волны,
Платье сыреет всегда, а на солнце вися, оно сохнет;
Видеть, однако, нельзя, как влага на нём оседает,
Да и не видно того, как она исчезает от зноя.
Значит, дробится вода на такие мельчайшие части,
Что недоступны они совершенно для нашего глаза.*

Нетрудно заметить, что Кар возвращает читателя к идее Демокрита о том, что все тела состоят из мельчайших частиц (атомов).

На примере развития учения о строении атома хорошо видно, что естествознанию пришлось пройти длительный путь поисков и борьбы, чтобы прийти к современному миропониманию.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА СЛОЖНОГО СТРОЕНИЯ АТОМА. В 1886—1887 гг. немецкий физик **Г. Герц** (1857—1894) впервые наблюдал и дал описание

явления, которое получило название **фотоэффекта**. Он обнаружил, что при облучении отрицательного электрода разрядника ультрафиолетовым светом разряд происходит при меньшем напряжении. Объяснил сущность обнаруженного Герцем явления **А. Г. Столетов** (1839—1896): кванты света выбивают из атомов металла отрицательно заряженные частицы, попадающие в окружающее пространство. А раз так, то атом делим.

В 1896 г. французский физик **А. Беккерель** (1852—1908) изучал природу «холодного свечения» — фосфоресценции. Объектом его исследования была руда, содержащая соединения урана. В ящике письменного стола образец руды оказался на фотопластинке, завёрнутой в чёрную бумагу. Каково же было удивление учёного, когда на проявленной фотопластинке он обнаружил изображение чёткого контура кусочка руды. Учёный предположил, что атомы урана способны распадаться, испуская невидимые лучи большой проникающей способности. А раз атом может распадаться, он не является неделимым. Так было открыто явление **радиоактивности**.

Прямые доказательства сложного строения атома появились с открытием первой элементарной частицы — электрона. Это научное открытие произошло в 1897 г. благодаря опытам английского физика **Дж. Томсона** (1856—1940) с газоразрядной трубкой. При создании между двумя электродами высокого напряжения (более 1500 В) катод начинал испускать поток отрицательно заряженных частиц, названных впоследствии электронами. Изготавливая катоды из различных металлов, учёный неизменно наблюдал описанное явление, что позволило ему предположить, что электроны содержатся в атомах любых металлов.

Проанализируем приведённые факты. Атомы могут испускать отрицательно заряженные частицы. Так как в целом атомы не имеют электрического заряда, следовательно, помимо электронов в состав атомов входят и положительно заряженные частицы. Открытие этих частиц, названных протонами, связано с именем выдающегося английского физика **Э. Резерфорда** (1871—1937).

Значительно позже, в 1932 г. удалось открыть третью элементарную частицу — нейтрон, хотя предположения о её существовании высказывались задолго до этого открытия.

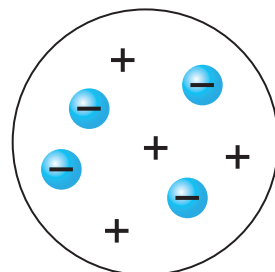


Рис. 3. Модель строения атома Дж. Томсона

МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ АТОМОВ. В 1904 г. в работе «О структуре атома» **Дж. Томсон** дал описание своей модели, получившей образное название «пудинг с изюмом» (рис. 3). В этой модели атом

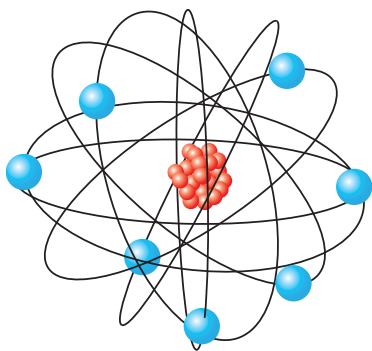


Рис. 4. Модель строения атома Э. Резерфорда

уподоблен сферической капле («пудингу»), имеющей положительный заряд. Внутри сферы вкраплены, как изюм в пудинге, отрицательно заряженные электроны. Электроны совершают колебательные движения, благодаря которым атом излучает электромагнитную энергию. В целом атом электронейтрален. Модель атома Дж. Томсона не была подтверждена экспериментальными фактами и осталась гипотезой.

Согласно предложенной Резерфордом **планетарной модели**, атом состоит из небольшого, но массивного положительно заряженного ядра и лёгких электронов, которые движутся вокруг него по замкнутым орбитам (рис. 4), подобно тому как движутся планеты вокруг Солнца.

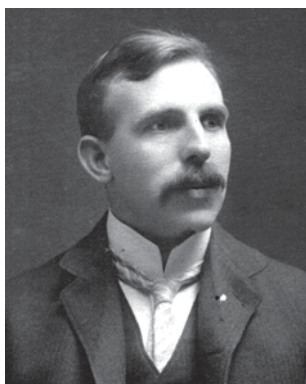
Модель Резерфорда, тем не менее, не могла объяснить процессы излучения и поглощения энергии атомом, а также его устойчивость. Ведь если электроны при своём движении излучают энергию, то в конце концов они должны упасть на ядро и атом тем самым должен прекратить своё существование. Однако этого не происходит.

В 1913 г. **Н. Бор** (1885—1962) предложил **квантовую модель** строения атома, основой которой послужили разработанные им постулаты:

1-й постулат — электрон движется вокруг ядра по строго определённым замкнутым стационарным орбитам в соответствии с «разрешёнными» значениями энергии $E_1, E_2, \dots, E_n$, при этом энергия им не поглощается и не излучается;



Джозеф Томсон



Эрнест Резерфорд



Нильс Бор

2-й постулат — электрон переходит из одного «разрешённого» энергетического состояния в другое, что сопровождается излучением или поглощением кванта энергии.

Н. Бор внёс квантовые представления в строение атома, но использовал при этом традиционные классические понятия механики, рассматривая электрон как частицу, движущуюся со строго определёнными скоростями по строго определённым траекториям.

В 1932 г. независимо друг от друга российским физиком **Д. Иванёнко** (1904—1994) и немецким физиком **В. Гейзенбергом** (1901—1976) была разработана протонно-нейтронная теория ядра, согласно которой ядра атомов состоят из протонов и нейтронов (рис. 5).

Атом — это электронейтральная система взаимодействующих элементарных частиц, состоящая из ядра (образованного протонами и нейтронами) и электронов.

Строение атомного ядра и изменения, происходящие с ним, — предмет изучения ядерной физики. Для естествознания, и в первую очередь для химии, больший интерес представляет строение **электронной оболочки атома**.

Под **электронной оболочкой атома** понимают совокупность всех электронов в нём.

Число электронов в атоме, как электронейтральной частице, равно числу протонов в ядре, т. е. соответствует порядковому номеру химического элемента.

Важнейшей характеристикой электрона является энергия его связи с атомом.

Электроны, обладающие близкими значениями энергии, образуют один электронный слой, или **энергетический уровень**.

Наименьшей энергией обладают электроны 1-го энергетического уровня, наиболее близкого к атомному ядру. По сравнению с ними электроны последующих уровней имеют больший запас энергии. Таким образом, самой большой энергией обладают электроны внешнего уровня, которые наименее прочно связаны с ядром атома.

Электрон в атоме не имеет траектории движения, т. е. можно говорить лишь о вероят-

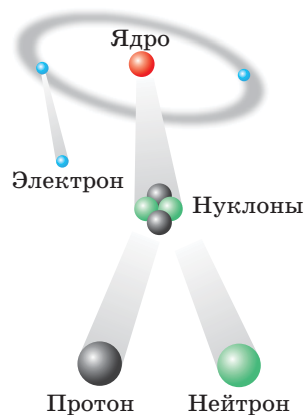


Рис. 5. Схема строения атома

» **Напомним**, что число энергетических уровней (электронных слоёв) в атоме соответствует номеру периода в таблице Д. И. Менделеева, в котором располагается химический элемент, — у атомов элементов 1-го периода — один уровень, 2-го периода — два, 7-го периода — семь.

ности нахождения его в пространстве. Он может находиться в любой части пространства, окружающего ядро. Совокупность различных положений электрона рассматривают как **электронное облако** с определённой плотностью отрицательного заряда.

Пространство вокруг атомного ядра, в котором наиболее вероятно нахождение электрона, называется **орбиталью** или **электронным облаком**.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ. Любое атомное ядро состоит из строго определённого числа протонов. Одни атомы содержат в ядре, например, 8 протонов и, как следствие, имеют заряд ядра +8, другие атомы — 25 протонов, заряд их ядер +25. Если виртуально рассортировать все атомы в соответствии с зарядом ядра, то атомы с одинаковым числом протонов и будут представлять собой атомы одного *химического элемента*.

Химический элемент — это совокупность атомов с одинаковым положительным зарядом ядра.

Атомы с зарядом ядра +8 представляют собой атомы химического элемента кислорода, с зарядом +25 — химического элемента марганца.

А теперь загляните в Периодическую систему химических элементов Д. И. Менделеева (с. 16—17, рис. 7), найдите элементы кислород и марганец. Обратите внимание на порядковые номера этих элементов. Из курса основной школы вы знаете, что положительный заряд атома равен порядковому номеру химического элемента в периодической таблице. Поскольку атом в целом не имеет заряда, число электронов в электронной оболочке совпадает с числом протонов в ядре и порядковым номером элемента.

По мере накопления числа протонов и нейтронов ядро атома становится всё больше и тяжелее. После элемента с порядковым номером 90 (тория) ядра атомов уже настолько велики, что с течением времени самопроизвольно распадаются на более мелкие осколки. Это уже знакомое вам явление радиоактивности. Все химические элементы после тория радиоактивны.

Атомы самых тяжёлых элементов вообще не существуют в природе, их получают искусственно слиянием ядер меньшего размера, да и вре-

мя жизни их исчисляется долями секунд.

Основоположники античной атомистики считали, что атомы различаются размерами, формой, цветом и даже запахом. Именно поэтому состоящие из них тела так разнообразны. Теперь мы понимаем, что атомы одного химического элемента от другого отличаются числом протонов в ядре и, как следствие, числом электронов в электронной оболочке.

Ни здесь, ни там, в космических глубинах:
 Всё — от песчинок малых до планет —
 Из элементов состоит единых.
С. Щупачёв

Сколько же разновидностей атомов существует в природе, иными словами, сколько известно химических элементов? По данным на середину 2018 г. учёным было известно 118 химических элементов (с порядковыми номерами с 1 по 118), из них 94 обнаружены в природе, остальные получены искусственно.

Таким образом, всё разнообразие окружающего нас мира, включая мегамир, создано сочетанием атомов всего-навсего нескольких десятков химических элементов.

В следующем параграфе будет подробнее рассмотрено, как связаны между собой строение атома и Периодический закон Менделеева.

Теперь вы знаете

- ▶ как менялись представления о строении атома с развитием физики
- ▶ как и кем были открыты элементарные частицы, из которых состоят атомы
- ▶ каковы современные представления о строении атома
- ▶ что такое электронная оболочка атома, энергетический уровень электронов, электронное облако
- ▶ что такое химический элемент и сколько их существует во Вселенной

Теперь вы можете

- ▶ объяснить, в чём разница между моделями атома Дж. Томсона, Э. Резерфорда и Н. Бора
- ▶ сформулировать, что такое атом, химический элемент и чем они отличаются друг от друга
- ▶ определить число энергетических уровней в атоме, заряд атомного ядра, число протонов в нём по положению химического элемента в таблице Д. И. Менделеева

Другого ничего в природе нет
Ни здесь, ни там, в космических глубинах:
Всё — от песчинок малых до планет —
Из элементов состоит единых.

С. Щипачёв

🕒 Выполните задания

1. Назовите имена основоположников античной атомистики. Расскажите об их воззрениях на устройство материи.
2. Какие открытия в области физики противоречили утверждению о неделимости атомов?
3. Назовите модели строения атома. Охарактеризуйте их достоинства и недостатки.
4. Из курса естествознания 10 класса вспомните, как физические явления интерференции и дифракции доказывают двойственную природу частиц микромира.
5. Каково название химического элемента, который
 - а) содержит 12 протонов в ядре;
 - б) содержит 7 электронов в электронной оболочке;
 - в) расположен в третьем периоде, в главной подгруппе пятой группы.
6. Дайте определения понятий: «электронная оболочка атома», «энергетический уровень электрона», «электронное облако (орбиталь)».
7. Дайте определение понятия «химический элемент». Каково число известных химических элементов на данный момент? Сколько из них обнаружено в природе? Почему данные числа не совпадают?
8. Прочитайте отрывок из стихотворения В. Брюсова «Мир электрона» и проанализируйте его с точки зрения «физиков» и «лириков».

Быть может, эти электроны —
Миры, где пять материков,
Искусства, званья, войны, троны
И память сорока веков!

Ещё, быть может, каждый атом —
Вселенная, где сто планет;
Там — всё, что здесь, в объёме сжатом,
Но также то, чего здесь нет.

🕒 Темы для рефератов

1. Открытия, в результате которых было доказано сложное строение атома.
2. Сравнительная характеристика моделей строения атома Дж. Томсона, Э. Резерфорда и Н. Бора.
3. Жизнь и научная деятельность Д. Д. Иваненко.
4. Вклад в науку нобелевского лауреата В. Гейзенберга.

§ 2. Периодический закон и строение атома

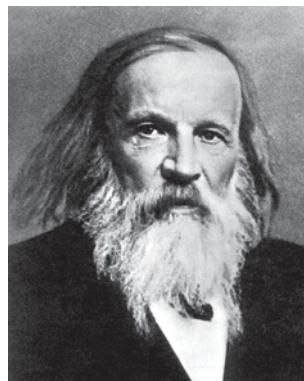
1. Перечислите химические элементы, названные в честь героев греческих мифов, великих учёных, городов и стран, планет.
2. Назовите учёных-химиков — предшественников Д. И. Менделеева.

ОТКРЫТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА Д. И. МЕНДЕЛЕЕВЫМ. Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева — величайшее открытие XIX в., основа современной химии, динамичное и развивающееся учение. Оно отражает явления, реально существующие в природе, и поэтому никогда не потеряет своего значения.

Открытие Периодического закона и Периодической системы химических элементов было подготовлено всем ходом развития химии, однако потребовалась гениальность Д. И. Менделеева, его дар научного предвидения, чтобы эти закономерности были сформулированы и графически представлены в виде таблицы.

Менделеев расположил все известные во второй половине XIX в. химические элементы в ряд (рис. 6) по возрастанию их относительных атомных масс (во времена Менделеева эту величину называли атомным весом) и выделил в нём отрезки — периоды, где свойства элементов и образованных ими веществ изменялись сходным образом, а именно (в современных терминах):

- металлические свойства ослабевали;
- неметаллические свойства усиливались;
- степень окисления элемента в высших оксидах увеличивалась с +1 до +7 (+8);
- степень окисления элементов в гидридах (твёрдых солеподобных соединениях металлов с водородом) увеличивалась с +1 до +3, а затем увеличивалась в летучих водородных соединениях с -4 до -1;
- оксиды от основных через амфотерные сменялись кислотными;
- гидроксиды от щелочей через амфотерные гидроксиды сменялись всё более сильными кислородными кислотами.



Дмитрий Иванович Менделеев

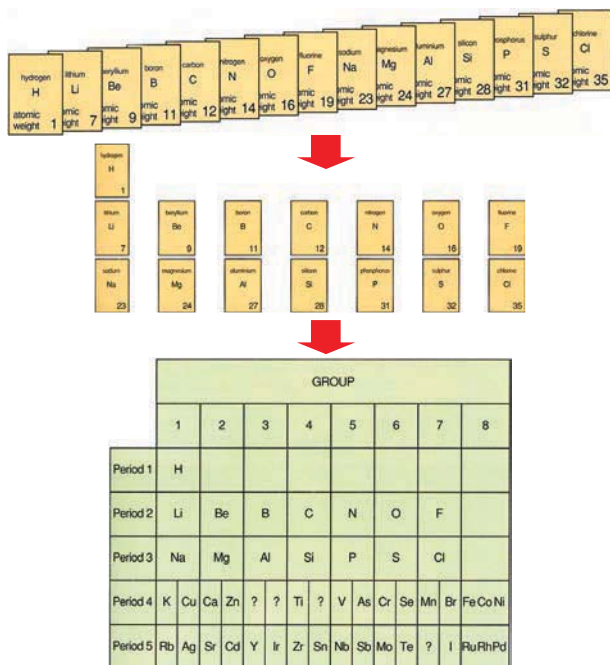


Рис. 6. Так рождалась таблица химических элементов Д. И. Менделеева

На основании этих наблюдений Д. И. Менделеев сформулировал **Периодический закон**.

Свойства химических элементов и образованных ими веществ находятся в периодической зависимости от величины их относительных атомных масс.

Днём рождения Периодического закона химических элементов считается 1 марта 1869 г.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН И УЧЕНИЕ О СТРОЕНИИ АТОМА. Формулировка Периодического закона, данная Менделеевым, отражала состояние науки на тот период времени, когда о сложном строении атома учёные только догадывались. Научная интуиция позволила Менделееву выявить закономерности, угадать порядок расположения элементов и создать такую таблицу, которая, будучи довольно простой, максимально характеризует строение атомов химических элементов и на протяжении почти полутора столетий не претерпела никаких принципиальных изменений.

Последующие открытия в области физики и химии только дополняли и углубляли открытие Менделеева. Как вы уже знаете, учёные доказали сложное строение атома, предложили модели, отражающие это сложное строение, а также открыли существование изотопов.

В 1913 г. английский физик **Г. Мозли** (1887—1915) доказал, что заряд ядра атома каждого элемента в таблице Менделеева возрастает на единицу по сравнению с зарядом ядра атома предыдущего элемента, т. е. совпадает с порядковым номером элемента в ней. Таким образом, закон Мозли подтвердил правильность порядка размещения элементов в Периодической системе Д. И. Менделеева.

Эти открытия потребовали от учёных уточнить первую, менделеевскую, формулировку Периодического закона. В современной редакции этот закон звучит так:

свойства химических элементов и образованных ими веществ находятся в периодической зависимости от величины положительного заряда их атомных ядер.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И УЧЕНИЕ О СТРОЕНИИ АТОМА. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева — это графическое выражение Периодического закона.

Существует множество различных модификаций периодических систем химических элементов, однако наиболее употребительны две: короткопериодная — в средней школе (рис. 7) и длиннопериодная — в высшей.

Порядковый номер элемента, номер периода и номер группы в Периодической системе отражают какую-либо особенность или закономерность в строении атомов химических элементов.

Так, **порядковый номер элемента**, как вы знаете, соответствует заряду атомного ядра, т. е. числу протонов в нём, и числу электронов на электронной оболочке атома, так как он электронейтрален. Число нейтронов для разных изотопов химического элемента определяют по формуле: $N = A - Z$, где N — число нейтронов, A — массовое число атома, Z — зарядовое число.

Например, алюминий ${}_{27}^{13}\text{Al}$, зарядовое число которого 13, имеет ядро, состоящее из 13 протонов и, соответственно, 13 электронов на электронной оболочке атома. Массовое число алюминия — 27, значит, в ядре атома содержится 14 нейтронов ($27 - 13 = 14$).

Номер периода указывает на число энергетических уровней (электронных слоёв) в атоме.

Номер группы (каждая группа состоит из главной и побочной подгруппы) указывает на число электронов на внешнем уровне атомов для

Как формула, как график трудовой,
Строй менделеевской системы строгой.
Вокруг тебя творится мир живой,
Входи в него, вдыхай, руками трогай.

С. Щипачёв



ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ				
		А I В	А II В	А III В	А IV В	А V В
1	1	H 1,0079 ¹ Водород				
2	2	Li 6,941 ³ Литий	Be 9,01218 ⁴ Бериллий	B 10,81 ⁵ Бор	C 12,011 ⁶ Углерод	N 14,0067 ⁷ Азот
3	3	Na 22,9898 ¹¹ Натрий	Mg 24,305 ¹² Магний	Al 26,9815 ¹³ Алюминий	Si 28,0855 ¹⁴ Кремний	P 30,9738 ¹⁵ Фосфор
4	4	K 39,0983 ¹⁹ Калий	Ca 40,08 ²⁰ Кальций	Sc 44,9559 ²¹ Скандий	Ti 47,88 ²² Титан	V 50,9415 ²³ Ванадий
	5	Cu 63,546 ²⁹ Медь	Zn 65,39 ³⁰ Цинк	Ga 69,72 ³¹ Галлий	Ge 72,59 ³² Германий	As 74,9216 ³³ Мышьяк
5	6	Rb 85,4678 ³⁷ Рубидий	Sr 87,62 ³⁸ Стронций	Y 88,9059 ³⁹ Иттрий	Zr 91,22 ⁴⁰ Цирконий	Nb 92,9064 ⁴¹ Ниобий
	7	Ag 107,8682 ⁴⁷ Серебро	Cd 112,411 ⁴⁸ Кадмий	In 114,82 ⁴⁹ Индий	Sn 118,69 ⁵⁰ Олово	Sb 121,75 ⁵¹ Сурьма
6	8	Cs 132,905 ⁵⁵ Цезий	Ba 137,33 ⁵⁶ Барий	La* 138,905 ⁵⁷ Лантан	Hf 178,49 ⁷² Гафний	Ta 180,9479 ⁷³ Тантал
	9	Au 196,967 ⁷⁹ Золото	Hg 200,59 ⁸⁰ Ртуть	Tl 204,383 ⁸¹ Таллий	Pb 207,2 ⁸² Свинец	Bi 208,980 ⁸³ Висмут
7	10	Fr [223] ⁸⁷ Франций	Ra [226] ⁸⁸ Радий	Ac** [227] ⁸⁹ Актиний	Rf [261] ¹⁰⁴ Резерфордий	Db [262] ¹⁰⁵ Дубний
	11	Rg [280] ¹¹¹ Рентгений	Cn [285] ¹¹² Коперниций	Nh [284] ¹¹³ Нихоний	Fl [289] ¹¹⁴ Флеровий	Mc [288] ¹¹⁵ Московский

*Лантаноиды

58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,908 Празеодим	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [145] Прометий	62 Sm 150,36 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,925 Тербий
---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

**Актиноиды

90 Th 232,038 Торий	91 Pa [231] Протактиний	92 U 238,029 Уран	93 Np [237] Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий
----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------

Рис. 7. Таблица Д. И. Менделеева (короткий вариант)

элементов главных подгрупп или на максимальное число валентных электронов для элементов обеих подгрупп.

Валентными называются те электроны, которые могут принимать участие в образовании химической связи. Для элементов главных подгрупп такими электронами являются электроны внешнего

ЭЛЕМЕНТОВ					
A VI B	A VII B	A	VIII		B
	H	He 4,00260 Гелий	Относительная атомная масса Символ Порядковый (атомный) номер		
O 15,9994 Кислород	F 18,9984 Фтор	Ne 20,179 Неон	H 1,0079 1s ¹ Водород Конфигурация валентных электронов Название		
S 32,06 Сера	Cl 35,453 Хлор	Ar 39,948 Аргон	Распределение электронов по уровням		
Cr 24 51,996 Хром	Mn 25 54,938 Марганец	Fe 26 55,847 Железо	Co 27 58,9332 Кобальт	Ni 28 58,69 Никель	
Se 78,96 Селен	Br 79,904 Бром	Kr 83,80 Криптон			
Mo 42 95,94 Молибден	Tc 43 [98] Технеций	Ru 44 101,07 Рутений	Rh 45 102,905 Родий	Pd 46 106,42 Палладий	
Te 127,60 Теллур	I 126,904 Иод	Xe 131,29 Ксенон			
W 74 183,85 Вольфрам	Re 75 186,207 Рений	Os 76 190,2 Осмий	Ir 77 192,22 Иридий	Pt 78 195,08 Платина	
Po 84 [209] Полоний	At 85 [210] Астат	Rn 86 [222] Радон			
Sg 106 [266] Сиборгий	Bh 107 [264] Борий	Hs 108 [269] Гассий	Mt 109 [268] Мейтнерий	Ds 110 [271] Дармштадтий	
Lv 116 [293] Ливерморий	Ts 117 [294] Теннессин	Og 118 [294] Оганесон			

66 162,50 Dy Диспрозий	67 164,930 Ho Гольмий	68 167,26 Er Эрбий	69 168,934 Tm Тулий	70 173,04 Yb Иттербий	71 174,967 Lu Лютеций
---------------------------	--------------------------	-----------------------	------------------------	--------------------------	--------------------------

98 [251] Cf Калифорний	99 [252] Es Эйнштейний	100 [257] Fm Фермий	101 [260] Md Менделевий	102 [259] No Нобелий	103 [262] Lr Лоуренсий
---------------------------	---------------------------	------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------

энергетического уровня, и их число соответствует номеру группы. Для элементов побочных подгрупп валентными являются электроны не только внешнего, но и предвнешнего энергетического уровня, однако и в этом случае их максимальное число соответствует номеру группы.

Особенности строения атома объяснили и закономерности изменения свойств элементов в периодах и группах.

В пределах одного и того же периода металлические свойства ослабевают, а неметаллические усиливаются, так как:

- увеличиваются заряды атомных ядер элементов;
- увеличивается число электронов на внешнем энергетическом уровне атомов;
- не изменяется число энергетических уровней в атомах элементов;
- уменьшается радиус атомов.

В пределах одной и той же группы (в главной подгруппе) металлические свойства усиливаются, а неметаллические ослабевают, так как:

- увеличиваются заряды атомных ядер элементов;
- не изменяется число электронов на внешнем энергетическом уровне;
- увеличивается число энергетических уровней атомов;
- увеличивается радиус атомов.

В больших периодах (4—6) эти изменения происходят медленнее, чем в малых (1—3), так как у атомов элементов побочных подгрупп строится не внешний, а предвнешний слой (уровень) и только потом начинает достраиваться внешний слой (уровень) (от 2 до 8 электронов в соответствии с номером группы).

Эти особенности в строении атомов химических элементов позволяют ответить на вопрос, почему заряд атомного ядра элемента в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева возрастает **монотонно**, а свойства изменяются **периодически**, и дать ещё одну, причинно-следственную, формулировку Периодического закона.

Свойства химических элементов и образованных ими веществ находятся в периодической зависимости от строения внешних и предвнешних электронных слоёв их атомов.

ЗНАЧЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА И ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева — это триумф российской химической науки. Все учёные, которые занимались поиском естественной классификации химических элементов, находились в равных условиях, имели одни и те же научные предпосылки (т. е. накопленный фактологический материал) для обобщения. Почему же ни одному из них, кроме Менделеева, не удалось открыть Периодический закон?

Очевидно, здесь сыграл роль субъективный, личностный фактор. Менделеев имел энциклопедические знания, умел обобщать факты и выдвигать на их основе гипотезы, не боясь нести за них ответственность.

Остаётся только недоумевать, почему Нобелевский комитет в 1886 г. из двух кандидатур — французского учёного **А. Муассана** (1852—1907) и русского учёного Д. Менделеева — отдал предпочтение французу. Очевидно, немаловажную роль в этом решении сыграл тот факт, что кандидатуру Муассана выдвинула Французская академия наук, а кандидатуру Менделеева — Академия наук Германии. Стыдно признать, но Менделеев, будучи почётным членом почти всех европейских академий наук, так и не был избран членом Российской академии наук, хотя баллотировался в неё не раз. Пожалуй, странно выглядит и Лондонское королевское общество, которое в 1882 г. присудило Менделееву медаль Дэви (являвшуюся аналогом медали нобелевского лауреата) «За открытие периодических соотношений атомных весов», а через 5 лет, в 1887 г., вручило такую же медаль своему соотечественнику **Дж. Ньюлендсу** (1837—1898) «За открытие Периодического закона химических элементов».

«Гениальный химик, первоклассный физик, плодотворный исследователь в области гидродинамики, метеорологии, геологии, в различных отделах химической технологии (взрывчатые вещества, нефть, учение о топливе) и других сопредельных с химией и физикой дисциплинах, глубокий знаток химической промышленности и промышленности вообще, особенно русской, оригинальный мыслитель в области учения о народном хозяйстве, государственный ум, которому, к сожалению, не суждено было стать государственным человеком, но который видел и понимал задачи и будущность России лучше представителей нашей официальной власти...

...Он умел быть философом в химии, в физике и других отраслях естествознания, которых ему приходилось касаться, и естествоиспытателем в проблемах философии, политической экономии и социологии».

Л. А. Чугаев, русский химик

Признанием заслуг русского химика перед мировой наукой является следующий факт: в 1955 г. группа американских химиков во главе с **Г. Сиборгом** (1912—1999) получила новый, 101-й элемент, которому «в честь величайшего русского химика Менделеева единодушно присвоила название «менделевий».

Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева позволили:

- установить взаимную связь между элементами и объединить их по свойствам;
- расположить элементы в естественной последовательности;
- обнаружить периодичность, т. е. повторяемость общих свойств элементов и их соединений и объяснить причину этого;
- исправить и уточнить значение относительных атомных масс некоторых элементов;

- исправить и уточнить степени окисления (валентность) некоторых элементов;
- предсказать существование ещё неоткрытых элементов, описать их свойства, указать пути их открытия.

ОТКРЫТИЕ ГАЛЛИЯ, СКАНДИЯ И ГЕРМАНИЯ, ПРЕДСКАЗАННЫХ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВЫМ. Торжеством Периодического закона и Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева стало открытие трёх предсказанных Менделеевым элементов — галлия, скандия и германия. Это позволило немецкому философу, одному из основоположников марксизма **Ф. Энгельсу** (1820—1895) назвать открытие Менделеевым Периодического закона научным подвигом, подобным подвигу астронома **У. Леверье** (1811—1877), предсказавшего существование планеты Нептун. Почему так эмоционально характеризуется открытие русского химика? Это связано с открытием в 1875 г. первого из предсказанных Менделеевым элементов — галлия, которое принадлежит французскому химику **П. Буабодрану** (1838—1912). Менделеев, блестяще владевший французским языком, прочитал статью об открытии галлия и написал письмо Буабодрану, указав на его ошибку (тот неверно определил плотность галлия) и назвав причину этой ошибки (образец галлия был недостаточно очищен). И оказался прав. Буабодран с ним согласился и сообщил научному миру: «Я думаю, что нет нужды настаивать на исключительной важности теоретических взглядов г-на Менделеева относительно плотности нового элемента».

Шведский учёный **Л. Ф. Нильсон** (1840—1899), открывший в 1879 г. скандий, предсказанный Менделеевым как экабор, прислал ему в подарок немного нового металла, а немецкий учёный **К. А. Винклер** (1838—1904), открывший в 1886 г. предсказанный Д. И. Менделеевым германий, восторженно писал: «...периодичность элементов тем самым уже не гипотеза, она стала фактом, и химическое исследование сделало, таким образом, новый, неисчислимо важный шаг в царство познания».



В следующем параграфе речь пойдёт об уникальных химических элементах таблицы Менделеева — благородных, или инертных, газах и о видах химической связи.

Теперь вы знаете

- ▶ в чём заключается Периодический закон Д. И. Менделеева
- ▶ как связаны между собой Периодический закон и учение о строении атома
- ▶ значение Периодического закона и Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева
- ▶ что открытие галлия, скандия и германия, предсказанных Д. И. Менделеевым, явилось доказательством справедливости Периодического закона

Теперь вы можете

- ▶ определить, как именно изменяются свойства элементов и образованных ими веществ в периодах и группах таблицы Менделеева
- ▶ объяснить, как Периодическая система и Периодический закон связаны с учением о строении атома
- ▶ привести три формулировки Периодического закона
- ▶ дать оценку Периодического закона и Периодической системы в истории науки

Выполните задания

1. Объясните, как на основе сведений о строении атома можно объяснить закономерности в изменении свойств элементов по периодам и группам.
2. Перечислите химические элементы из таблицы Д. И. Менделеева, названия которых связаны с Россией и русскими учёными.
3. Становление любой научной теории обусловлено как объективными, так и субъективными предпосылками. Перечислите субъективные предпосылки, которые предшествовали открытию Периодического закона.
4. Прочитайте строчки из стихотворения С. Щипачёва «Читая Менделеева» и сформулируйте основную мысль данного произведения.

Есть просто газ легчайший — водород,
Есть просто кислород, а вместе это —
Июньский дождь от всех своих щедрот,
Сентябрьские туманы на рассветах.

Кипит железо, серебро, сурьма
И тёмно-бурые растворы брома,
И кажется Вселенная сама
Одной лабораторией огромной.

Тут мало оптикой поможешь глазу,
Тут мысль пытливая всего верней.
Пылинку и увидишь-то не сразу —
Глубины мироздания скрыты в ней.

Будь то вода, что поле оросила,
Будь то железо, медь или гранит —
Всё страшную космическую силу,
Закованную в атомы, хранит.

Мы не отступим, мы пробьём дорогу
Туда, где замкнут мироздания круг, —
И что приписывалось раньше Богу,
Всё будет делом наших грешных рук!

1. История открытия Периодического закона — одного из фундаментальных законов мироздания — Д. И. Менделеевым. 2. Д. И. Менделеев — русский учёный-энциклопедист. 3. История открытий галлия, скандия и германия — химических элементов, существование которых было предсказано Д. И. Менделеевым.

§ 3. Вещества

1. Приведите названия химических элементов семейства благородных газов.
2. По каким признакам и на какие группы классифицируют вещества?
3. Какие типы химических связей вы знаете?
4. Объясните, что такое кристаллическая решётка вещества. Какие типы кристаллических решёток вам известны?

БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ. Отдельные, изолированные атомы встречаются в природе достаточно редко. В земных условиях в качестве примера можно привести лишь *благородные газы*, атомы которых обладают очень устойчивыми электронными оболочками, сами по себе стабильны и не стремятся к объединению ни друг с другом, ни с атомами других химических элементов. С этой точки зрения абсолютно оправданно их второе, исторически более раннее название — *инертные газы*. К ним относятся гелий, неон, аргон, криптон, ксенон и радон. Соответствующие им химические элементы расположены в главной подгруппе VIII группы таблицы Д. И. Менделеева. История открытия инертных газов столь же необычна, как и их характерные особенности.

В 1894 г. знаменитые английские учёные *Д. Рэлей* (1842—1919) и *У. Рамзай* (1852—1916) обнаружили в азоте, полученном ими из воздуха, около 1% неизвестного газа. Этот газ оказался химически ещё более инертным, чем азот, и поэтому получил название «*аргон*» —

в переводе с греческого «*недейтельный*». «Сосед» аргона по таблице Д. И. Менделеева — гелий — единственный химический элемент, который был открыт сначала в космосе и только потом — на Земле. В августе 1868 г. французский учёный



Вылетали частицы гелия,
ядра стронция...

И чего оно не наделало,
это Солнце!

С. Кирсанов

П. Жансен (1824—1907) с помощью спектроскопа обнаружил в спектре солнечного излучения очень яркую жёлтую линию, не принадлежащую ни одному из ранее известных химических элементов. Спустя два месяца, в октябре того же года, английский астроном **Н. Локьер** (1836—1920), не зная о разработках французского коллеги, также провёл исследования солнечного спектра. Обнаружив неизвестную жёлтую линию с длиной волны 588 нм, учёный предположил, что открыл новый химический элемент и предложил назвать его *гелий* (от др.-греч. — *солнце*). Оба учёных написали о своём открытии во Французскую академию наук. Их письма пришли в один и тот же день, однако письмо Локьера на несколько часов раньше. Именно он и считается первооткрывателем гелия.

Только через 27 лет после открытия гелия на Солнце, в 1895 г., он был обнаружен на Земле. Уже упомянутый нами У. Рамзай выделил микроскопические количества этого инертного газа из продуктов разложения одного из минералов.

В течение последующих трёх лет из воздуха были выделены ещё три инертных газа — криптон, неон и ксенон. Названия их происходят от греческих слов, означающих соответственно «скрытый», «новый», «чужой». Решающая роль в открытии этих газов также принадлежит У. Рамзаю, который считал себя учеником великого русского химика Д. И. Менделеева. В 1899 г. **Э. Резерфорд**, изучая явление радиоактивности, доказал существование ещё одного инертного газа — радона. Своё название он получил от элемента радия, продуктом радиоактивного распада которого является.

Благородные газы широко используются в науке и технике. Изучение свойств жидкого гелия позволило физикам открыть удивительные явления — сверхтекучесть и сверхпроводимость. После крушения дирижабля «Гинденбург» в 1937 г. гелий заменил водород в дирижаблях и воздушных шарах благодаря лёгкости и невоспламеняемости (рис. 8).

С помощью аргона проводят специальную электрическую сварку. Купа-

Поэзия —
та же добыча радия.
В грамм добыча,
в год труды.
Изводишь
единого слова ради
тысячи тонн
словесной руды.
В. Маяковский



Мне приснились аэростаты.
Огромное стадо <...>
Складчатокожие, в розовой
утренности,
их гигантские внутренности
пучатся,
резиново-белые,
им хочется гелия, гелия,
гелия!
Вероятно, они животные
нужные,
если люди на ужин им
дают такую редкую и лёгкую
пищу?
С. Кирсанов





Рис. 8. Дирижабль и воздушный шарик, заполненные гелием



Рис. 9. Неоновая реклама

ние в радоновых ваннах излечивает многие тяжёлые заболевания. Инертными газами заполняют светильники, рекламные вывески и табло (рис. 9).

Однако инертные газы далеко не инертны. Сегодня получено уже около 200 химических соединений ксенона, криптона и радона. Поэтому само понятие «инертные» утратило свой прежний смысл. Эти газы сейчас называют благородными, поскольку они, как и благородные металлы, например золото, очень неохотно вступают в химические реакции.

Химики до сих пор спорят о том, как рассматривать частицы благородных газов в простом веществе — то ли как свободные атомы, то ли как одноатомные молекулы. Аналогично нет однозначного мнения и по поводу того, какой тип кристаллической решётки характерен для простых веществ этих элементов. По физическим свойствам это вещества с молекулярными кристаллическими решётками, но силы межмолекулярного взаимодействия, удерживающие частицы в кристаллах, действуют между атомами.

Почему же атомы благородных газов так самодостаточны? На основании анализа их положения в Периодической системе химических элементов вы и сами можете назвать причину этого. Всё дело в том, что атомы благородных газов имеют завершённый внешний электронный слой, на котором у атома гелия находится 2 электрона, а у остальных элементов — по 8.

ВЕЩЕСТВА И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ. Благородные газы представляют собой своеобразное связующее звено между химическими элементами и веществами, которыми мы привыкли оперировать в макром мире.

С одной стороны, как уже было сказано, атомы элементов — благородных газов, как частиц микромира, не связаны друг с другом какими-либо химическими связями, но их множество в совокупности даёт вполне реальное макроскопическое вещество — благородный газ, которому присущи обычные физические свойства (температуры кипения и плавления, плотность, молярный объём и др.).

В обычных условиях все другие вещества на нашей планете представляют собой сочетание атомов химических элементов, которые объединяются в молекулы или кристаллы.

Вещество — это одна из форм материи, которая, в отличие от полей, обладает массой покоя и состоит из атомов, объединённых в молекулы или кристаллы.

Вещества, состоящие из атомов одного химического элемента, называют **простыми**. Чаще всего названия простых веществ совпадают с названиями образующих их химических элементов: кислород, хлор, кальций, железо. Как вы знаете, простые вещества можно условно разделить на две группы — **металлы** и **неметаллы** (к последним часто относят и благородные газы).

Рассуждая логически, можно предположить, что число простых веществ совпадает с числом известных химических элементов. Однако это не так — простых веществ больше. Причина заключается в том, что один и тот же химический элемент может образовывать несколько простых веществ. Это явление в химии называется **аллотропией**. Например, химический элемент кислород образует два простых вещества — одноимённое вещество кислород O_2 , молекулы которого состоят из двух атомов, и озон, имеющий формулу O_3 .

Помимо числа атомов в молекуле, аллотропы могут отличаться строением кристаллической решётки. Каждый из вас слышал об аллотропных формах элемента углерода: алмаз и графит. И это далеко не полный список: в настоящее время к нему нужно добавить карбин, фуллерен, углеродные нанотрубки, совсем недавно полученную новую аллотропную модификацию — графен и др.

Несмотря на явление аллотропии, число простых веществ просто мизерно по сравнению с огромным разнообразием веществ **сложных**, тех, которые образованы атомами двух или более химических элементов. Аналогично в русском языке есть слова, состоящие из одной буквы — союзы, предлоги. Но их не так много. Вся неповторимая мелодика нашей речи обусловлена более сложными словами, составленными из различных букв. И каждый год наш словарный запас пополняется: появляются новые предметы, события и явления, требующие собственного названия; приживаются слова — перебежчики из иностранных языков. Подобно тому, как ядовитые или агрессивные вещества наносят вред организму и разъедают материалы, непечатная лексика

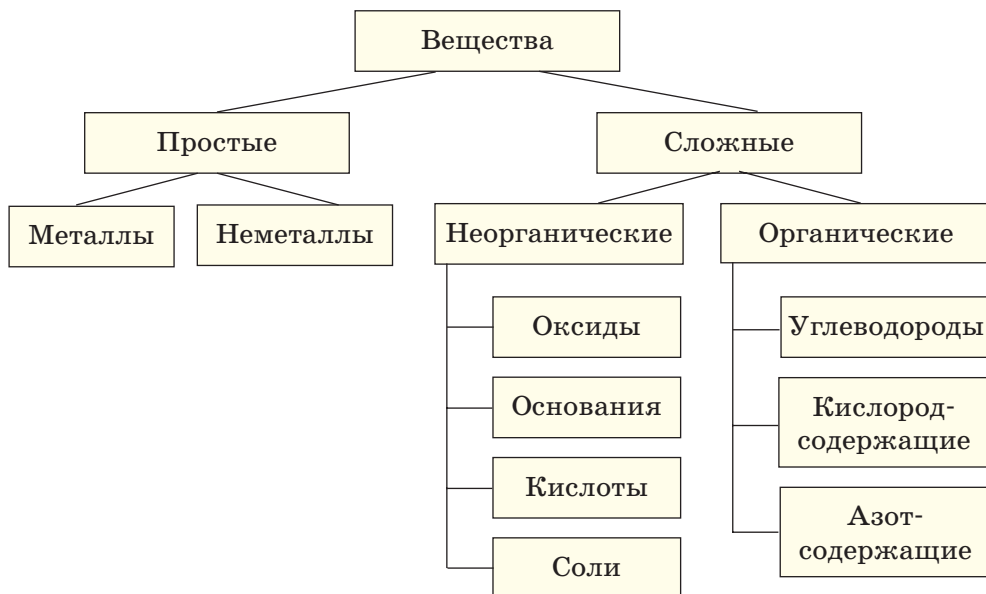
и примитивный молодёжный сленг коверкают нашу речь, убивая признанную во всём мире красоту русского слова.

Способность образовывать сложные вещества выражена у различных химических элементов в разной степени. Так, в настоящее время известно всего два соединения аргона, не более десятка соединений франция. Но в Периодической системе есть элемент-рекордсмен, для которого известно почти 10 миллионов соединений. Наверное, вы догадались, что речь идёт об углероде.

Соединения углерода, за исключением карбидов, угольной кислоты и её солей — карбонатов, оксидов углерода и некоторых других, называют **органическими веществами**. Все остальные соединения всех элементов, а также простые вещества относятся к **неорганическим** (ранее их называли минеральными).

Следующий уровень классификации веществ основывается на их составе и, как следствие, химических свойствах. В группе неорганических веществ выделяют несколько основных классов: оксиды, основания, кислоты, соли. Особенности строения и свойств соединений указанных классов вы изучали в курсе химии основной школы.

В качестве одного из признаков классификации органических веществ принят их элементный состав. Наиболее важная группа соединений состоит из атомов двух элементов — углерода и водорода. Их так и называют — углеводороды. В состав органических веществ могут входить также атомы кислорода, азота, серы, фосфора.



ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ. Нам остаётся выяснить, каким образом атомы объединяются друг с другом. Ответ на этот вопрос вам известен

из курса химии основной школы. При образовании молекул или кристаллов между атомами образуются химические связи.

Химической связью называется взаимодействие атомов, обуславливающее устойчивость молекул или кристаллов как единого целого.

Атомы химических элементов стремятся приобрести устойчивую электронную конфигурацию, которая присуща атомам благородных газов. Достигается такая конфигурация либо в результате присоединения электронов от других атомов (как вы знаете, такой процесс в химии называется *восстановлением*), либо в результате отдачи своих внешних электронов другим атомам (процесс *окисления*). Атомы, присоединившие чужие электроны, превращаются в *отрицательные ионы* — **анионы**. Атомы, отдавшие свои электроны, превращаются в *положительные ионы* — **катионы**. Между катионами и анионами возникают силы электростатического притяжения, которые и будут удерживать их друг около друга, осуществляя тем самым **ионную химическую связь**.

Ионная химическая связь — это связь, образовавшаяся между катионами и анионами за счёт их электростатического притяжения.

Так как катионы образуют преимущественно атомы металлов, а анионы — только атомы неметаллов, то логично сделать вывод, что этот тип связи характерен для соединений, образованных типичными металлами и типичными неметаллами. Классическим примером веществ с ионной связью является хлорид натрия — знакомая всем поваренная соль.

Кристаллы хлорида натрия образованы положительно заряженными частицами (катионами Na^+), соседствующими с частицами, несущими отрицательный заряд (анионы Cl^-). Для вещества в твёрдом агрегатном состоянии катионы и анионы, занимая определённое положение в пространстве, формируют объёмную структуру, которая называется *кристаллической решёткой*. Кристаллическая решётка хлорида натрия называется ионной (рис. 10).

В отличие от передачи электронов от одного атома к другому, характерной для ионной

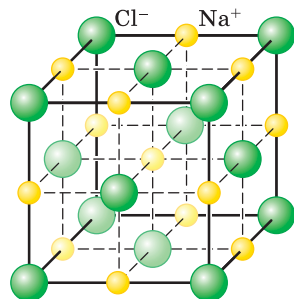
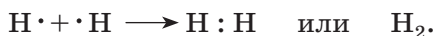


Рис. 10. Ионная кристаллическая решётка хлорида натрия

связи, второй путь образования химических связей — предоставление атомами электронов «в общее пользование». Такой тип связи называют *ковалентной*. Рассмотрим её образование на примере молекулы водорода.

Элемент водород открывает периодическую таблицу химических элементов — занимает клетку № 1. Следовательно, каждый атом водорода обладает одним-единственным электроном. Изолированный атом водорода можно получить только в специальных условиях, да и существовать он будет считанные доли секунды. А вот молекула водорода, состоящая из двух атомов (H_2), — абсолютно устойчивая частица. Стабилизация происходит за счёт обобществления электронов при образовании химической связи между двумя атомами:



Получается, что в распоряжении каждого атома водорода в молекуле не один, а два электрона, а это уже стабильная электронная конфигурация.

Ковалентная химическая связь — это связь, возникающая между атомами за счёт образования общих электронных пар.

В твёрдом состоянии кристаллические решётки веществ, образованных ковалентными связями, могут быть двух разновидностей. Для одних в строго определённых точках пространства расположены атомы вещества — это *атомная кристаллическая решётка*. Вещества с атомной кристаллической решёткой, как правило, отличаются высокой температурой плавления, твёрдостью, «нежеланием» растворяться ни в каких растворителях, лишены запаха. Примерами подобных веществ могут служить алмаз (одна из аллотропных модификаций углерода) и оксид кремния (основная составная часть речного песка, кварца, горного хрусталя) (рис. 11).

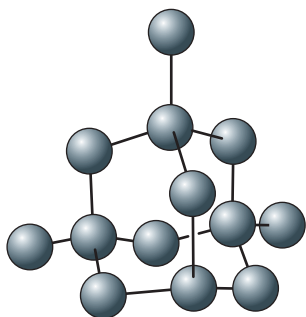


Рис. 11. Атомная кристаллическая решётка алмаза

Второй характерный тип кристаллической решётки для веществ с ковалентными связями — молекулярная. Как следует из названия, её образуют молекулы вещества, относительно слабо связанные друг с другом. Как следствие, вещества с молекулярной кристаллической решёткой легкоплавки (часто при нормальных условиях представляют собой жидкости или газы), летучи, некоторые обладают характерным запахом. Вода, углекислый газ, уксусная кислота — приме-

ры веществ с молекулярной кристаллической решёткой в твёрдом состоянии (рис. 12).

Простые вещества металлы имеют особый тип связи между частицами, который так и называется — *металлическая связь*. При сближении атомов металлов их электронные оболочки перекрываются, электроны получают возможность перемещаться с оболочки одного атома на оболочки соседних атомов. Атом, от которого «ушёл» электрон, превращается при этом в катион. В результате этого в металлическом изделии или кусочке металла формируется совокупность относительно свободных электронов, которые непрерывно перемещаются между ионами.

...Под ним Кавказ, как грань алмаза,
Снегами вечными сиял...

М. Лермонтов



Металлической связью называется связь в металлах и сплавах между атомами и ионами металлов, осуществляемая совокупностью электронов.

Металлическая связь определяет особое кристаллическое строение металлов и сплавов — *металлическую кристаллическую решётку*, в узлах которой расположены атомы и ионы металлов (рис. 13).

Металлическая кристаллическая решётка и металлическая связь обуславливают все наиболее характерные свойства металлов: ковкость, пластичность, тягучесть, электро- и теплопроводность, металлический блеск, способность к образованию сплавов.



В следующем параграфе вы познакомитесь с веществами, состоящими из двух химических элементов — углеводородами и основными положениями теории химического строения органических соединений А. М. Бутлерова.

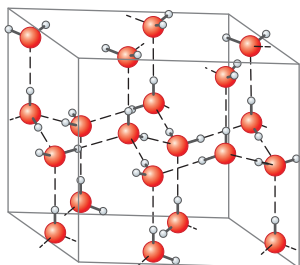


Рис. 12. Молекулярная кристаллическая решётка воды (льда)

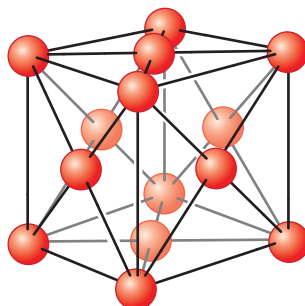


Рис. 13. Молекулярная кристаллическая решётка меди

☉ Теперь вы знаете

- ▶ как были открыты благородные газы
- ▶ какие вещества называют простыми и что такое аллотропия
- ▶ как классифицируют сложные вещества
- ▶ какие существуют типы химических связей
- ▶ что такое кристаллическая решётка, какие типы кристаллических решёток существуют

☉ Теперь вы можете

- ▶ спрогнозировать, какой тип химической связи имеется в простом веществе или сложном веществе, состоящем из атомов двух элементов
- ▶ отнести вещество к неорганическим или органическим на основании его состава
- ▶ выдвинуть гипотезу, какую кристаллическую решётку в твёрдом состоянии имеет вещество по его названию, формуле или свойствам

☉ Выполните задания

1. Дайте характеристику аллотропных модификаций кислорода и углерода.
2. К каким классам неорганических веществ относятся соединения, имеющие формулы: KCl , CuO , NaOH , SO_2 , H_2SO_4 , CaCO_3 , HNO_3 , LiOH ?
3. Дайте определения понятий «катион» и «анион». Приведите примеры катионов и анионов, а также соединений, имеющих ионную химическую связь.
4. Какой тип химической связи между частицами в веществах, имеющих формулы: NaBr , Fe , SO_2 , F_2 ?
5. Сравните характерные свойства веществ с различным типом кристаллических решёток.
6. Какие свойства металлов положены в основу широко распространённых метафор и сравнений: железные нервы, золотой характер, свинцовые тучи, серебряный дождь, подвижный как ртуть?

☉ Темы для рефератов

1. Использование благородных газов в технике, промышленности, медицине.
2. Хлорид натрия — от соляных войн до химической промышленности.
3. История знаменитых алмазов.
4. Металлы и сплавы в истории мирового искусства.

§ 4. Углеводороды. Теория химического строения А. М. Бутлерова

1. Назовите важнейшие месторождения природного газа в нашей стране, найдите их на карте.
2. Перечислите нетрадиционные источники энергии и страны, где они используются.
3. Расскажите, какие правила техники безопасности нужно соблюдать при работе с бытовым газом.
4. Какой основополагающий закон является теоретической основой органической химии

ХАРАКТЕРИСТИКА И СВОЙСТВА АЛКАНОВ. Вслед за благородными газами продолжим характеристику газообразных веществ знакомством с важнейшей группой органических соединений — углеводородами.

Название «углеводороды» говорит само за себя: это вещества, молекулы которых состоят из атомов двух элементов — углерода и водорода. Благодаря уникальной способности атомов углерода соединяться друг с другом в цепи различной длины и формы, таких соединений великое множество. Поэтому их делят на классы. Мы остановимся на краткой характеристике только одного класса — **предельных углеводородов**, или **алканов**. И это не случайно, поскольку предельные углеводороды — это основная составная часть природного газа и нефти. Наша страна занимает одно из ведущих мест в мире по запасам, добыче, экспорту и переработке углеводородного сырья (рис. 14).

Знание этой темы представляет определённый профессиональный интерес не только для тех, кто хочет углублённо изучать естественные науки, но и для будущих юристов и экономистов, обществоведов и политологов, инженеров и экологов. Природные источники углеводородов являются связующим звеном межгосударственных отношений в политической и экономической области и вместе с тем причиной вооружённых конфликтов и войн за контроль над ними.

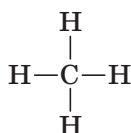
Итак, вернёмся к характеристике предельных углеводородов.

Алканы (предельные углеводороды) — это углеводороды, в молекулах которых все валентности атомов углерода, не задействованные на образование простых связей C—C, насыщены атомами водорода; состав алканов соответствует общей формуле C_nH_{2n+2} .

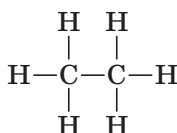


Рис. 14. Основные месторождения природных источников углеводородов (нефти, газа, каменного угля) в Российской Федерации

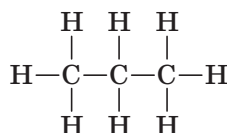
Приведём развёрнутые и сокращённые структурные формулы, а также названия первых трёх представителей ряда алканов:



CH_4
метан



CH_3-CH_3
этан



$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
пропан

Свойства предельных углеводородов зависят от состава их молекул, т. е. от относительной молекулярной массы, что наглядно иллюстрирует таблица 1.

Таблица 1
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКАНОВ

Название	Формула	Относительная молекулярная масса	Агрегатное состояние	Плотность, г/мл	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Метан	CH_4	16	Газ	—	-161,6
Этан	C_2H_6	30	Газ	—	-88,5
Пропан	C_3H_8	44	Газ	—	-42,2

Название	Формула	Относительная молекулярная масса	Агрегатное состояние	Плотность, г/мл	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутан	C_4H_{10}	58	Газ	—	–0,5
Пентан	C_5H_{12}	72	Жидкость	0,626	36,1
Гексан	C_6H_{14}	86	Жидкость	0,659	68,7
Гептан	C_7H_{16}	100	Жидкость	0,684	98,4
Октан	C_8H_{18}	114	Жидкость	0,703	125,7
Нонан	C_9H_{20}	128	Жидкость	0,718	150,8
Декан	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	142	Жидкость	0,730	174,1

Нетрудно заметить, что с ростом относительной молекулярной массы у алканов возрастают температура кипения, плотность, а также изменяется агрегатное состояние: первые четыре алкана — газообразные вещества, следующие одиннадцать — жидкости, а начиная с $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ — твёрдые вещества.

СОСТАВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА. Практически повсеместно на нашей планете в толще Земли встречается **природный газ**.

Природный газ — это смесь предельных углеводородов и неорганических газов, образующих самостоятельные месторождения.



Рис. 15. Добыча природного газа

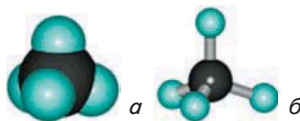


Рис. 16. Модели метана:
а — объёмная;
б — шаростержневая

Содержание каждого компонента зависит от месторождения, однако в любом случае в природном газе (рис. 15) преобладает метан (рис. 16), количество других углеводородов резко сокращается с увеличением их относительной молекулярной массы (табл. 2).

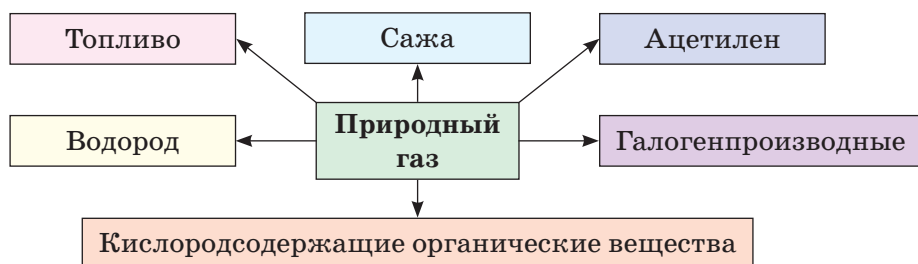
ТАБЛИЦА 2
ПРИМЕРНЫЙ СОСТАВ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Компонент	Формула	Объёмная доля, %
Метан	CH_4	88—95
Этан	C_2H_6	3—8
Пропан	C_3H_8	0,7—2,0
Бутан	C_4H_{10}	0,2—0,7
Пентан	C_5H_{12}	0,03—0,5
Углекислый газ	CO_2	0,6—2,0
Азот	N_2	0,3—3,0
Гелий	He	0,01—0,5

При сгорании предельных углеводородов выделяется большое количество теплоты, поэтому природный газ служит самым эффективным и дешёвым топливом для тепловых электростанций, котельных установок, доменных и стекловаренных печей. Пропан-бутановая фракция природного газа в сжиженном виде используется как бытовое топливо и топливо для карбюраторных двигателей автомобилей. Кроме того, при полном сгорании алканов воздух практически не загрязняется вредными выбросами, поскольку продуктами их горения являются углекислый газ и водяной пар. В этом нетрудно убедиться, если записать уравнения реакций горения алканов, например метана:



Природный газ — это не только высокоэффективное топливо, но и важное сырьё для химической промышленности. Перед вами схема различных вариантов промышленной переработки природного газа.



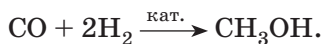
САЖА. СИНТЕЗ-ГАЗ. При полном разложении метана, основного компонента природного газа, образуются водород и сажа. Около 90% всей получаемой сажи использует резинотехническая промышленность. Резиновые изделия, автомобильные покрышки и камеры имеют чёр-

ный цвет именно потому, что в качестве наполнителя в них добавляют сажу. Кроме того, это вещество входит в состав типографских красок, некоторых типов батареек.

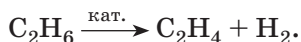
При взаимодействии метана с перегретым водяным паром образуется смесь газов — оксида углерода (II) и водорода в соотношении 1 : 3. Эту смесь называют синтез-газом:



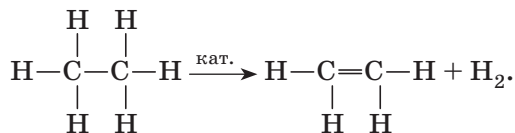
Синтез-газ используется для получения синтетического бензина — смеси предельных углеводородов, содержащих от 6 до 12 атомов углерода в молекуле. Такой бензин называется *газовым*, он используется в качестве основы низкосортного автомобильного топлива. Кроме того, синтез-газ используется для получения кислородсодержащих органических веществ, в частности метилового спирта:



ЭТИЛЕН. Второй представитель алканов — этан является сырьём для получения ценного газообразного вещества — этилена. У вас сразу возникла ассоциация: полиэтилен. Абсолютно верно: этилен действительно является сырьём для получения этого ценного вещества, с которым вы будете знакомиться при изучении полимеров. Покажем, как из этана получается этилен. Для этого сравните формулы первого (C_2H_6) и второго (C_2H_4) газов. Очевидно, чтобы из этана получить этилен, нужно от каждой его молекулы отнять два атома (молекулу) водорода, или, как говорят в химии, провести *реакцию дегидрирования*:



Обратите внимание, что в молекуле этилена все четыре валентности атомов углерода задействованы по-разному: три связаны с другими атомами, а четвёртая образует ещё одну связь между атомами углерода:



Сокращённая структурная формула этилена $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ показывает, что его молекула содержит двойную связь, а потому этот углеводород относится к **непредельным углеводородам**.

К углеводородам этого типа относятся и углеводороды, молекулы которых содержат две двойные связи (например, бутадиен-1,3 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) или тройную связь (например, ацетилен $\text{CH}\equiv\text{CH}$). Следовательно, образование молекул органических соединений за счёт одинарных и кратных связей — одна из причин их многообразия.



Фридрих Вёлер

ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ А. М. БУТЛЕРОВА. До середины XIX в. органическая химия, по образному выражению немецкого химика **Ф. Вёлера** (1800—1882), представлялась «дремучим лесом, полным удивительных вещей, безграничной чащей, из которой нельзя выбраться, куда не осмеливаешься проникнуть». Вёлер установил существование явления изомерии, впервые осуществил синтез органического вещества (мочевины) из неорганического.

Только с появлением в 1861 г. теории химического строения органических соединений «дремучий лес» органической химии стал преобразовываться из «безграничной чащи» в «залитый солнечным светом регулярный парк со строгой сеткой аллей и дорожек». Авторами этой теории были выдающиеся химики: русский — **А. М. Бутлеров** (1828—1886); немецкий — **Ф. Кёкуле** (1829—1896), английский — **А. Кёрпер** (1831—1892).

Сущность теории химического строения, носящей имя А. М. Бутлерова, можно сформулировать в виде трёх положений.

1. *Атомы в молекулах соединены в определённом порядке в соответствии с их валентностью, причём углерод в органических соединениях четырёхвалентен.*



Александр Михайлович Бутлеров

2. *Свойства веществ определяются не только качественным и количественным элементным составом, но и порядком связи атомов в молекулах, т. е. химическим строением.*

3. *Атомы в молекулах оказывают друг на друга взаимное влияние, что отражается на свойствах веществ.*

Сегодня кажется невероятным, что до середины XIX в., в период великих открытий в естествознании, учёные плохо представляли себе внутреннее устройство вещества. Именно Бутлеров ввёл термин «химическое строение», подразумевая под ним систему химических связей между атомами в молекуле, их взаимное расположение в пространстве. Благодаря такому пониманию строения молекулы оказалось возможным объяснить явление изомерии, предсказать существование неизвестных изомеров, соотнести свойства веществ с их химическим строением.

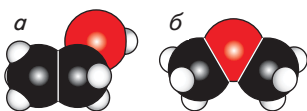


Рис. 17. Объёмные модели молекул:
а — этилового спирта;
б — диметилового эфира

В качестве иллюстрации явления изомерии приведём основные характеристики и формулы двух веществ — этилового спирта и диметилового эфира (табл. 3), имеющих одинаковый элементный состав C_2H_6O , но различное химическое строение (рис. 17).

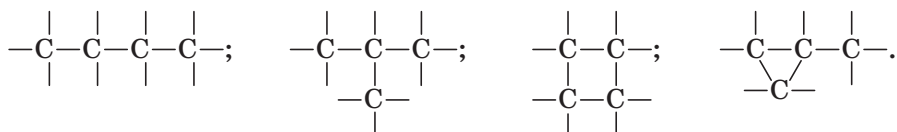
Таблица 3

СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ ЭТИЛОВОГО СПИРТА И ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА

Признаки сравнения	Этиловый спирт	Диметиловый эфир
Структурная формула	CH_3-CH_2-OH	CH_3-O-CH_3
Температура кипения ($^{\circ}C$)	78,4	-23,7
Агрегатное состояние	Жидкость	Газ
Растворимость в воде	Растворим	Малорастворим
Взаимодействие с натрием	Реагирует	Не реагирует

Явление изомерии, очень широко распространённое в органической химии, является одной из причин многообразия органических веществ.

Другая причина многообразия органических веществ заключается в уникальной способности атома углерода образовывать друг с другом химические связи, в результате чего получаются углеродные цепи различной длины и строения: неразветвлённые, разветвлённые, замкнутые. Например, четыре атома углерода могут образовать такие цепи:



Если учесть, что между двумя атомами углерода могут существовать не только простые (одинарные) связи $C-C$, но и двойные $C=C$, и тройные $C\equiv C$, то число вариантов углеродных цепей и, следовательно, различных органических веществ значительно увеличивается.

ЗАПАСЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА В РОССИИ. В России находится почти 40% мировых запасов природного газа. Уникальные месторождения расположены на севере в Ямало-Ненецком автономном округе, а также на шельфах арктических морей.

Всего в России более 12 нефтегазоносных регионов, занимающих почти половину территории страны (см. рис. 14). Запасы газа значительно больше, чем нефти. По оценкам специалистов, на сегодняшний день добыто только около 5% мировых запасов голубого топлива.

Затраты на добычу и транспортировку природного газа постепенно возрастают. Это связано с исчерпанием его запасов в старых месторождениях, необходимостью вкладывать средства в разведку новых. Да и запасы природного сырья на Земле не безграничны.



Далее поговорим подробно о другом ценном полезном ископаемом — нефти и способах её переработки.

● Теперь вы знаете

- ▶ каковы состав и основные свойства алканов
- ▶ состав природного газа
- ▶ каковы запасы природного газа в России
- ▶ основные положения теории химического строения А. М. Бутлерова

● Теперь вы можете

- ▶ объяснить, что такое алканы, и назвать их представителей
- ▶ дать характеристику природного газа, его состава и количественного содержания его компонентов
- ▶ перечислить области применения сжиженного газа, синтез-газа, этилена, природного газа

● Выполните задания

1. Определите, чем отличаются предельные углеводороды от непредельных.
2. Назовите первые четыре представителя ряда алканов, напишите их развернутые и сокращённые формулы.
3. Объясните, в чём преимущество газообразного топлива перед другими видами топлива.
4. Перечислите химические свойства метана, которые лежат в основе его применения, ответ проиллюстрируйте уравнениями соответствующих реакций.
5. Приведённую в параграфе схему вариантов промышленной переработки природного газа дополните короткими сообщениями и уравнениями реакций.

● Темы для рефератов

1. Топливо и его виды.
2. Биогаз, его производство и применение.
3. Южный и Северный газотранспортные потоки: проблемы и перспективы.
4. Роль России в мировой добыче и транспортировке газа.

§ 5. Нефть и её переработка

1. Перечислите основные нефтяные месторождения мира и России, покажите их на карте.
2. Объясните, почему нефть называют чёрным золотом.
3. Расскажите, что вы знаете об экологической катастрофе 2010 г. в Мексиканском заливе, каковы её причины и последствия.

ТЕОРИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ. Из жидких веществ наиболее значимой в энергетическом отношении природной жидкостью является нефть.

Нефть — это горючая маслянистая жидкость, распространённая в осадочной оболочке Земли, важнейшее полезное ископаемое.

Давным-давно, около 200 млн лет назад, в толще Земли образовались залежи нефти. Её происхождение — одна из сокровенных тайн природы. Некоторые видные учёные, в числе которых был и Д. И. Менделеев, придерживались неорганической теории происхождения нефти. Другие считали, что чёрное золото Земли представляет собой продукт разложения живых организмов. Современная наука имеет веские доказательства, что в доисторические времена микроскопические морские растения и животные оказались погребёнными под толщей осадочных пород, образовавшихся на дне морей. Там органические вещества в отсутствие кислорода воздуха подвергались воздействию высоких температур и давления, что привело к их разложению и образованию нефти и газа.

Нефть известна человеку с глубокой древности. В Персии жрецы для священного огня добывали её из колодцев. Места, где добывалась нефть, тщательно охранялись от посторонних и назывались *nephtai* или *nephtoi*, отсюда, как полагают, и произошло персидское слово «нефть».

И бил фонтан, и рассыпался искрами,
При свете их я Бога увидал:
По пояс голый, он с двумя канистрами
Холодный душ из нефти принимал.
И ожила земля, и помню ночью я
На той земле танцующих людей...
Я счастлив, что, превысив полномочия,
Мы взяли риск — и вскрыли вены ей!

В. Высоцкий



ВИДЫ И СВОЙСТВА НЕФТИ. Нефть принято называть чёрным золотом. Однако она бывает не только чёрной, но и белой. Огромные запасы такой нефти обнаружены по притоку Оби — Васюгану. Здесь из буровых скважин (рис. 18) поднимается бесцветная жидкость, состоящая прак-

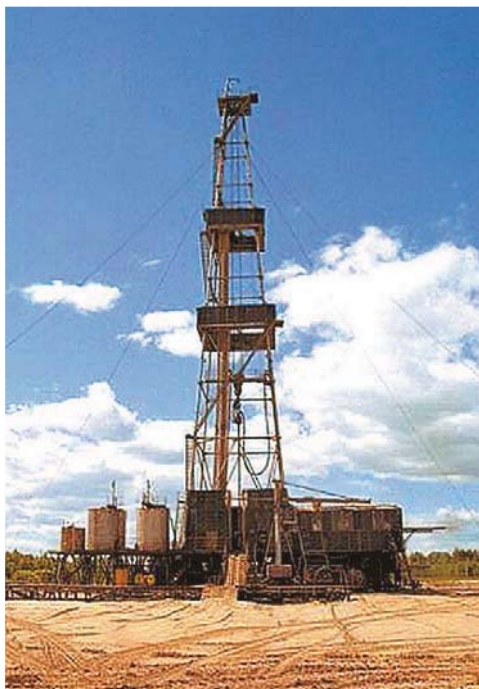


Рис. 18. Буровая вышка

тически из чистого бензина. Химики установили, что из белой нефти можно просто и дешево получать высококачественный каучук, различные спирты, ароматические углеводороды и многие другие продукты.

Нефть залегает в недрах Земли, где она занимает свободное пространство между породами.

Как выглядит нефть, вы хорошо знаете. Это маслянистая жидкость тёмно-бурого, почти чёрного цвета, практически не растворимая в воде. Поскольку нефть легче воды, она всплывает и может растекаться по её поверхности очень тонким слоем. Один литр нефти образует нефтяную плёнку площадью с футбольное поле! Толщина такой плёнки сравнима с длиной волны видимого излучения, поэтому в результате

интерференции света нефтяное пятно переливается всеми цветами радуги. Вот только последствия таких разливов отнюдь не радужные, это настоящие экологические катастрофы. Нефтяная плёнка не позволяет растворяться в воде кислороду воздуха, необходимому для дыхания обитателей вод. Гибнут водоплавающие птицы, перья которых

покрываются несмываемым маслянистым налётом. Прибитые к берегу волной и ветром, нефтяные разливы загрязняют сотни километров береговой полосы.

Но нет ничего страшнее нефти горящей. Она горит даже на поверхности воды, и, естественно, потушить её водой невозможно. Огненное пекло, чёрный дым, сотни токсичных продуктов горения превращают нефтяной пожар в настоящий ад (рис. 19).

Почему же люди не договорятся прекратить добычу и использование нефти как источника повы-



Рис. 19. Горящая нефть

шенной опасности для человечества? К сожалению, в ближайшей перспективе сделать это невозможно, поскольку нефть — важнейший природный источник углеводородов, которые используются и как разнообразные виды топлива, и как ценное химическое сырьё.

СОСТАВ НЕФТИ. РЕКТИФИКАЦИЯ.

Нефть — это настоящий природный коктейль, в каждой капле которого присутствует более 900 различных соединений! Её главная составная часть — это предельные углеводороды, содержащие от 6 до 50 атомов углерода в молекуле.

Необработанную нефть называют сырой, практически вся она поступает на переработку. Вначале из неё удаляют растворённые попутные газы, а также парафин, а затем отправляют на фракционную перегонку, или **ректификацию**.



Рис. 20. Ректификационные колонны на нефтеперерабатывающем заводе

Ректификацией (перегонкой) называют разделение жидких смесей на фракции или отдельные компоненты на основании различия в их температуре кипения.

Поскольку нефть представляет собой сложную смесь различных веществ, она не имеет определённой точки кипения. При нагревании из нефти начинают выкипать компоненты в порядке увеличения их температуры кипения. Это даёт возможность разделить нефть на отдельные фракции, представляющие собой смесь близких по температуре кипения веществ.

Процесс ректификации происходит на специальных установках, называемых **ректификационными колоннами** (рис. 20). Нефть подают в нижнюю часть колонны и нагревают до температуры 340—360 °С. Выкипающие газообразные углеводороды поднимаются по колонне вверх, постепенно остывая. При охлаждении до температуры кипения пары вещества конденсируются, превращаясь в жидкость, на горизонтальных перегородках колонны — **тарелках**. Чем выше расположена тарелка, тем ниже температура кипения находящихся на ней жидких продуктов разделения нефти. Удаляя жидкость с определённых тарелок, получают отдельную нефтяную фракцию, кипящую в некотором интервале температур.

НЕФТЕПРОДУКТЫ. Характеристики типичных фракций перегонки нефти приведены в таблице 4.

Таблица 4

ФРАКЦИИ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПРИ РЕКТИФИКАЦИИ НЕФТИ

Фракция	Температура кипения, °С	Число атомов углерода в молекуле
Углеводородный газ	< 20	3—4
Бензин	20—200	5—12
Лигроин	150—250	8—14
Керосин	180—300	12—18
Газойль (дизельное топливо)	275—400	17—22
Мазут	> 400	> 20

Бензин используется в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания автомобилей, **лигроин** — сырьё для нефтехимических производств. На **керосине** летают современные реактивные самолёты. **Газойль** (или дизельное топливо) — это горючее для дизельных двигателей тепловозов, тепловозов и большегрузных автомобилей.

Мазут — тёмная вязкая жидкость, остаток после перегонки нефти. Часть его используется как топливо для тепловых электростанций и котельных. Основное количество подвергается повторной ректификации, но уже при меньшем давлении. Почему? Вы знаете, что с уменьшением давления температура кипения жидкостей понижается. Поскольку мазут составляют высококипящие органические вещества, их ректификация потребовала бы создания высоких температур. Во-первых, это дорого, во-вторых, многие соединения разлагаются при таком воздействии. Поэтому ректификацию мазута проводят в вакууме, получая при этом всевозможные смазочные материалы, называемые *минеральными маслами*. Остаток после перегонки мазута — **гудрон** — используется для получения битума и асфальта, применяемых в дорожном строительстве.

Самая ценная фракция, получаемая при ректификации нефти, — это **бензин**. Однако из тонны сырой нефти можно получить не более 200 кг бензина. Поэтому часть нефтяных фракций, например лигроин и керосин, отправляют на дальнейшую переработку, в результате которой получают дополнительное количество бензина, а также другие важные продукты.

Если вы спросите, относится ли ректификация нефти к химическим явлениям, то ответ будет очевиден: нет. Потому что в процессе перегонки не наблюдается химических превращений одних веществ в другие, разделение происходит на основе физических явлений — испарения и конденсации веществ. А вот вторичная переработка нефтепродуктов уже сопровождается химическими реакциями.

КРЕКИНГ. Одним из таких процессов (вторичной переработки нефтепродуктов) является крекинг.

Крекингом называется процесс переработки нефтепродуктов при повышенных температуре и давлении с целью получения продуктов с меньшей молекулярной массой.

Термин «крекинг» произошёл от английского слова *cracking*, что в переводе означает «расщепление». Вместе с тем промышленный крекинг был впервые осуществлён русским инженером **В. Г. Шуховым** (1853—1939) в 1891 г. Основной реакцией процесса является разрыв углерод-углеродной связи C—C исходного предельного углеводорода с образованием углеводородов с меньшей длиной углеродной цепи. Например, углеводороды керосиновой фракции перегонки нефти превращаются при этом в компоненты бензина.



Владимир Григорьевич Шухов

МИРОВЫЕ ЗАПАСЫ НЕФТИ И ЕЁ ДОБЫЧА В РОССИИ И ДРУГИХ СТРАНАХ. Нефтегазовая отрасль даёт около половины доходов в казну России. Доля нефтяного (рис. 21) и газового добывающего сектора в ВВП составляет 20%. В отрасли работает около 1,5 млн человек — 1% всего населения страны. Всего в России по состоянию на 2012 г. работало более 30 нефтеперерабатывающих заводов.

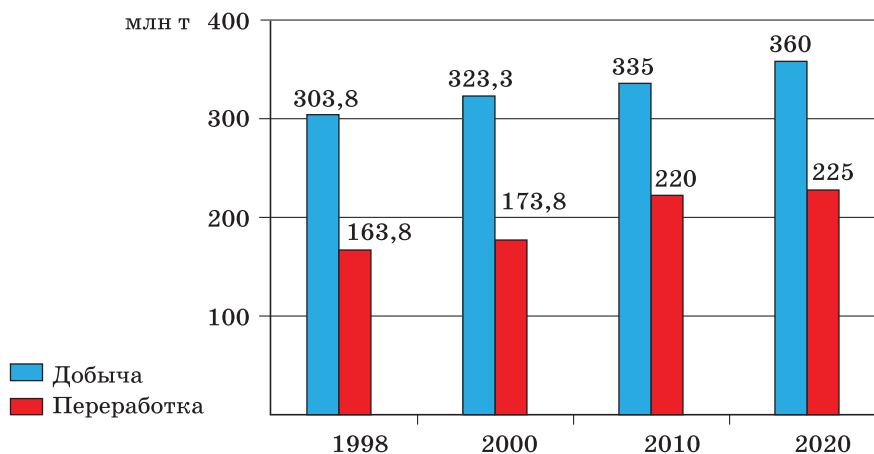


Рис. 21. Объём добычи и переработки нефти в России в 1998—2020 гг.

Стоимость нефти постоянно колеблется: то растёт, то падает. Государственный бюджет Российской Федерации в немалой степени зависит от мировых цен на нефть.

Сведения о мировых запасах нефти значительно разнятся. Некоторые специалисты считают, что из недр Земли добыто 16% от её потенциала, ещё 17% разведано (около 15 млрд т), а остальные месторождения перспективные, т. е. ещё неоткрытые. На 2004 г. мировые разведанные запасы составляли 210 млрд т, добыча нефти по странам в 2009 г. показана на диаграмме (рис. 22). Нефтяные компании имеют в своём распоряжении порядка 14 млрд т запасов нефти — примерно 14% от мирового объёма. Специалисты полагают, что при нынешних темпах добычи и потребления нефти этих запасов хватит на 50 лет. Но разведка новых месторождений продолжается, к тому же уже отработанные месторождения через некоторое время снова начинают давать достаточно много чёрного золота. Оптимисты надеются, что при рациональной эксплуатации месторождений, открытии новых и полном использовании уже разработанных обеспечить нефтью можно будет пять грядущих поколений. Кроме того, необходимо увеличивать так называемый коэффициент извлечения нефти. В настоящее время экономически наиболее выгодно

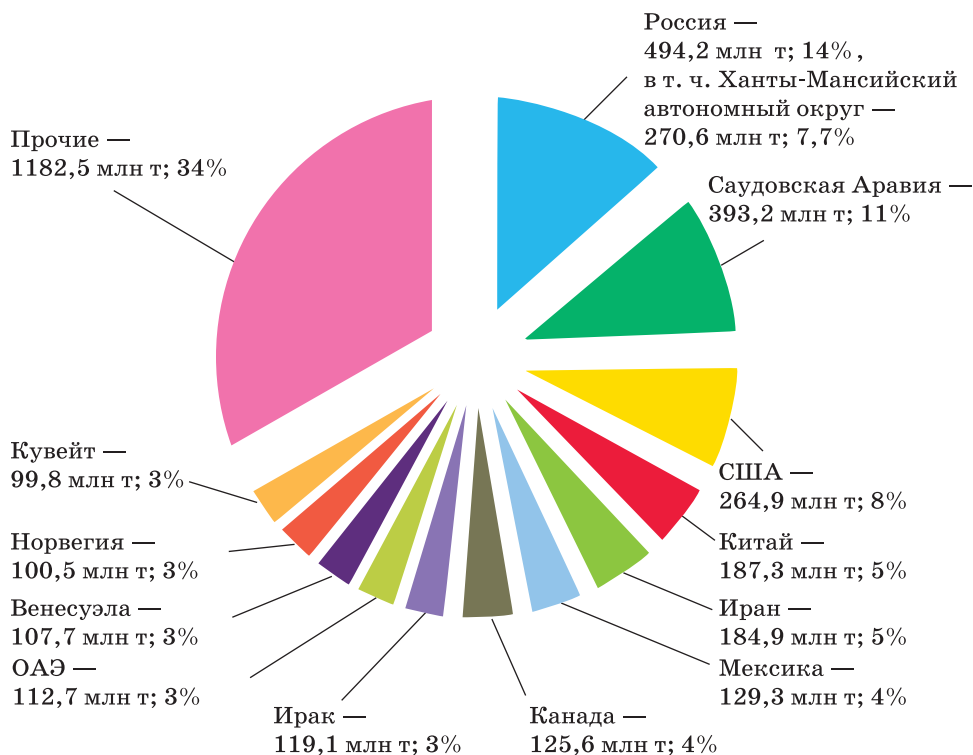


Рис. 22. Добыча нефти в мире в 2009 г.

извлекать только первые 28—30% нефти одного месторождения, однако эту величину нужно доводить по крайней мере до 50%.

Как ни странно, экономически более выгодно экспортировать нефть за рубеж танкерами, а не по трубопроводам. В этом случае возможно продавать сырьё по ценам, устанавливаемым на рынке на конкретный день или даже время суток.



В следующем параграфе вы познакомитесь с особым типом веществ — высокомолекулярными соединениями, или полимерами.

☉ Теперь вы знаете

- ▶ что представляет собой нефть
- ▶ состав нефти
- ▶ каковы мировые запасы нефти и её добыча в России и других странах

☉ Теперь вы можете

- ▶ охарактеризовать основные свойства и состав нефти
- ▶ объяснить, что такое ректификация и крекинг
- ▶ перечислить фракции, получаемые при перегонке нефти
- ▶ рассказать о мировых запасах и добыче нефти в России и других странах

☉ Выполните задания

1. Расскажите о разных точках зрения на происхождение нефти.
2. Объясните, на каких свойствах нефти основана её перегонка и как используют нефтепродукты.
3. Приведите примеры известных вам международных вооружённых конфликтов, которые связаны с контролем над источниками нефти.
4. Дайте сравнительную характеристику процессов ректификации и крекинга.
5. Оцените, какое экономическое значение имеет добыча нефти для бюджета России, какова её доля в мировой добыче. Ответ проиллюстрируйте цифрами.

☉ Темы для рефератов

1. Роль нефти в развитии человеческой цивилизации (от Древнего мира до наших дней). 2. Значение России в мировой системе добычи и транспортировки нефти. 3. И. М. Губкин — основатель советской нефтяной геологии. 4. Нефтяной кризис 1973 г. — крупнейший энергетический кризис, его причины и последствия.

§ 6. Полимеры

1. Перечислите предметы из различных полимерных материалов, окружающие вас в квартире, в школе, на транспорте.
2. Расскажите, что вам известно об истории шёлка и Великом шёлковом пути.
3. Докажите, что XXI век — это век полимеров.

СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРОВ. В сознании любого человека понятие «**полимеры**» ассоциируется с чем-то необыкновенно большим, крупным. В действительности это так и есть.

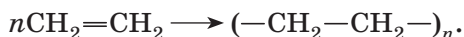
Полимерами называют вещества, молекулы которых состоят из множества повторяющихся структурных звеньев, соединённых между собой химическими связями.

Эти повторяющиеся структурные фрагменты в макромолекуле полимера называют **элементарным звеном** и в химической формуле записывают в круглых скобках. Число элементарных звеньев называют **степенью полимеризации**. Поскольку степень полимеризации для каждой конкретной молекулы полимера может варьировать в значительных пределах, её обозначают не числом, а подстрочным индексом n в формуле вещества. Например, химическую формулу одного из самых распространённых полимеров — **полиэтилена** записывают так: $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$, где $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)$ — элементарное звено, n — степень полимеризации.

Вещество, из которого образуется полимер, называется **мономером**. По природе элементарного звена различают **неорганические** и **органические полимеры**.

Преобразование мономера в полимер может осуществляться в ходе **реакции полимеризации** (в этом случае помимо полимера в результате реакции не образуется никаких других веществ) или **реакции поликонденсации** (в таких реакциях кроме полимера образуются также низкомолекулярные побочные продукты, например, вода).

Приведём пример реакции полимеризации для получения полиэтилена:



Примером реакции поликонденсации служит превращение углеводов — глюкозы в крахмал:



По происхождению различают природные полимеры, или **биополимеры** (они создаются самой природой, без участия человека), **искусственные** (это химически модифицированные природные полимеры) и **синтетические** полимеры (те, которые получают химическим путём).

Буквально на каждом шагу в повседневной жизни мы сталкиваемся с веществами полимерного строения. Это строительные, отделочные, упаковочные, изоляционные материалы; детали машин и механизмов; одежда, ткани и обувь; декоративные, антикоррозионные и специальные покрытия; резинотехнические изделия, эластомеры и многое другое. При этом сама жизнь немыслима без природных высокомолекулярных веществ — биополимеров, к числу которых относятся белки, нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК), полисахариды (крахмал, целлюлоза, гликоген, хитин и др.).

Кратко охарактеризуем наиболее важные группы известных вам из повседневной жизни полимеров — пластмассы и волокна.

ПЛАСТМАССЫ. К первой группе полимерных материалов относятся пластмассы.

Пластмассы — это полимерные материалы, способные при нагревании приобретать заданную форму и сохранять её после охлаждения.

Как правило, пластмасса представляет собой смесь нескольких веществ, а полимер — это лишь одно из них, но самое важное. Именно он связывает все компоненты пластмассы в единое, более или менее однородное целое. Поэтому полимер в составе пластмассы называют *связующим*.

Понятно, что превращать в готовые изделия удобно те пластмассы, которые обратимо твердеют и размягчаются. Такие пластмассы называют **термопластами** или **термопластичными полимерами**. К ним относятся полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид, полиамиды. Если же в процессе формования изделия происходит сшивка макромолекул и полимер, твердея, приобретает пространственную структуру, то подобные пластмассы называют **реактопластами** или **термореактивными полимерами**, — это фенолоформальдегидные, карбамидные и полиэфирные смолы. Обратно в вязкотекучее состояние такой полимер вернуть нельзя.

Кроме связующего полимера в состав пластмасс часто вводят разные добавки — наполнители, красители, а также вещества, повышающие механические свойства, термостойкость и устойчивость к старению. Наполнители не только значительно удешевляют пластмассы, но

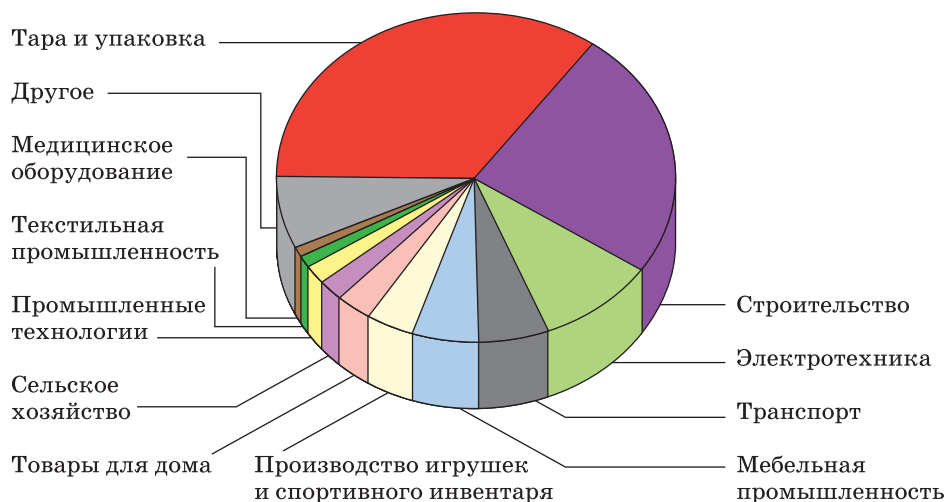


Рис. 23. Примерное соотношение объёмов применения пластмасс в различных областях народного хозяйства

и придают им многие специфические свойства. Так, пластмассы с наполнителем в виде алмазной и карборундовой пыли — это абразивы, т. е. шлифовальный материал. Широкому применению пластмасс способствует их низкая стоимость, лёгкость переработки. По свойствам пластмассы часто не уступают металлам и сплавам, а иногда даже превосходят их.

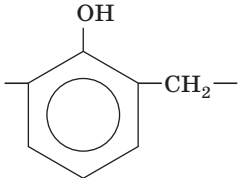
Основные потребители пластмасс — это строительная индустрия, машиностроение, электротехника, транспорт, производство упаковочных материалов, товаров народного потребления (рис. 23). Именно поэтому многими исследователями XX век был назван «пластмассовым» веком.

Понятие «полимеры» часто воспринимается как категория химическая, как нечто придуманное и синтезированное химиками-изобретателями. Однако многие полимеры встречаются в природе, и не в форме брошенных человеком и загрязняющих её отработанных изделий, а в виде натуральных веществ, синтезированных растительными и животными организмами. Так, растущее в Малой Азии дерево ликвидамбар выделяет пахучую смолу, называемую стираксом, которую ещё 3000 лет назад древние египтяне использовали при бальзамировании умерших. Стиракс, так же как и «драконова кровь», выделяемая малайской пальмой ротангом, представляет собой не что иное, как полистирол. Жужелица чёрная (*Abax ater*) в случае опасности выстреливает жидкостью, состоящей в основном из мономерного метилметакрилата, который, полимеризуясь на теле врага, делает его неподвижным.

Некоторые пластмассы и области их применения приведены в таблице 5.

Таблица 5
ПЛАСТМАССЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Полимер	Структурное звено	Применение
ТЕРМОПЛАСТЫ		
Полиэтилен	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Упаковочные плёнки, бутылки, оболочки кабелей
Полипропилен	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$	Детали автомобилей, трубы
Полистирол	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$	Мензурки, корпуса телевизоров, игрушки
Поливинилхлорид	$-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$	Трубы, искусственная кожа, хозяйственные сумки
Полиметилметакрилат	$-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\text{C}(\text{CH}_3)}-$	Органическое стекло для светильников, пуленепробиваемых окон, шприцев
Политетрафторэтилен	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$	Тефлоновое покрытие посуды, электроизоляция
Полиэтилентерефталат	$-\text{O}-(\text{CH}_2)_2-\text{O}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$	Волокна, бутылки
Полиамид	$-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-$	Волокна
РЕАКТОПЛАСТЫ		
Полиуретан	$-\text{R}-\text{NH}-\text{COO}-\text{R}-\text{OOC}-\text{NH}-$	Детали автомобилей, подошва для обуви, эластомеры, волокна, пенопласты
Силиконы	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \text{R} \\ \qquad \\ -\text{O}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}- \\ \qquad \\ \text{R} \qquad \text{O} \end{array}$	Эластомеры, имплантаты, водоотталкивающие покрытия
Ненасыщенные полиэферы	$-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCOSH}=\text{CHCO}-$	Цистерны, корпуса лодок

Полимер	Структурное звено	Применение
Фенолоформальдегидные смолы		Электроизоляторы, рукоятки ножей

ВОЛОКНА. Ко второй группе полимерных материалов относятся **волокна**.

Волокна — это полимеры линейного строения, которые пригодны для изготовления текстильных материалов (нитей, жгутов, тканей).

Как и все полимеры, волокна бывают *природные* (натуральные) и *химические*.

Природные волокна по происхождению бывают растительные, животные и минеральные.

Волокна *растительного происхождения* (рис. 24) делят на волокна, формирующиеся на поверхности семян (хлопок); волокна стеблей растений — лубяные волокна (лён, джут, пенька); волокна оболочек плодов (копра орехов кокосовой пальмы).

Наиболее важное волокно растительного происхождения — хлопковое. Оно обладает хорошими механическими свойствами, износостойкостью, термостабильностью, умеренной гигроскопичностью, применяется в производстве различных тканей и трикотажа, ниток, ваты. Лён используется для изготовления бельевых, платьевых и де-



Рис. 24. Волокна растительного происхождения: *а* — хлопок; *б* — лён; *в* — копра орехов кокосовой пальмы



Рис. 25. Волокна животного происхождения: *а* — шёлк; *б* — шерсть

коративных тканей, лубяные волокна — в производстве тканей, из которых делают тару (мешки), канаты, верёвки.

К волокнам *животного происхождения* (рис. 25) относят шерсть и шёлк. При горении таких волокон можно почувствовать запах жжёного рога.

Натуральная шерсть характеризуется невысокой прочностью, большой эластичностью. Она идёт на изготовление тканей бытового и технического назначения, трикотажа, валяльно-войлочных изделий.

Натуральный шёлк вырабатывают многочисленные гусеницы и пауки. Самое известное насекомое, играющее важную экономическую роль в производстве шёлка, — это гусеница тутового шелкопряда.

Китайцам шёлк был известен более чем за 2500 лет до н. э. Секрет его изготовления охранялся государством, пока в 550 г., по легенде, два персидских монаха не вывезли контрабандой из Китая яйца шелковичных червей для разведения, спрятав их в полые бамбуковые тросты. Они привезли их в Константинополь византийскому императору Юстиниану I.

Натуральный шёлк — это очень дорогое волокно. Например, в Японии шёлковое кимоно стоит около 30 000 долларов.

Раньше шёлк окрашивали натуральными красителями, например кошенилью, в различные цвета — пурпурные, алые, лиловые и т. д. Такой шёлк использовали для одежды царствующих особ, священнослужителей (рис. 26) и т. п.

Единицей измерения шёлка является *мумми* — это единица массы (3,75 г), соотнесённая с квадратным метром ткани фабричного произ-



Рис. 26. А. Ван Дейк. Портрет кардинала Гвидо Бентивольо. 1623

водства. Квадратный метр большинства сортов шёлка весит 16—22 мумми, однако некоторые китайские сорта весят только 4—8 мумми.

К природным волокнам *минерального происхождения* относятся асбесты, из которых получают технические волокна. После переработки этих волокон в пряжу из неё делают огнезащитные и химически стойкие ткани, фильтры, трубы, шифер и т. п. Ещё асбестовое волокно используют в производстве композитов и картонов. Интересно, что в России асбест был известен давно под названием «горный лён». Из него на фабриках хозяина «Каменного пояса» (так нередко называли Уральские горы) промышленника Демидова делали несгораемое бельё, которое тот в качестве эк-

зотических презентов дарил знатым людям, в том числе и императрице Екатерине Великой.

Химические волокна получают из растворов или расплавов волокнообразующих полимеров. Их делят на *искусственные* (вискозное, ацетатное и др.) и *синтетические* (капрон, лавсан, энант, нейлон). Искусственные волокна производят из природных полимеров или продуктов их переработки, главным образом из целлюлозы и её эфиров, а синтетические — из синтетических полимеров.

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ. Рассмотрим ещё одну группу полимеров, которую обычно редко связывают с этим понятием. Это *неорганические* полимеры — вещества с атомной кристаллической решёткой.

Неорганический полимер — серу пластическую — нетрудно получить из кристаллической серы, выливая её расплав в холодную воду. В результате получается резиноподобное вещество, строение которого можно отобразить так:

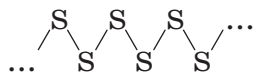




Рис. 27. Солнечная батарея, изготовленная с применением кристаллического кремния

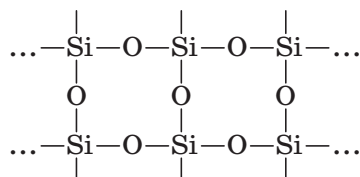


Рис. 28. Агат

Элементарным звеном в этом полимере являются атомы серы.

Другие неорганические полимеры, имеющие атомную структуру, — это все аллотропные видоизменения углерода (в том числе алмаз и графит), селен и теллур цепочечного строения, красный фосфор, кристаллический кремний. Последний обладает полупроводниковыми свойствами и используется для изготовления солнечных батарей (рис. 27).

Мы привели примеры простых веществ, имеющих полимерную атомную структуру. Ещё более разнообразна группа неорганических полимеров — сложных веществ. Это, например, оксид кремния (IV):



Разновидностями этого полимера, который образует основную массу литосферы, являются кварц, кремнезём, горный хрусталь, агат (рис. 28).

Не менее распространён и такой важный для литосферы полимер, как оксид алюминия. Чаще всего оба эти полимера образуют минералы, имеющие общее название *алюмосиликаты*. К ним относятся, например, белая глина (каолин), полевые шпаты, слюда.

Почти все минералы и горные породы представляют собой природные полимеры.



Несмотря на большое разнообразие известных соединений, существующих в природе и полученных искусственно, человеку чаще всего приходится иметь дело не с чистыми веществами, а с их смесями. Именно смесям, их составу, классификации будет посвящён следующий параграф.

☉ Теперь вы знаете

- ▶ какова структура и классификация полимеров
- ▶ что такое пластмассы
- ▶ что такое волокна
- ▶ что представляют собой неорганические полимеры

☉ Теперь вы можете

- ▶ объяснить, чем отличаются реакции полимеризации и поликонденсации, и проиллюстрировать эти реакции примерами
- ▶ назвать добавки, которые часто вводят в состав пластмасс, что придаёт пластмассам многие полезные свойства
- ▶ перечислить известные вам природные неорганические полимеры и их разновидности, которые образуют основную массу литосферы Земли
- ▶ сформулировать, что такое полимер, мономер, пластмасса, волокна

☉ Выполните задания

1. Перечислите биополимеры, которые вы знаете, охарактеризуйте их биологическую роль.
2. Дайте определение понятия «пластмассы». Приведите их классификацию, назовите представителей пластмасс, области их применения.
3. Дайте определение понятия «волокна». Приведите классификацию волокон, подкрепите свой ответ примерами волокон разных групп и назовите области их применения.
4. Объясните, что объединяет неорганические полимеры. Какую роль они играют в природе и технике?

☉ Темы для рефератов

1. Синтетические материалы и их роль в современной технике.
2. Полимеры — природные минералы.
3. Полупроводники, их классификация и использование в электронной технике.
4. История шёлка, шёлковое искусство.
5. Русский лён: от Древней Руси до наших дней.

§ 7. Смеси и их состав

1. Объясните, что такое смесь. Приведите примеры газообразных, жидких и твёрдых смесей.
2. Поясните, каким образом выражают количественное содержание компонентов в смесях.
3. Дайте определение растворов как гомогенных смесей.
4. Приведите примеры растворимых и нерастворимых в воде газов, жидкостей и твёрдых веществ.

ПОНЯТИЕ О ГОМОГЕННЫХ И ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЯХ. Подобно тому, как из 33 букв русского алфавита построены десятки тысяч слов, атомы немногим более 100 химических элементов образуют миллионы разнообразных веществ. Подобно тому, как люди слагают слова в осмысленную речь, писатели и поэты создают из одних и тех же слов бесчисленное количество великих произведений, матушка-природа и талант учёных-химиков смешивают вещества, рождая неповторимую палитру красок материального мира.

В большинстве своём физические тела состоят из материалов, представляющих собой не индивидуальные, т. е. чистые вещества, а их смеси. Воздух и воды Мирового океана, строительные материалы и полимеры, металлические сплавы, минералы, горные и осадочные породы — всё это смеси веществ. Любой объект живой природы — это не просто смеси, а сложнейшее сочетание огромного количества неорганических и органических веществ, образующих клетки, ткани и органы.

Индивидуальные вещества, входящие в состав смесей, называют **компонентами**.

Смеси различаются величиной входящих в их состав частиц веществ. Иногда эти частицы настолько велики, что их можно видеть невооружённым глазом. Так, если смешать сахарный песок с солью, вы без труда отличите отдельные кристаллики друг от друга. К подобным смесям можно отнести и стиральный порошок, кулинарные смеси для выпечки блинов или тортов, строительные сухие смеси, которые смешивают с водой. Смеси, в которых частички составляющих их веществ видны невооружённым глазом или с помощью оптических приборов, называются **неоднородными** или **гетерогенными**.

Есть смеси, при образовании которых вещества дробятся на мельчайшие частицы (молекулы, ионы), неразличимые даже в микроскоп. Как бы вы ни всматривались в воздух, различить составляющие его газы вам не удастся. Например, бесполезно искать «неоднородность»

в растворах уксусной кислоты или солёной воде. Такие смеси называются **однородными** или **гомогенными**.

КЛАССИФИКАЦИЯ СМЕСЕЙ ПО АГРЕГАТНОМУ СОСТОЯНИЮ. Гомогенные смеси, равно как и химические вещества, по агрегатному состоянию можно разделить на *газообразные, жидкие и твёрдые*.

Наиболее известными вам природными смесями газов являются воздух, а также природный и попутный нефтяной газы.

Безусловно, самая распространённая на Земле **жидкая смесь** — это вода морей и океанов. В 1 л морской воды в среднем содержится 35 г солей, основная часть которых приходится на хлорид натрия. В отличие от чистой воды морская имеет горько-солёный вкус, замерзает не при 0 °С, а при –1,9 °С.

С жидкими смесями в повседневной жизни мы сталкиваемся постоянно. Шампуни и напитки, микстуры и препараты бытовой химии — всё это смеси веществ. Даже воду из-под крана нельзя считать чистым веществом: в ней содержатся растворённые газы атмосферы, соли, мельчайшие нерастворимые примеси и микроорганизмы, от которых избавляются хлорированием или озонированием. Однако даже обеззараженную воду рекомендуется кипятить. Специальные бытовые фильтры помогут сделать воду пригодной для питья и очистить её не только от твёрдых частиц, но и от некоторых растворённых примесей.

Широко распространены и **твёрдые смеси**. Горные породы, почва, глина, песок представляют собой смеси. К твёрдым искусственным смесям можно отнести стекло, керамику, сплавы.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ВЫРАЖЕНИЕ СОСТАВА СМЕСЕЙ. Как вам известно, состав воздуха, который мы вдыхаем, отличается от того, который мы выдыхаем. В выдыхаемом воздухе становится меньше кислорода, зато больше углекислого газа и водяного пара. Но «больше—меньше» — понятия относительные. Состав смесей можно выразить количественно, т. е. в цифрах.

Состав газовой смеси выражают **объёмной долей** каждого из её компонентов.

Объёмной долей газа в смеси называется отношение объёма данного газа к общему объёму смеси, выраженное в долях единицы или процентах:

$$\varphi(\text{газа}) = \frac{V(\text{газа})}{V(\text{смеси})} \cdot 100\%.$$

Объёмную долю газа в смеси обозначают буквой φ . Эта величина показывает, какую часть общего объёма смеси занимает конкретный

газ. Например, вы знаете, что объёмная доля кислорода в воздухе составляет 21%, азота — 78%. Оставшийся 1% приходится на благородные газы, углекислый газ и другие компоненты воздуха.

Очевидно, что сумма объёмных долей всех газов в смеси равна 100%.

Состав жидких и твёрдых смесей принято выражать величиной, которая называется **массовой долей компонента**.

Массовой долей компонента в смеси называется отношение массы данного вещества к общей массе смеси, выраженное в долях единицы или процентах:

$$w(\text{вещества}) = \frac{m(\text{вещества})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%.$$

Практически любая таблетка в домашней аптечке — это спрессованная смесь одного или нескольких лекарственных веществ и наполнителя, в качестве которого может выступать гипс, крахмал, глюкоза. В состав резины для изготовления автомобильной покрышки входит 24 компонента. Строительные и кулинарные смеси, парфюмерные композиции и краски, удобрения и пластмассы имеют состав, который может быть выражен в массовых долях образующих их компонентов.

Вещества с примесями — это тоже смеси. Только в таких смесях принято выделять **главное (основное) вещество** и посторонние компоненты, которые называют одним словом — **примеси**. Чем меньше примесей, тем чище вещество.

Иногда вещество, содержащее примеси, называют **техническим образцом**.

Степень чистоты вещества выражают массовой долей основного компонента или массовой долей примесей.

Массовой долей примесей называется отношение массы примесей к массе образца, выраженное в процентах:

$$w(\text{примесей}) = \frac{m(\text{примесей})}{m(\text{образца})} \cdot 100\%.$$

Аналогично рассчитывается массовая доля основного вещества в образце:

$$w(\text{осн. в-ва}) = \frac{m(\text{осн. в-ва})}{m(\text{образца})} \cdot 100\%.$$

В некоторых областях (например, электронике, фармакологии, электронике) использование недостаточно чистых веществ недопустимо. Микросхему компьютера не сделать без особо чистого кристалла кремния. В атомной энергетике предъявляются повышенные требования к очистке ядерного топлива. Световой сигнал «погаснет» в стекловолоконном кабеле, «наткнувшись» на посторонние примеси.

РАСТВОРЫ. Среди разнообразных смесей важнейшее значение имеют растворы.

Растворами называются гомогенные смеси, состоящие из двух или более компонентов.

То вещество, которое находится в растворе в большем количестве, называют *растворителем*, остальные компоненты — *растворёнными веществами*. Но если одним из компонентов раствора является вода, её и называют растворителем, несмотря на соотношение веществ в растворе. Именно водные растворы играют наиболее важную роль в природе, технике, производстве, в повседневной жизни.

Способность вещества растворяться в каком-либо растворителе характеризуется **растворимостью** — массой соединения, которая при данной температуре может раствориться в 100 г растворителя. По растворимости в воде вещества условно делятся на 3 группы: растворимые (более 1 г в 100 г воды), малорастворимые (от 0,1 до 1 г в 100 г воды) и нерастворимые (менее 0,1 г в 100 г воды). Узнать растворимость в воде наиболее распространённых неорганических соединений можно с помощью хорошо знакомой вам таблицы (рис. 29).

Раствор, в котором вещество при данной температуре больше не растворяется, называют **насыщенным**.

Растворимость в воде газообразных веществ существенно различается. Например, кислород, водород, азот, углекислый газ растворяются плохо. Тем не менее, именно растворённым в воде кислородом дышат все водные обитатели. Газообразный хлороводород хорошо растворим в воде, такой раствор, как вы знаете, называют соляной кислотой. Примером хорошо растворимого в воде газа может служить аммиак (его раствор называют водным аммиаком или *нашатырным спиртом*).

Среди жидкостей также имеются такие, что в воде практически не растворяются: бензин, растительное масло, ртуть. А вот серная кислота, уксусная кислота, ацетон — примеры жидкостей, которые в воде растворяются неограниченно.

Растворимость кислот, оснований и солей в воде (при комнатной температуре)

АНИОНЫ	КАТИОНЫ																							
	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ni ²⁺	Co ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺		
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	H	H	—	—	H	H	H		
F ⁻	P	P	P	P	P	M	H	H	M	P	H	H	H	P	P	M	P	P	M	H	P	P		
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P		
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P		
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	P	P	H	H	H	M	P		
S ²⁻	P	P	P	P	P	P	M	—	P	—	—	H	—	H	H	H	H	H	H	H	H	H		
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	M	M	M	H	?	—	M	?	H	H	?	M	H	H	H	?	?		
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	P	P	M	—	H	P	P		
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P		
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	M	?	?	M	?	?	?	?		
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	—	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H		
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	H	H	H	?	H	?	H		
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	—	P	P	—	P	P	P	P	P	P	P	—	P		
SiO ₃ ²⁻	H	P	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	?	?	H	H	?	?	H	?	?		

P — растворяется (>1 г на 100 г H₂O)

M — мало растворяется (от 0,1 до 1 г на 100 г H₂O)

H — не растворяется (<0,1 г на 100 г H₂O)

— — в водной среде разлагается

? — нет достоверных сведений о существовании соединения

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Co, Sn, Pb, H₂, Cu, Hg, Ag, Au

← усиление восстановительных свойств, активности

РЯД ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ НЕМЕТАЛЛОВ

H, Si, As, P, Se, C, S, I, Br, Cl, N, O, F

← усиление электроотрицательности

Рис. 29. Таблица растворимости в воде важнейших кислот, оснований и солей

И среди твёрдых веществ есть практически нерастворимые: это карбонат кальция, оксид кремния(IV), сульфат бария. Напротив, сахар, хлорид натрия, нитрат серебра в воде растворяются хорошо.

На этикетках самых разнообразных растворов, используемых в быту, можно прочесть указание на содержание в них растворённого вещества, например, уксусная кислота 70%, настойка иода 5%, нашатырный спирт 25%. Это один из самых распространённых способов выражения концентрации растворов, который называется **массовой долей растворённого вещества**.

Массовой долей вещества в растворе называют отношение массы растворённого вещества к массе раствора:

$$w \text{ вещества} = \frac{m \text{ (вещества)}}{m \text{ (раствора)}} \cdot 100\%.$$

Как видите, это понятие аналогично массовой доле вещества в любой смеси, как однородной, так и неоднородной.



В истинных растворах растворённое вещество «раздроблено» до мельчайших частиц — молекул или ионов. Их размер, как правило, не превышает 1 нм. Если же одно вещество в смеси находится в виде более крупных частиц — это уже не истинный раствор. Что собой представляют подобные системы, вы узнаете из следующего параграфа.

Теперь вы знаете

- ▶ какие смеси называют гомогенными, а какие — гетерогенными
- ▶ как выражают количественный состав смесей
- ▶ что такое примеси и как рассчитывают их массовую долю в образце
- ▶ что такое растворы, какова количественная характеристика способности вещества растворяться в данном растворителе

Теперь вы можете

- ▶ отличать гетерогенные смеси от гомогенных
- ▶ рассчитывать объёмные и массовые доли компонентов в смеси
- ▶ с помощью таблицы растворимости определять способность важнейших неорганических соединений растворяться в воде
- ▶ приготавливать растворы с заданной массовой долей растворённого вещества

Выполните задания

1. Объясните, корректно ли использовать словосочетание «молекулы воздуха». Сделайте предположение об относительном содержании отдельных компонентов в воздухе после грозы, в глубоких ущельях и на горных вершинах, в лесопарковой зоне и вблизи крупных промышленных предприятий.
2. В природном газе некоего месторождения объёмные доли компонентов равны: метан — 85%, этан — 10%, пропан — 4%, бутан — 1%. Вычислите, какой объём каждого из газов может быть получен из 125 л природного газа.
3. В состав сухой цементной смеси для штукатурных работ входят 25% цемента и 75% песка. Вычислите, сколько килограммов каждого компонента нужно взять для приготовления 150 кг штукатурной смеси.
4. С помощью таблицы (рис. 29) определите растворимость в воде следующих соединений: карбонат магния, гидроксид кальция, кремниевая кислота, сульфат цинка, нитрат меди, бромид серебра, гидроксид железа(III), фосфорная кислота.

5. Какую массу сахара и какой объём воды необходимо взять для приготовления 2 кг сахарного сиропа с массовой долей сахара 25%?
6. В 150 г воды растворили 10 г поваренной соли. Какова массовая доля соли в полученном растворе?
7. В 5,2 г образца природного мела содержится 5,0 г карбоната кальция. Рассчитайте массовую долю примесей в образце.

© Темы для рефератов

1. Фракционная перегонка жидкого воздуха.
2. Объединённые Арабские Эмираты — жизнь на опреснённой воде.
3. Состав художественных красок.
4. Физиологический раствор и его использование в медицине.

§ 8. Дисперсные системы

1. Назовите черты сходства таких явлений, как смог, туман, пылевая буря.
2. Сделайте предположение, почему раствор сахара в воде прозрачен, а молоко — нет.
3. Поясните этимологию слова «аэрозоль». Приведите примеры аэрозолей.

ПОНЯТИЕ О ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ. Материал предыдущего параграфа мы завершили рассмотрением растворов — гомогенных систем, в которых растворённое вещество распадается до мельчайших частиц — молекул или ионов. Напротив, в некоторых гетерогенных смесях частицы настолько велики, что видны невооружённым глазом (в этом легко убедиться, смешав сахарный песок с поваренной солью). Существуют смеси, занимающие промежуточное положение. Они гетерогенны, поскольку размеры частиц по крайней мере одного вещества существенно больше молекул (до 100 нм), но вещества в них не просто механически перемешаны, а одно равномерно распределено в другом. Такие смеси называют особым термином — **дисперсные системы**.

Дисперсными системами называют гетерогенные смеси, в которых один компонент в виде очень мелких частиц равномерно распределён в объёме другого.

Тот компонент, который в дисперсной системе распределён в объёме другого, называют **дисперсной фазой**. Вещество, в объёме которого распределена дисперсная фаза, называют **дисперсионной средой**. Как дисперсная фаза, так и дисперсионная среда могут представлять собой одно или несколько веществ. Между дисперсионной средой и частицами дисперсной фазы обязательно существует поверхность раздела, именно поэтому дисперсные системы и являются гетерогенными, т. е. неоднородными.

И дисперсионную среду, и дисперсную фазу могут составлять вещества, находящиеся в различных агрегатных состояниях. В зависимости от сочетания дисперсионной среды и дисперсной фазы можно выделить восемь видов таких систем (табл. 6).

По величине частиц вещества, составляющих дисперсную фазу, дисперсные системы делят на **грубодисперсные** (или **взвеси**) с размерами частиц более 100 нм и **тонкодисперсные** с размерами частиц от 100 до 1 нм.

ТАБЛИЦА 6

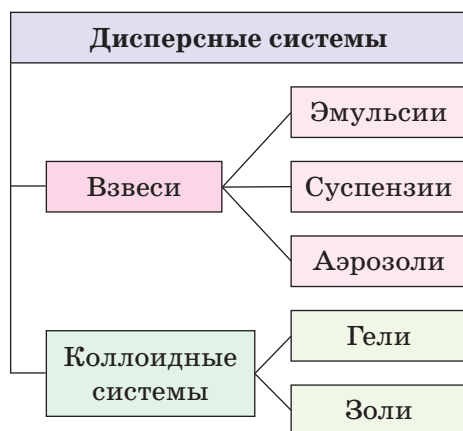
КЛАССИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ ПО АГРЕГАТНОМУ СОСТОЯНИЮ

Дисперсионная среда	Дисперсная фаза	Примеры некоторых природных и бытовых дисперсных систем
Газ	Жидкость	Туман; попутный газ с капельками нефти; карбюраторная смесь в двигателях автомобилей (капельки бензина в воздухе); аэрозоли
	Твёрдое вещество	Пыль в воздухе, дым, смог, самум (пыльные и песчаные бури); сухие аэрозоли
Жидкость	Газ	Шипучие напитки; пены
	Жидкость	Эмульсии, жидкие среды организма (плазма крови, лимфа, пищеварительные соки), жидкое содержимое клеток (цитоплазма, кариоплазма)
	Твёрдое вещество	Золи (коллоидные растворы); гели; пасты (кисели, студни, клеи); речной и морской ил, взвешенный в воде; строительные растворы
Твёрдое вещество	Газ	Снежный наст с пузырьками воздуха в нём; почва; текстильные ткани; кирпич и керамика; поролон; пористый шоколад; порошки
	Жидкость	Влажная почва; медицинские и косметические средства (мази, тушь, помада и т. д.)
	Твёрдое вещество	Горные породы, цветные стёкла; некоторые сплавы

Знакомство с дисперсными системами и растворами показывает, насколько они важны и в природе.

Судите сами: без нильского ила не было бы великой цивилизации Древнего Египта; без воды, воздуха, горных пород, минералов вообще бы не существовала живая планета — наш общий дом — Земля; без клеток не было бы живых организмов.

Классификация дисперсных систем и растворов в зависимости от размеров частиц показана на схеме.



ГРУБОДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ. Как можно судить по схеме, грубодисперсные системы (или взвеси) делятся на три группы: **эмульсии, суспензии и аэрозоли.**

Эмульсии — это дисперсные системы с жидкой дисперсионной средой и жидкой дисперсной фазой.

Примерами наиболее известных природных эмульсий являются молоко и нефть (рис. 30). Типичная биологическая эмульсия — это капельки жира в лимфе.

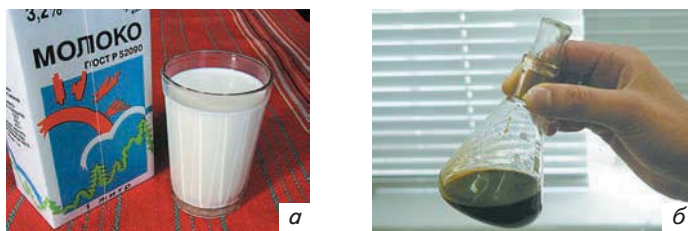


Рис. 30. Природные эмульсии: а — молоко; б — нефть

Лабораторный опыт

Налейте в тарелку цельное молоко. Капните на поверхность несколько разноцветных капель пищевых красителей. Ватную палочку смочите моющим средством и коснитесь ею центра тарелки. Молоко начинает двигаться, а цвета перемешиваться. Объясните почему.

Из широко распространённых в практической деятельности человека эмульсий можно назвать смазочно-охлаждающие жидкости, битумные материалы, пестицидные препараты, лекарственные и косметические средства, пищевые продукты. Например, в медицинской практике широко применяют жировые эмульсии для энергетического обеспечения голодающего или ослабленного организма путём внутривенного вливания.

В химической технологии широко используют *эмульсионную полимеризацию* как основной метод получения каучуков, полистирола, поливинилацетата и др.

Вторая разновидность грубодисперсных систем — суспензии.

Суспензии — это грубодисперсные системы с твёрдой дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой.

Обычно частицы дисперсной фазы в суспензии настолько велики, что оседают под действием силы тяжести. Этот процесс называется **седиментация**.

Наиболее распространённые строительные суспензии — это побелка, различные строительные смеси, например цементный «раствор», эмалевые краски (рис. 31, а). К суспензиям относятся также некоторые медицинские препараты (рис. 31, б).



Рис. 31. Использование суспензий: а — в строительстве; б — в медицине



Рис. 32. Пасты, используемые в быту

Особую группу составляют грубодисперсные системы, в которых концентрация дисперсной фазы относительно высока по сравнению с её небольшой концентрацией в суспензиях. Такие дисперсные системы называют **пастами**. Пасты хорошо вам известны из повседневной жизни: зубные, косметические, гигиенические и др. (рис. 32).

Аэрозоли — это грубодисперсные системы, в которых дисперсионной средой является воздух, а дисперсной фазой могут быть капельки жидкости или частицы твёрдого вещества.

В качестве примеров аэрозолей можно привести облака, спреи из баллончиков, пылевые вихри, смерчи (рис. 33).

КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ. Промежуточное положение между грубодисперсными системами и гомогенными смесями (истинными растворами) занимают **коллоидные системы**.

Коллоидные системы широко распространены в природе. Почва, глина, природные воды, многие минералы, в том числе и некоторые драгоценные камни (жемчуг, опал), — всё это коллоидные системы.

Большое значение имеют коллоидные системы для биологии и медицины. В состав любого живого организма входят твёрдые, жидкие и газообразные вещества, находящиеся в сложном взаимоотношении с окружающей средой. Цитоплазма клеток обладает свойствами, характерными как для жидких, так и для студнеобразных веществ. С химической точки зрения организм в целом — это сложнейшая совокупность многих коллоидных систем,



Рис. 33. Аэрозоли

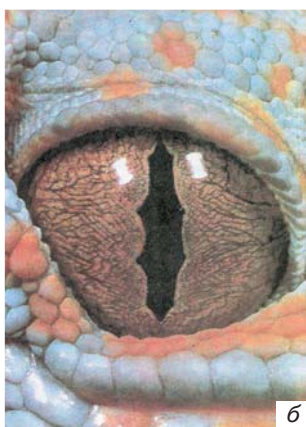


Рис. 34. Коллоидные системы в живых организмах: *а* — хрящи, сухожилия; *б* — стекловидное тело глаза

включающих в себя и жидкие коллоиды, и студни — *гели* (рис. 34).

Биологические жидкости (кровь, плазма, лимфа, спинномозговая жидкость) представляют собой коллоидные системы, в которых такие органические соединения, как белки, холестерин, гликоген и многие другие, находятся в коллоидном состоянии.

Почему же именно коллоидному состоянию природа отдаёт такое предпочтение? Эта особенность связана в первую очередь с тем, что вещество в коллоидном состоянии имеет бóльшую поверхность раздела между фазами, что способствует лучшему протеканию обмена веществ.

Лабораторный опыт

В пластиковый стакан насыпьте столовую ложку крахмала. Постепенно добавляйте тёплую воду и тщательно разотрите смесь ложкой. (Не лейте много воды — смесь должна быть густой.) Столовую ложку полученного коллоидного раствора налейте на ладонь и дотроньтесь до неё пальцем — смесь твердеет. Если вы уберёте палец, смесь снова станет жидкой.

Коллоидные системы делятся на **золи** (коллоидные растворы) и **гели** (студни).

Большинство биологических жидкостей клетки (уже упомянутые цитоплазма, ядерный сок — кариоплазма, содержимое вакуолей) и живого организма в целом (плазма крови, лимфа, тканевая жидкость, пищеварительные соки, гуморальные жидкости и т. д.) являются коллоидными растворами (золями).

Золи — это коллоидные системы, в которых частицы дисперсной фазы свободно и независимо друг от друга перемещаются в процессе броуновского движения.

Для зольей характерно явление **коагуляции**, т. е. слипания коллоидных частиц и выпадение их в осадок. При этом коллоидный раствор превращается в суспензию или гель. Некоторые органические коллоиды коагулируют при нагревании (яичный белок, клей) или при изменении кислотно-основной среды (пищеварительные соки) (рис. 35).

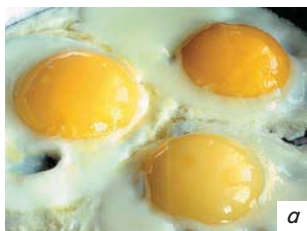


Рис. 35. Коагуляция белка: *а* — при нагревании; *б* — при изменении среды раствора

Гели — это коллоидные системы, в которых частицы дисперсной фазы образуют пространственную структуру.

В качестве примера можно упомянуть гели пищевые (зефир, желе, холодец, мармелад), косметические (гель для душа, после бритья), медицинские (мази), биологические (хрящи, стекловидное тело глаза), минеральные (жемчуг, сердолик, халцедон).

Со временем структура гелей нарушается — из них выделяется жидкость. Происходит **синерезис** — самопроизвольное уменьшение объёма геля, сопровождающееся отделением жидкости. Синерезис определяет сроки годности пищевых, медицинских и косметических гелей.

Для теплокровных животных очень важен биологический синерезис, который называется свёртыванием крови. Под действием специфических факторов растворимый белок крови фибриноген превращается в фибрин, сгусток которого и закупоривает ранку. Если этот процесс затруднён, то говорят о возможности заболевания человека гемофилией. Как вы знаете из курса биологии, носителями гена гемофилии являются женщины, а заболевают ею мужчины. Хорошо известен печальный пример из российской истории: наследник престола царевич Алексей, сын императора Николая II, страдал гемофилией, ген которой передался ему через мать, императрицу Александру Фёдоровну.

По внешнему виду истинные и коллоидные растворы трудно отличить друг от друга. Для этого используют *эффект Тиндаля*, когда при пропускании через коллоидный раствор луча света образуется конус «светящейся дорожки» (рис. 36). Более крупные, чем в истинном растворе, частицы дисперсной фазы золя отражают своей поверхностью свет, а частицы истинного раствора — нет. Аналогичный эффект, но только для аэрозольного, а не жидкого коллоида, вы можете наблюдать в кинотеатре при прохождении луча света от киноаппарата через запылённый воздух зрительного зала.

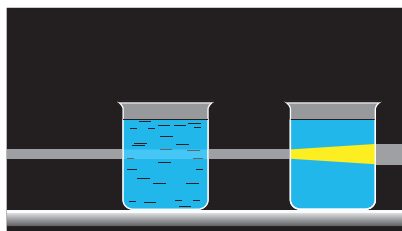


Рис. 36. Эффект Тиндаля



В следующем параграфе разговор пойдёт о химических реакциях как процессах образования одних веществ из других, отличающихся по свойствам, о классификации химических реакций.

🕒 Теперь вы знаете

- ▶ классификацию дисперсных и коллоидных систем
- ▶ чем отличаются эмульсии от суспензий, золи от гелей
- ▶ в чём проявляется эффект Тиндала

🕒 Теперь вы можете

- ▶ классифицировать дисперсные системы по агрегатному состоянию дисперсионной среды и дисперсной фазы
- ▶ охарактеризовать значение дисперсных систем в промышленности, технике, природе, повседневной жизни человека
- ▶ объяснить, что такое синерезис и коагуляция

🕒 Выполните задания

1. Дайте определения понятиям «дисперсная система», «дисперсионная среда», «дисперсная фаза». Проиллюстрируйте эти понятия примерами.
2. Докажите, что природный газ и истинные растворы не являются дисперсными системами.
3. Приведите классификацию гелей по назначению и объясните, чем определяется срок годности косметических, медицинских и пищевых гелей.
4. Объясните, что такое коагуляция, синерезис, эмульсионная полимеризация, седиментация.
5. В чём заключается эффект Тиндала? Какой вопрос можно решить с его помощью?
6. Назовите дисперсные системы, о которых идёт речь в этих строках М. Цветаевой:
Отнимите жемчуг — останутся слёзы,
Отнимите золото — останутся листья
Осеннего клёна, отнимите пурпур —
Останется кровь.

🕒 Темы для рефератов

1. Способы получения дисперсных систем.
2. Дисперсионные краски: получение, свойства, области применения.
3. Коллоидные системы в медицине.
4. Природные и искусственные аэрозоли.

§ 9. Химические реакции

1. Объясните, какие явления называются химическими и чем они отличаются от физических явлений.
2. Предложите признаки, по которым можно классифицировать химические реакции.
3. Как вы понимаете, что такое скорость химических реакций?
4. Вспомните, что такое катализаторы и ферменты, что общего и в чём различия этих понятий.

КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПО РАЗНЫМ ПРИЗНАКАМ.

Химия, как часть естествознания, изучает не только свойства веществ, но и превращения одних веществ в другие, стремится использовать такие процессы для получения соединений с новыми, полезными для человека свойствами.

Химические реакции (химические явления) — это процессы, в результате которых из одних веществ образуются другие, отличающиеся от исходных по составу или строению, а следовательно, и по свойствам.

В основу классификации химических реакций могут быть положены самые разные признаки: изменение числа и состава исходных веществ и продуктов реакции, выделение или поглощение теплоты, изменение степени окисления атомов, использование катализатора и др.

Имеется достаточно большая группа реакций, которые **не сопровождаются изменением состава веществ**.

Очень интересно, а в настоящее время и практически значимо, например, превращение одной аллотропной модификации углерода (графита) в другую (алмаз):



Как вы уже знаете, обе аллотропные модификации углерода — и алмаз, и графит — имеют атомную кристаллическую решётку, но разной геометрии: у алмаза она объёмная тетраэдрическая, а у графита — плоскостная.

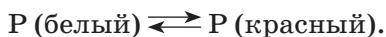
В 1954 г. учёные из лаборатории знаменитой американской фирмы «Дженерал электрик» получили чёрные кристаллики искусственных алмазов массой 0,05 г при экстремальных условиях — давлении в 100 000 атм и температуре +2600 °С. Такие алмазы стоили в сотни раз



Рис. 37. Дж. Райт. Алхимик, открывающий фосфор. 1771

дороже природных. Но уже в течение последующих десяти лет были разработаны технологии, позволяющие получить в одной камере за несколько минут 20 и более граммов алмазов. Искусственные алмазы сравнительно дешёвы, однако преимущественно используются в технических целях — в металлургии и машиностроении, радиоэлектронике и приборостроении, геологоразведке и горной промышленности.

В истории химии яркий след оставила аллотропия фосфора. Для его наиболее известных модификаций взаимопревращение можно отразить следующей схемой:



Белый фосфор был открыт раньше красного. В 1669 г. немецкий алхимик **Х. Брант** (ок. 1630 — ок. 1710), пытаясь прокаливанием сухого остатка мочи получить так называемый философский камень, обнаружил светящиеся белые кристаллики вещества, названного им фосфором (от *греч.* светоносный) (рис. 37). Спустя почти 200 лет австрийский химик **А. Шрёттер** (1802—1875) сумел превратить белый фосфор в красный нагреванием вещества в запаянной стеклянной ампуле.

Ещё один пример. Покорители Южного полюса из экспедиции Р. Скотта не учли, что белое олово при понижении температуры может превращаться в серое:



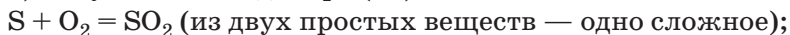
Белое олово — это мягкий пластичный металл, с которым мы чаще всего и сталкиваемся. Однако при понижении температуры оно может превращаться в серое олово — порошок со всеми свойствами неметаллов. Этот процесс катализируется самим серым оловом: достаточно появиться всего лишь одной его пылинке, как процесс уже невозможно остановить: изделие из белого блестящего металла рассыпается, превращаясь в серый невзрачный порошок. Учёные образно назвали это явление «оловянной чумой». Именно она и стала причиной гибели экспедиции Р. Скотта, пытавшегося в 1912 г. покорить Южный полюс. Дело в том, что железные канистры для хранения продуктов и керосина были запаяны оловом. На сильном морозе оловянный припой рассыпался, и экспедиция осталась без топлива.

Большинство химических реакций протекают с **изменением состава веществ**. По данному признаку в неорганической химии различают реакции соединения, разложения, замещения и обмена.

Реакции соединения — это такие реакции, в результате которых из двух и более веществ образуется одно сложное вещество — продукт реакции.

Многообразие реакций соединения можно продемонстрировать на примере трёх стадий получения серной кислоты из серы:

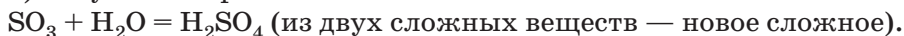
а) получение оксида серы(IV):



б) получение оксида серы(VI):



в) получение серной кислоты:



Мы выбрали этот пример не только потому, что он максимально иллюстрирует палитру реакций соединения, но и потому, что продукт этих реакций — серная кислота, по образному выражению Д. И. Менделеева, является «хлебом химической промышленности».

Реакции разложения — это такие реакции, в результате которых из одного сложного вещества образуется несколько новых веществ.

Многообразие таких реакций можно рассмотреть на примере лабораторных способов получения водорода:

а) разложение оксида ртути(II):

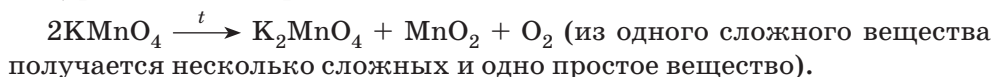


Именно этим способом *Дж. Пристли* (1733—1804) в 1774 г. впервые получил кислород;

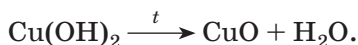
б) разложение пероксида водорода:



в) разложение перманганата калия:



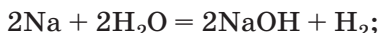
Продуктами реакций разложения могут быть только сложные вещества:



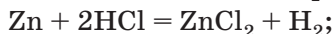
Реакции замещения — это такие реакции, в результате которых атомы простого вещества замещают атомы какого-нибудь элемента в сложном веществе.

Примером таких процессов могут служить реакции, характеризующие свойства металлов:

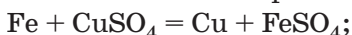
а) взаимодействие щелочных и щёлочноземельных металлов с водой:



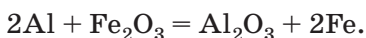
б) взаимодействие металлов с кислотами в растворе:



в) взаимодействие металлов с солями в растворе:



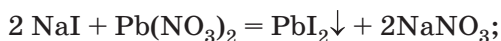
г) металлотермия — вытеснение более активными металлами менее активных из их оксидов:



Реакции обмена — это такие реакции, в результате которых два сложных вещества обмениваются своими составными частями.

Если реакции обмена протекают в растворе, то они возможны только в том случае, когда в результате образуется осадок, газ или малодиссоциирующее вещество (например, вода):

а) красивый золотисто-жёлтый осадок иодида свинца образуется в результате реакции обмена между растворами иодида натрия и нитрата свинца:



б) если к раствору соляной кислоты прилить раствор карбоната металла, то происходит бурное выделение углекислого газа:



Как правило, протекание химических реакций сопровождается **выделением** или **поглощением** теплоты — тепловым эффектом. По данному признаку химические явления классифицируют на реакции экзотермические и эндотермические.

Реакции, протекающие с выделением теплоты, называются **экзотермическими**.

Природные углеводороды представляют собой основной на сегодняшний день вид топлива, поскольку при их сжигании выделяется большое количество теплоты:

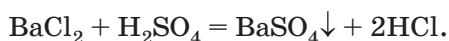


Реакции, протекающие с поглощением теплоты, называются **эндотермическими**.

За небольшим исключением почти все реакции разложения являются эндотермическими. Например, обжиг известняка — эндотермическая реакция:



СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ. Известно, что одни химические реакции протекают за малые доли секунды, другие же — за минуты, часы, дни. Например, практически мгновенно протекают реакции, которые сопровождаются взрывным эффектом: горение пороха, воспламенение горючей смеси в двигателе внутреннего сгорания автомобиля. При сливании растворов хлорида бария и серной кислоты мгновенно образуется белый осадок сульфата бария:



Наоборот, реакция ржавления железа (коррозия) идёт так медленно, что проследить за её результатами можно лишь по истечении длительного времени.

Одна и та же реакция может в одних условиях протекать быстро, а в других — медленно. Например, процесс окисления серебра или меди на воздухе тянется годами, а в присутствии озона проходит чрезвычайно быстро. Чтобы характеризовать быстроту течения химической реакции, пользуются понятием «**скорость химической реакции**».

Скорость химической реакции — это изменение концентрации одного из реагирующих веществ или одного из продуктов реакции в единицу времени.

Что войны, что чума? — конец им виден скорый,
Им приговор почти произнесён.
Но как нам быть с тем ужасом, который
Был бегом времени когда-то наречён?

А. Ахматова



Знание скорости химических реакций, умение управлять имеют очень большое практическое и научное значение. Например, в химической промышленности от скорости химической реакции зависят размеры и производительность аппаратуры, количество вырабатываемого продукта и в конечном итоге все экономические показатели.

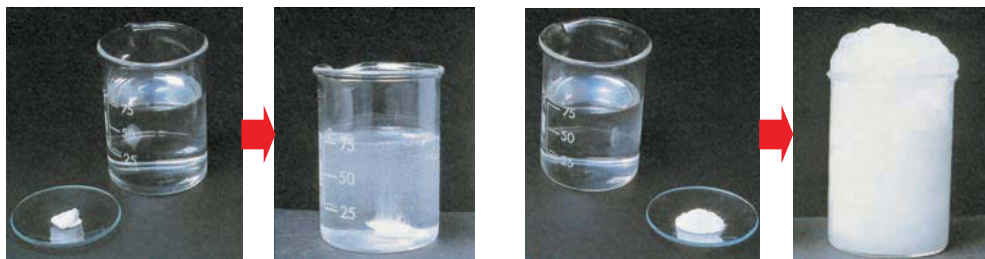


Рис. 38. Зависимость скорости химической реакции от площади соприкосновения реагирующих веществ

Раздел химии, изучающий скорость химических реакций, называется **химической кинетикой**. Зная её законы, человек получает возможность управлять скоростью химических процессов.

Скорость реакции зависит от множества факторов: природы реагирующих веществ и их концентрации, температуры, давления (для газообразных веществ) и др. Если реакция гетерогенная, то она может идти только на поверхности раздела реагирующих веществ. В этом случае скорость химической реакции будет определяться **площадью поверхности соприкосновения веществ**.

Зависимость скорости гетерогенной реакции от величины поверхности соприкосновения реагирующих веществ показана на рисунке 38. В химических стаканах налита соляная кислота равного объёма и одинаковой концентрации. На стёклах находится мрамор одинаковой массы: для первого опыта — кусочек, для второго — порошок.

Реакция во втором случае будет проходить очень бурно и гораздо быстрее, чем в первом случае, так как площадь поверхности частиц порошка значительно больше, чем площадь поверхности кусочка мрамора.

Скорость химических реакций зависит от **природы реагирующих веществ**. На рисунке 39 показано взаимодействие различных металлов с соляной кислотой. Кальций реагирует очень энергично, скорость реакции с магнием заметно меньше, ещё меньше скорость выделения пузырьков водорода в пробирке с



Рис. 39. Взаимодействие соляной кислоты с различными металлами

цинком, а медь с соляной кислотой не реагирует вовсе.

Следующим важнейшим фактором, влияющим на скорость химической реакции, является **концентрация реагирующих веществ**.

Продemonстрируем это на опыте. Налъём в три пробирки раствор тиосульфата натрия. В первую пробирку — 3 мл, во вторую — 2 мл, в третью — 1 мл. Затем добавим во все пробирки воды столько, чтобы уровень растворов тиосульфата в них стал одинаковым, — 5 мл, т. е. в первую дольём 2 мл воды, во вторую — 3 мл, а в третью — 4 мл.

Понятно, что концентрация раствора тиосульфата в первой пробирке будет наибольшей, а в третьей — наименьшей. Теперь быстро добавим в каждую пробирку (начиная с третьей) по 2 мл раствора серной кислоты и проследим, в какой из них раньше всего выпадет осадок серы. Быстрее всего он образуется там, где выше концентрация тиосульфата, т. е. в первой пробирке. Это и понятно: ведь для химического взаимодействия серной кислоты и тиосульфата необходимо, чтобы частички (ионы), из которых они состоят, столкнулись, чем больше число столкновений, тем быстрее протекает реакция. А число столкновений тем больше, чем больше концентрация реагирующих веществ, т. е. количества, или массы, этих веществ в единице объёма.

Ещё один важнейший фактор, от которого зависит скорость химической реакции, — **температура**. Эта зависимость определяется **правилом Вант-Гоффа**.



Якоб Хендрик
Вант-Гофф

При изменении (повышении или понижении) температуры на каждые 10 °С скорость реакции соответственно изменяется (увеличивается или уменьшается) в 2—4 раза.

Голландский химик **Я. Х. Вант-Гофф** (1852—1911), сформулировавший это правило, стал первым лауреатом Нобелевской премии по химии, получив её в 1901 г.

КАТАЛИЗАТОРЫ. Скорость химической реакции зависит также от присутствия **катализатора**.

Обратимся к опыту. Налъём в пробирку немного 3%-го раствора пероксида водорода H_2O_2 и подогреем его. Внесём в пробирку с пероксидом водорода тлеющую лучинку — она не вспыхнет, так как реакция разложения пероксида водорода протекает настолько медленно, что образующегося небольшого количества кислорода недостаточно для

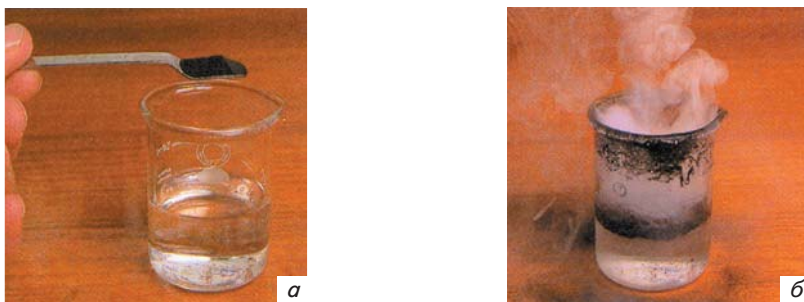


Рис. 40. Разложение пероксида водорода при внесении катализатора — оксида марганца(IV)

качественной реакции на кислород. Теперь насыплем в пробирку немного порошка оксида марганца(IV) MnO_2 (рис. 40, а), начнётся бурное выделение пузырьков газа (рис. 40, б). Если внести в пробирку тлеющую лучинку, она ярко вспыхнет.



Оксид марганца(IV) увеличивает скорость реакции разложения пероксида водорода в сотни тысяч раз. Сам же оксид марганца(IV) остаётся по окончании реакции в таком же количестве, в каком был взят в начале её.

Вещества, которые изменяют скорость химической реакции, оставаясь к концу её в первоначальном количестве, называются **катализаторами**.

Процесс изменения скорости химических реакций с помощью катализатора называется **катализом**, а реакции, идущие с участием катализатора, — **каталитическими**.

Катализаторы широко используются в химической промышленности, так как позволяют сократить время химических процессов, уменьшить стоимость химической аппаратуры, сделать производство экологически более чистым и экономически выгодным.

ФЕРМЕНТЫ. Человек наблюдал действие катализаторов брожения при образовании вина и уксуса из виноградного сока или дрожжей при выпечке хлеба ещё в древние времена.

Биологические катализаторы белковой природы называются **ферментами**.

Ферменты, как вы знаете, ускоряют жизненно важные химические реакции в клетках организмов. Действие некоторых из них вы можете наблюдать на опыте. Опустите поочерёдно в пробирку с небольшим количеством пероксида водорода по кусочку сырой моркови, картофеля или мяса. Вы заметите бурное выделение кислорода. Это работает фермент *каталаза*, который содержится почти во всех растительных и животных клетках.

Клетки живых организмов чётко соблюдают заданную им природой «инструкцию» по использованию ферментов. Под действием ферментов-катализаторов в клетках происходит распад молекул белков, жиров и углеводов, поступивших в организм с пищей, и синтез новых молекул, которые точно соответствуют потребностям данного организма. Не случайно великий русский физиолог **И. П. Павлов** (1849—1936) назвал ферменты «носителями жизни».



В следующем параграфе речь пойдёт об окислительно-восстановительных реакциях и реакциях, сопровождающих процесс электролиза.

Теперь вы знаете

- ▶ классификацию химических реакций по различным признакам
- ▶ что такое скорость химической реакции
- ▶ какие факторы влияют на скорость химической реакции
- ▶ какие вещества называют катализаторами и где их применяют

Теперь вы можете

- ▶ определить тип химической реакции по её уравнению
- ▶ доказать, что свойства разных аллотропных модификаций одного и того же химического элемента различны
- ▶ предложить способы увеличения скорости химической реакции
- ▶ объяснить, какие реакции называют каталитическими, а какие — ферментативными

Выполните задания

1. Вспомните и назовите признаки и условия протекания химических реакций, проиллюстрируйте ответ примерами.
2. Какое явление в химии называют аллотропией? Приведите примеры перехода вещества из одной аллотропной модификации в другую.
3. Сформулируйте, в чём сущность реакций соединения, разложения, замещения и обмена; реакций экзотермических и эндотермических. Приведите примеры.

4. Сравните понятия «скорость движения» и «скорость химической реакции», найдите черты сходства и различия.
5. Назовите ферменты, которые вы знаете из курса биологии основной школы. Какую функцию в организме выполняет каждый из них?
6. Дайте объяснение тому факту, что при обработке раны перекисью (пероксидом) водорода наблюдается бурное вспенивание препарата.

☉ Темы для рефератов

1. Аллотропные модификации серы, их получение и свойства. 2. Окислительно-восстановительные реакции и их классификация. 3. Ферменты и их значение для жизнедеятельности организмов. 4. Практическое использование ферментов в народном хозяйстве, в научных исследованиях и медицине.

§ 10. Окислительно-восстановительные реакции. Электролиз

Вспомните, что представляет собой электрический ток.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ. СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ. Вам уже известна классификация химических реакций по числу и составу реагентов и продуктов, по тепловому эффекту, направлению, участию катализатора. Не менее значима ещё одна классификация, основанная на изменении или сохранении степеней окисления атомов химических элементов, образующих реагенты и продукты реакции. По этому признаку, как вам известно из курса основной школы, различают реакции, *протекающие с изменением степени окисления элементов, образующих вещества, участвующие в реакции (или окислительно-восстановительные), и реакции, протекающие без изменения степеней окисления.*

Степенью окисления называется условный заряд атомов в химическом соединении, вычисленный исходя из предположения, что это соединение состоит только из простых ионов.

Для того чтобы рассчитать степень окисления, нужно воспользоваться несложными правилами:

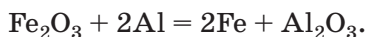
- степень окисления кислорода почти всегда равна -2 (но не $\text{H}_2\text{O}_2^{-1}$);
- степень окисления водорода почти всегда равна $+1$ (но не NaH^{-1});

- степень окисления металлов всегда положительна и в максимальном значении почти всегда равна номеру группы;
- степень окисления атомов в простых веществах всегда равна 0;
- суммарная степень окисления атомов всех элементов в соединении равна 0.

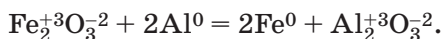
ВОССТАНОВИТЕЛИ И ОКИСЛИТЕЛИ. К окислительно-восстановительным относятся все реакции замещения, а также те реакции соединения и разложения, в которых участвует хотя бы одно простое вещество.

Рассмотрим примеры таких реакций.

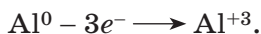
В качестве первой реакции возьмём красивую и применяемую на практике реакцию алюминотермии:



Обозначим степени окисления всех элементов в формулах веществ — реагентов и продуктов этой реакции:



Как видно из уравнения, два элемента — железо и алюминий — изменили свои степени окисления. Что с ними произошло? Алюминий из нейтрального атома превратился в условный ион в степени окисления +3, т. е. отдал три электрона:



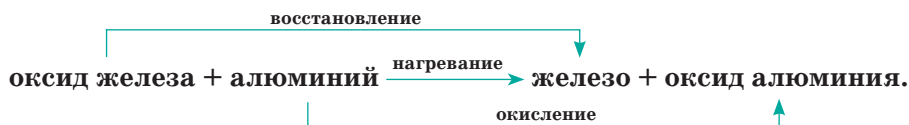
Элементы или вещества, отдающие электроны, называются **восстановителями**; в ходе реакции они **окисляются**.

Условный ион железа в степени окисления +3 превратился в нейтральный атом, т. е. получил при этом три электрона:

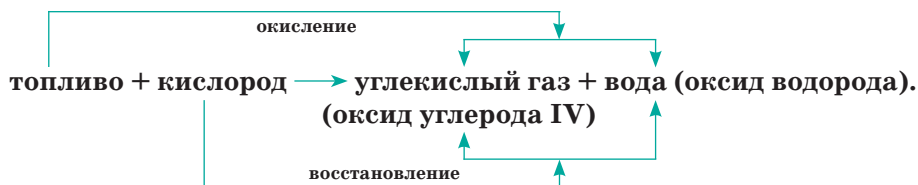


Элементы или вещества, принимающие электроны, называются **окислителями**; в ходе реакции они **восстанавливаются**.

Эти процессы можно представить в виде схемы:



Окислительно-восстановительные процессы сопровождают человека на протяжении всей жизни. Достаточно сказать, что многие биохимические реакции, протекающие в нашем организме, происходят с изменением степеней окисления атомов. Сгорание любого вида топлива в двигателе автомобиля, бойлерной, тепловой электростанции — это тоже окислительно-восстановительные процессы, на схеме это выглядит так:



Наиболее сильными **восстановителями** являются металлы, водород, оксид углерода(II), углерод, сероводород, аммиак и др.

Наиболее сильными **окислителями** являются фтор, кислород, озон, галогены, азотная и серная кислоты, перманганат калия и др.

ЭЛЕКТРОЛИЗ. Под действием электрического тока восстанавливаются даже щелочные и щёлочноземельные металлы и окисляются анионы галогенов и кислорода из их соединений до простых веществ.

Окислительно-восстановительные реакции, протекающие на электродах при прохождении электрического тока через расплав или раствор электролита, называются **электролизом**.

Знакомство с электролизом мы и начнём с электролиза расплавов электролитов.

ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСПЛАВОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ. Если твёрдый электролит расплавить, то он при переходе в жидкое состояние распадается на ионы. При прохождении электрического тока через расплав эти ионы будут двигаться к противоположно заряженным электродам и разряжаться на них.

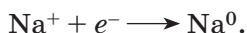
Рассмотрим электролиз расплава хлорида натрия. В расплаве эта соль диссоциирует на ионы:



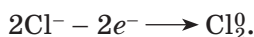
Под действием электрического поля катионы натрия (положительные ионы) направляются к катоду (отрицательному полюсу источника

» **Напомним.** Обратите внимание: наши представления об электролитах по сравнению с курсом основной школы расширились. К электролитам относятся не только те вещества, растворы которых проводят электрический ток, но и вещества, способные к этому в расплавах.

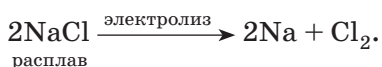
тока) и получают недостающие электроны от катода, т. е. восстанавливаются:



Под действием электрического поля хлорид-анионы (отрицательные ионы) направляются к аноду (положительному полюсу источника тока) и отдают ему свои лишние электроны, т. е. окисляются:



Итоговое уравнение электролиза расплава хлорида натрия выглядит так:



Схематично этот процесс представлен на рисунке 41.

Именно так в промышленности получают щелочные и щёлочноземельные металлы, а также галогены. Впервые электролиз для получения активных металлов использовал английский химик и физик **Г. Дэви** (1778—1829).

Французский химик **Ф. Ф. А. Муассан** (1852—1907) электролизом жидкого фтороводорода впервые получил фтор, который до него безуспешно пытались получить многие химики из разных стран мира. Эти попытки нередко заканчивались трагически. В 1906 г. Муассан был удостоен Нобелевской премии за открытие и получение фтора.

Не только из солей, но также и из расплавов других соединений, например оксидов, могут быть получены активные металлы. Так, некоторые щелочные и щёлочноземельные металлы были получены электролизом расплава их соединений уже упоминавшимся нами Г. Дэви. А для производства алюминия путём электролиза (рис. 42) используют обезвоженные бокситы.

Оксид алюминия имеет атомную кристаллическую решётку и является чрезвычайно тугоплавким веществом, поэтому его получе-

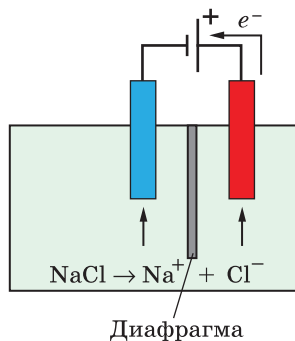


Рис. 41. Схема установки для электролиза расплава хлорида натрия



Генфри Дэви



Фердинанд Фредерик Анри Муассан

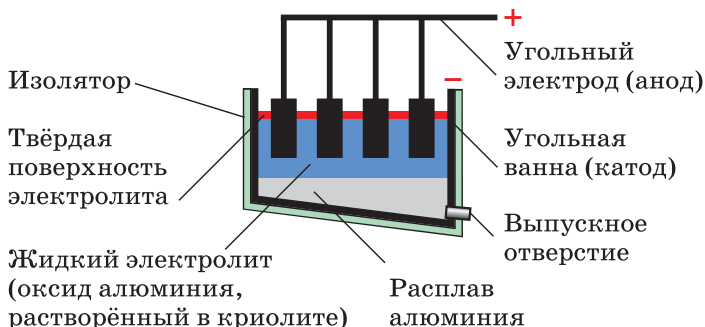


Рис. 42. Схема установки для получения алюминия



Рис. 43. Боксит

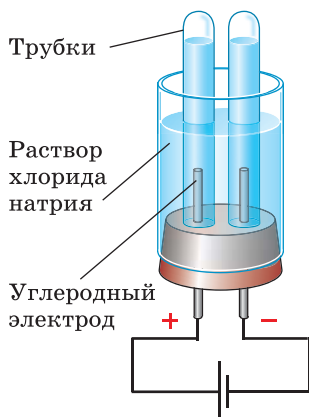


Рис. 44. Схема электролиза раствора хлорида натрия

ние изначально было очень дорогим. На Парижской выставке в 1855 г. алюминий демонстрировался как самый редкий металл. Он был тогда чуть ли не в 10 раз дороже золота. В 1883 г. его выработка во всём мире не достигала и 3 т. Между тем химикам уже тогда было известно, что алюминий — третий по распространённости в земной коре элемент и самый распространённый в ней металл: на его долю приходится более 8% массы земной коры. В 1886 г. американский студент-химик **Ч. Холл** (1863—1914) открыл, что обезвоженные бокситы (или глинозём, оксид алюминия; рис. 43) можно растворить при $+950\text{ }^{\circ}\text{C}$ в расплавленном криолите, а затем с помощью электролиза выделить из него алюминий. Удивительно, но в том же году французский металлург **П. Эрру** (1863—1914) разработал тот же метод получения алюминия. Метод Холла—Эрру сделал возможным промышленное получение этого металла.

ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРОВ. Второй тип промышленного электролиза — это электролиз растворов. Отличие его от электролиза расплавов электролитов состоит в том, что в системе появляется ещё одно вещество — вода. В большинстве случаев она далеко не безразлична к протеканию электрического тока, т. е. наряду с ионами способна окисляться

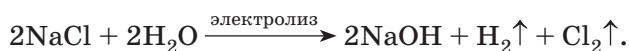


Рис. 45. Хромированный мотоцикл — пример техники гальваностегии



Рис. 46. Икона, выполненная в технике гальванопластики

или восстанавливаться на электродах. Не вдаваясь в подробности протекающих на электродах окислительно-восстановительных реакций, запишем суммарное уравнение электролиза раствора хлорида натрия:



Следовательно, продуктами электролиза раствора хлорида натрия являются водород, хлор и гидроксид натрия (рис. 44).

В промышленности электролиз широко применяется для:

- получения щелочных, щёлочноземельных металлов и алюминия, галогенов, водорода и кислорода;
- нанесения металлических покрытий на поверхность изделий (никелирование, хромирование (рис. 45), цинкование; общее название таких процессов — **гальваностегия**);
- изготовления рельефных металлических копий (рис. 46) (**гальванопластика**);
- очистки цветных металлов от примесей (**рафинирование**).



В следующем параграфе будет рассказано о химических источниках тока, о принципе действия гальванических элементов, о батарейках и аккумуляторах.

Теперь вы знаете

- ▶ как рассчитывают степени окисления элементов по формулам их соединений
- ▶ как протекает электролиз растворов электролитов
- ▶ как протекает электролиз растворов

☉ Теперь вы можете

- ▶ объяснить, какие реакции называются окислительно-восстановительными, и рассчитать степень окисления элементов по формуле соединений
- ▶ написать итоговые уравнения для электролиза расплава хлорида натрия и электролиза раствора хлорида натрия
- ▶ перечислить области применения электролиза в промышленности

☉ Выполните задания

1. Дайте характеристику реакции оксида железа(III) с алюминием по всем возможным признакам классификации реакций.
2. Объясните, почему в аммиаке азот проявляет только восстановительные свойства, а в азотной кислоте — только окислительные.
3. Назовите продукты электролиза расплава хлорида калия, расплава оксида алюминия, раствора бромида натрия.
4. Охарактеризуйте интегрирующую роль алюминиевого производства в мировом экономическом процессе.
5. Назовите предметы домашнего обихода и оборудования квартиры, при изготовлении которых были использованы гальванопластика и гальваностегия.
6. Приведите примеры рафинирования металлов.

☉ Темы для рефератов

1. Жизнь и научная деятельность Г. Дэви.
2. Вклад в науку нобелевского лауреата Ф. Ф. А. Муассана.
3. Алюминиевая промышленность в России.
4. Получение и применение галогенов.

§ 11. Химические источники тока

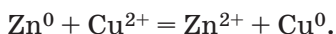
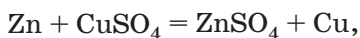
1. Назовите имена выдающихся учёных — основоположников учения об электричестве.
2. Перечислите приборы, аппараты, машины, которые работают на батарейках и аккумуляторах.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ИХ УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ.

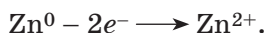
Сложно представить себе жизнь современного человека без гальванических элементов — химических источников тока. Карманный фонарик и наручные часы, переносной радиоприёмник и телевизионный пульт дистанционного управления, аудио- и CD-плеер, лазерная указка и космический корабль — все эти и многие другие приборы и аппараты превращаются в безжизненный и бессмысленный набор деталей без электрического «сердца». Именно источник тока создаёт из хаотического движения электронов стройную гармонию порядка и смысла. Самый современный компьютер, включённый в электрическую сеть через сетевые фильтры, стабилизаторы и источники бесперебойного питания, не обходится без маленькой малозаметной батарейки — гальванического элемента, обеспечивающего сохранность необходимой для «старта» и загрузки системной информации.

Принцип действия гальванического элемента, основа его работы — протекание на электродах окислительно-восстановительной реакции.

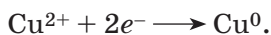
Для того чтобы понять причину возникновения на электродах разности потенциалов, рассмотрим реакцию металлического цинка с раствором сульфата меди(II). Цинк, как более активный металл, вытесняет медь из раствора соли:



Данная реакция является окислительно-восстановительной. Атомы металлического цинка, отдавая по 2 электрона, переходят в раствор в виде катионов Zn^{2+} :



Атомы цинка передают свои электроны катионам меди, в результате чего те восстанавливаются, превращаются в атомы металла:



При внесении цинка в раствор сульфата меди(II) электроны переходят непосредственно от атомов цинка к катионам меди. А что если пространственно отделить процесс окисления цинка от процесса восстановления меди, заставив электроны перебегать от цинка к катионам меди по электрическому проводнику? В этом случае за счёт протекания химической реакции можно получить электрический ток!

Устройство для получения электрического тока за счёт протекания химических реакций называется **гальваническим элементом**.

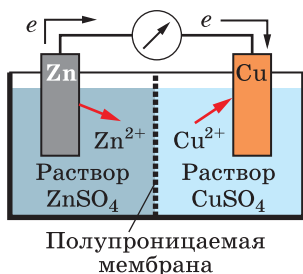


Рис. 47. Схема гальванического элемента Даниэля—Якоби

Своё название такие устройства получили по имени итальянского естествоиспытателя **Л. Гальвани** (1737—1798), впервые наблюдавшего возникновение электрического тока при контакте двух различных металлов.

Один из первых гальванических элементов был создан в 1836 г. английским исследователем Д. Даниэлем и русским учёным **Б. С. Якоби** (1801—1874). Схема элемента Даниэля—Якоби приведена на рисунке 47.

Элемент Даниэля—Якоби представляет собой сосуд, разделённый полупроницаемой мембраной на два отделения. В левом отделении находится раствор соли цинка, в который погружена цинковая пластинка, в правом — раствор соли меди и медная пластинка. Пластины соединены между собой в электрическую цепь. Катионы цинка, покидая пластинку, переходят в раствор, а их электроны по цепи перемещаются на медную пластинку, на которой происходит восстановление катионов меди из раствора. В элементе возникает электрический ток, вольтметр показывает разность потенциалов, близкую к 1 В.

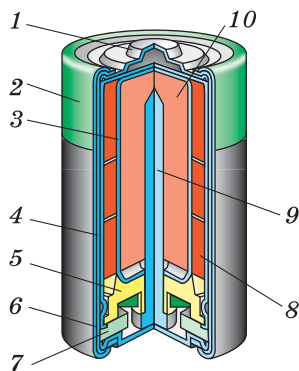
Поистине трудно переоценить значение этого открытия. Невозможно представить себе современную жизнь без гальванических элементов — химических источников тока: от крохотных батареек до огромных аккумуляторов.

Если заменить в гальваническом элементе медную пластинку на серебряную, разность потенциалов в цепи будет больше. Значит, эта величина зависит от природы металлов и вполне может служить количественной характеристикой их активности. Для таких измерений в пару с металлическим электродом в цепь включают так называемый водородный электрод, потенциал которого условно принят за нуль. Таким образом, по величине потенциала на металлическом электроде все металлы располагают в знакомый вам ряд, называемый **электрохимическим рядом напряжений**.

Li K Ca Na Mg Al Mn Zn Fe Ni Sn Pb **H₂** Cu Hg Ag Au

Рис. 48. Устройство сухого щелочного элемента:

1 — катодный колпачок (положительный полюс);
2 — наружный стальной корпус; 3 — перегородка;
4 — стальной кожух, по которому электроны движутся от положительного полюса к катоду; 5 — пластиковая прокладка; 6 — изолирующий слой; 7 — изолятор;
8 — смесь щелочного оксида марганца(IV) (катод) и графитового проводника; 9 — стальной стержень, по которому электроны движутся от анода к отрицательному полюсу; 10 — смесь электролита (хлорида аммония) и цинкового порошка (анод)



При изготовлении современных портативных гальванических элементов, которые мы привыкли называть *батарейками*, для увеличения площади поверхности электродов их выполняют в виде электропроводного порошка (активной массы), а электролит в виде густой пасты для предотвращения его вытекания. На рисунке 48 показано устройство сухого щелочного элемента.

К сожалению, при замыкании внешней цепи гальванического элемента (например, при включении сотового телефона) на катоде восстанавливается окислитель, и его концентрация в околокатодном пространстве снижается, на аноде окисляется восстановитель, его концентрация также уменьшается. При этом разность потенциалов элемента падает, батарейка разряжается. Нельзя ли восстановить батарейку, продлить её жизнь, заставить работать снова? Можно, если электродные реакции в ней обратимы. В этом случае достаточно пропустить через элемент электрический ток от внешнего источника, восстановить окислившийся на аноде восстановитель, окислить принявший на катоде электроны окислитель. При пропускании «встречного» (подумайте, почему его так называют) тока через химический источник тока разность его потенциалов растёт, он запасает, аккумулирует энергию, или, как говорят, заряжается. Подобные гальванические элементы так и называются — **аккумуляторы**.

Любому автомобилисту известен один из самых распространённых аккумуляторов — *свинцовый* (рис. 49).

Катод аккумулятора изготовлен из свинца, а анод — из пористой массы оксида свинца(IV), смешанной с сульфатом свинца(II). Электролитом служит раствор серной кислоты. При замыкании внешней электрической цепи (разряде аккумулятора) на его электродах идут процессы восстановления свинца Pb^{+4} и окисления свинца Pb^0 , а концентрация кислоты в электролите снижается.



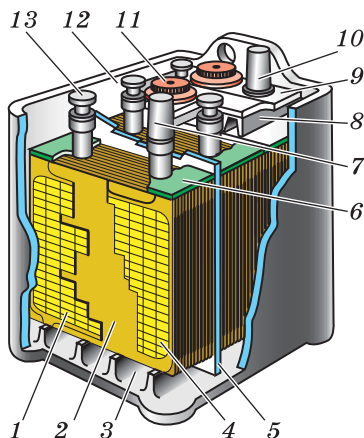
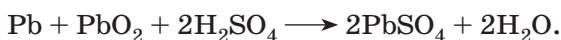


Рис. 49. Устройство свинцового аккумулятора (батарея из трёх элементов): 1 — отрицательная пластина; 2 — сепаратор; 3 — выступы на дне сосуда для установки пластины; 4 — положительная пластина; 5 — сосуд с перегородками (моноблок); 6 — выводной штырь; 7, 10 — клеммы; 8 — уплотнение; 9 — крышка; 11 — пробка; 12 — межэлементное соединение; 13 — мостик

Суммарная окислительно-восстановительная реакция, протекающая при работе свинцового аккумулятора, следующая:



Разность электродных потенциалов, т. е. ЭДС гальванического элемента, составляет примерно 2 В. Поэтому в автомобильном аккумуляторе для достижения напряжения 12 В последовательно соединены шесть одинаковых элементов.

Поскольку при разрядке аккумулятора концентрация серной кислоты понижается, плотность электролита также снижается.

При пропускании электрического тока от внешнего источника (например, генератора автомобиля) в противоположном направлении электрод, бывший анодом, начинает восстанавливать ионы свинца, а электрод, бывший катодом, окисляет эти ионы. Происходит зарядка аккумулятора, при которой на электродах протекают обратные процессы, а концентрация кислоты в электролите растёт.

Таким образом, работа аккумулятора наглядно демонстрирует превращение энергии электрического тока во внутреннюю энергию вещества — энергию химических связей, и обратный процесс — получение электрической энергии в ходе электродных реакций.

В современных электронных приборах широко используются миниатюрные литиевые и металлгидридные аккумуляторы.

ГАЛЬВАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРОФОРЕЗ. Приведённые выше примеры — далеко не полный перечень возможностей использования электрохимических процессов. В медицине широко применяются такие методы лечебного воздействия, как *гальванизация* и *электрофорез*.

Гальванизация — действие постоянным током небольшой силы и напряжения, оказывает болеутоляющее действие, улучшает периферическое кровообращение, способствует восстановлению поражённых тканей, стимулирует регуляторную функцию нервной системы. Гальванизация показана при поражениях периферической нервной системы (радикулиты, невриты, невралгии), головного и спинного мозга, невротических состояниях, воспалениях суставов (артритах) и т. п.

Лечебный электрофорез (направленное движение коллоидных частиц или ионов лекарства) — комбинированное лечебное действие на организм постоянного электрического тока и вводимых им через кожу или слизистые оболочки компонентов лекарственных препаратов. При электрофорезе повышается чувствительность рецепторов к лекарству, достигается локализация препарата в нужной области организма и увеличивается продолжительность его терапевтического действия, что позволяет снизить дозу лекарства без снижения лечебного действия. Электрофорез применяют при лечении центральной и периферической нервной системы, гинекологических заболеваний и болезней опорно-двигательного аппарата. Более подробно об использовании электрохимических процессов в медицине вы узнаете из следующей главы учебника. Кроме медицины, электрофорез используют для выделения каучука из латекса, очистки воды, анализа и разделения белков, аминокислот, витаминов, бактериальных клеток и вирусов.



Химические реакции, характерные для того или иного класса соединений или конкретного вещества, называют его химическими свойствами. Учёные заметили, что если раздробить вещество до размеров, сравнимых с размером атомов или молекул (наночастицы), свойства вещества — как физические, так и химические — могут резко изменяться. О том, что же такое наночастицы, мы расскажем вам в следующем параграфе.

🕒 Теперь вы знаете

- ▶ как устроены гальванические элементы, их принцип действия
- ▶ что такое гальванизация и электрофорез

🕒 Теперь вы можете

- ▶ описать принцип действия гальванического элемента и его устройство
- ▶ продемонстрировать на примере работы аккумулятора, как энергия электрического тока превращается во внутреннюю энергию вещества
- ▶ охарактеризовать такие методы лечения, как гальванизация и электрофорез

🕒 Выполните задания

1. На примере реакции цинка с раствором сульфата меди объясните, как на электродах возникает разность потенциалов.
2. Сформулируйте, как эффективность работы гальванического элемента зависит от положения его металлов в электрохимическом ряду напряжений.

3. Расскажите об устройстве сухого щелочного гальванического элемента, используя Интернет.
4. Рассмотрите устройство и работу свинцового аккумулятора, ответьте, применим ли принцип Ле Шателье к его работе.
5. Проведите сравнительный анализ процессов гальванизации и электрофореза.

☉ Темы для рефератов

1. Аккумуляторы в современных приборах (мобильных телефонах, ноутбуках и т. п.). 2. Батарейки — их настоящее и будущее. 3. Научная деятельность Л. Гальвани — отца электрофизиологии. 4. Русский физик Б. С. Якоби, его открытия и изобретения.

§ 12. Что такое наномир?

1. Укажите значение приставок для образования дольных и кратных величин: микро-, мили-, санти-, гига-, тера-, фемта-, нано-.
2. Перечислите известные вам частицы микромира и охарактеризуйте их примерные размеры.
3. Выскажите предположение, можно ли считать частицы дисперсной фазы коллоидных растворов наночастицами.

НАНОРАЗМЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ. В сказках, легендах, преданиях народов мира вы наверняка встречали героев, отличающихся необыкновенно малыми размерами: Дюймовочка, Мальчик с пальчик, Нильс, лилипуты, Крошечка-хаврошечка. Благодаря своему малому росту такой герой мог совершать то, что не под силу обычному человеку: жить в бутоне цветка, путешествовать на спине дикого гуся, залезть в одно ушко, а вылезти из другого.

Почему мы вдруг вспомнили о народном эпосе? Потому что благодаря современному естествознанию от сказки до реальности порой всего один шаг. И шаг этот человечество делает в удивительный и до конца ещё не познанный мир, называемый **наномиром**. Нано- — это приставка для обозначения одной миллиардной доли физической величины. Так, один нанометр равен одной миллиардной части метра, т. е. $1 \text{ нм} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}$. Значение этой приставки символично: в переводе с греческого языка *nanos* — *гном, карлик*.

Что же представляет собой таинственный наномир? Это часть реального мира, «обитатели» которого имеют размеры от 100 до 1 нм. Какие же частицы характеризуются наноразмерами? Диаметры большинства атомов химических элементов, а также расстояния между атомами в молекулах (т. е. длина химической связи) меньше 1 нм, поэтому небольшие молекулы (например, воды H_2O , метана CH_4 , углекислого газа CO_2) к наночастицам не относятся. Однако существуют молекулы, состоящие из десятков и сотен тысяч атомов, например молекулы ДНК, белков, полисахаридов. Кроме того, атомы одного химического элемента (например, углерода, металлов) также способны «собираться в группы» по несколько десятков или сотен, образуя частицы наноразмеров. Таким образом, в размерном ряду наночастицы занимают промежуточное положение между макрообъектами, на которые распространяются законы классической механики, и объектами микромира (атомами, фундаментальными частицами), в котором действуют законы квантовой механики. Именно благодаря уникальным размерам наночастицы обладают специфическими физическими и химическими свойствами.

Можно ли увидеть наночастицы? Понятно, что невооружённым глазом это невозможно, поскольку их средние размеры в 60 000 раз меньше толщины человеческого волоса. Именно поэтому наномир стал доступен для наблюдения и исследования только в 30-х гг. XX в. с изобретением сверхмощных электронных микроскопов (рис. 50).



Рис. 50. Изображение наночастицы оксида цинка ZnO , полученное с помощью электронного микроскопа

ПУТИ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ. Каждый новый этап в развитии человечества был связан с освоением новых материалов и технологий. Сегодня познания человечества таковы, что мы можем не просто получать новые материалы, но и создавать материалы с заданными свойствами. Получать материалы с новыми свойствами можно несколькими путями.

Первый из них, конечно же вам хорошо известный, — это смешение различных веществ. Так получают, например, металлические сплавы с заданными свойствами: нержавеющие, тугоплавкие, сверхпрочные. Аналогичным образом получают современные композиционные материалы, добавляя в полимерную основу десятки разных веществ, обеспечивающих прочность, гибкость, электропроводность, твёрдость и другие заранее заданные свойства.

Второй путь — синтез новых химических веществ, обладающих требуемыми свойствами. Так получают лекарственные препараты, красители, средства защиты растений, сверхпроводники.

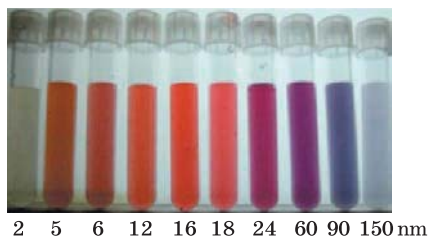


Рис. 51. Окраска коллоидного золота в зависимости от размеров наночастиц

пор, пока вы не получите золотые частицы наноразмеров. Свойства вещества (его называют коллоидным золотом) изменяются. Оно приобретает способность удерживать на поверхности другие молекулы, в том числе органического происхождения (например, антитела и антигены), оказывает каталитическое действие, проявляет магнитные свойства, рассеивает свет. Даже окраска вещества изменяется: в зависимости от размера частиц она может быть красной, оранжевой и даже фиолетовой (рис. 51)! Благодаря «букету» новых свойств коллоидное золото находит применение в медицине, косметологии, при изготовлении шампуней, лаков для волос, кремов, оптоволоконной техники.

Таким образом, человек придумал ещё один способ управления свойствами веществ и создания совершенно новых объектов — путём изменения размеров частиц вещества.

НАНОЧАСТИЦЫ И СВЯЗЬ ВРЕМЁН. Пожалуй, начало осмысленного использования особых свойств наночастиц относится к эпохе Древнего Рима. К такому выводу учёные пришли, исследуя один удивительный музейный экспонат.

В экспозиции Британского музея представлен сосуд, который носит название Кубок Лекурга. Предположительно эта небольшая стеклянная



Рис. 52. Кубок Лекурга в отражённом и проходящем свете

чаша в форме перевёрнутого колокола была изготовлена в Древнем Риме в IV в. н. э. Знаменитым на весь мир кубок сделали его необычные оптические свойства. В отражённом свете он имеет зелёную окраску, а в проходящем — красную (рис. 52). Считают, что изменение цвета могло символизировать процесс созревания винограда.

Необычное стекло, которое древние римляне использовали для из-

готовления кубка, стали называть *дихроичным*, т. е. с двойной окраской. Старинный сосуд и его таинственные свойства всегда привлекали внимание учёных разных стран. Многие из них выдвигали самые невероятные гипотезы, но все попытки разгадать секрет таинственного изменения цвета стекла оказывались тщетными. Лишь в 1990 г., когда кубок исследовали при помощи мощного микроскопа, выяснилось, что такой необычный оптический эффект создаётся благодаря тому, что дихроичное стекло содержит мельчайшие частицы (размером от 50 до 70 нм, что почти в тысячу раз мельче кристаллика соли) серебра и золота.

Эксперты утверждают, что римляне использовали наночастицы при изготовлении подобных произведений искусства вполне осмысленно. Получается, что наши предки на 16 веков опередили время! Древнеримский Кубок Лекурга открыл для нас тайну тех далеких времён, силу мысли и фантазию древних мастеров, уже в IV в. освоивших сложнейшие процессы, которые сегодня мы называем нанотехнологиями.

Американские физики предложили использовать технологии изготовления цветного стекла, которые применяли римские мастера, для создания химических сенсоров и диагностики заболеваний. На пластиковой пластине проделали миллиарды наноразмерных пор, в которые поместили наночастицы золота и серебра. Исследователи наносили на пластину различные вещества: воду, нефть, растворы сахара и соли. Оказалось, что при попадании различных веществ в поры пластины её цвет менялся. Например, светло-зелёный наблюдался при попадании в поры чистой воды, красный — при нанесении водного раствора соли. Сенсор оказался в 100 раз чувствительнее, чем используемые в то время электронные аналоги!

Следующий шаг в использовании наносенсоров сделали медики. С помощью подобных устройств были разработаны методы диагностики различных заболеваний путём обнаружения патогенных микроорганизмов в слюне или моче человека.

В настоящее время быстро развивающаяся современная нанотехнология отводит частицам золота важную роль модельных объектов (из-за простоты в получении и стабильности при хранении).

Кстати, многие микроорганизмы по своим размерам вполне попадают в категорию наночастиц. О наночастицах в природе и технике пойдёт речь в следующем параграфе.

Теперь вы знаете

- ▶ что обозначает термин «наномир»
- ▶ частицы каких размеров называют наночастицами
- ▶ каковы основные пути создания материалов с новыми свойствами
- ▶ чем интересен Кубок Лекурга

☉ Теперь вы можете

- ▶ оценить размеры наночастиц в сравнении с объектами макро- и микромира
- ▶ объяснить, почему дихроичное стекло меняет окраску в зависимости от направления падения света
- ▶ охарактеризовать принцип работы химических сенсоров на основе пластин с нанопорами

☉ Выполните задания

1. Дайте научную трактовку понятия «наномир». Какое место наномир занимает в иерархии микромира, мегамира, макромира?
2. Среди перечисленных объектов укажите наночастицы: молекула водорода, крупинка поваренной соли, вирус, протон, молекула ДНК, ядро атома углерода.
3. Переведите размеры наночастиц коллоидного золота, приведённые на рисунке 51, в метры и запишите полученные числа в стандартном виде.
4. Охарактеризуйте возможные пути создания новых материалов с заданными свойствами. Какой из них преимущественно используется в металлургии, фармакологии, парфюмерии?
5. Расскажите об историческом артефакте — Кубке Лекурга. Чем он знаменит? Какое отношение имеет к наночастицам?

☉ Темы для рефератов

1. Коллоидное золото: получение и свойства.
2. История развития представлений о наномире.
3. Создание новых материалов с заранее заданными свойствами.
4. Тайна Кубка Лекурга.

§ 13. Наночастицы в природе и технике

1. Вспомните, частицы каких размеров называют наночастицами.
2. Как вы думаете, возможно ли существование наночастиц в космосе, в воде, в атмосфере

ПРИРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ. Наночастицы — вовсе не изобретение человека. Они всегда существовали в космическом пространстве, в галактиках и межгалактическом пространстве. Наша планета не явля-

ется исключением. Наночастицы можно обнаружить в атмосфере, гидросфере, горных породах. По большому счёту, живые организмы можно рассматривать как совокупность наночастиц, заключённых в объектах более крупного размера — макрообъектах.

Наночастицы в космосе. В августе 2003 г. космическим агентством НАСА был выведен на орбиту Земли космический телескоп Спитцер (*Spitzer*). На тот момент это был крупнейший в мире телескоп, предназначенный для изучения космического пространства в инфракрасном диапазоне (рис. 53). Инфракрасное (тепловое) излучение испускают очень многие объекты Вселенной: остывающие звёзды, планеты, гигантские молекулярные облака. Тепловое излучение космоса поглощается атмосферой Земли. Инфракрасные космические лучи практически не попадают на поверхность нашей планеты, поэтому их изучение с помощью наземных телескопов件возможно.



Рис. 53. Космический телескоп Спитцер перед стартом

Вскоре после начала работы на орбите телескоп Спитцер зафиксировал в космосе углеродные наночастицы, которые выглядели как микроскопические твёрдые шарики из 60—70 атомов углерода. Как полагают, они образуются в звёздных туманностях в момент электрических разрядов.

Примерно в те же годы американским учёным удалось с помощью космических аппаратов собрать и доставить на Землю протопланетную пыль. Оказалось, что частички этой пыли также имеют наноразмеры — от 10 до 150 нм.

Не только в далёком космосе, но и «совсем близко», в Солнечной системе, удалось обнаружить, доставить на Землю и досконально изучить вещества, состоящие из наночастиц. В декабре 1966 г. впервые в истории освоения космоса советская автоматическая станция «Луна-13» коснулась поверхности лунного грунта и провела первое определение его плотности. Но только после детального изучения лунной породы в земных условиях оказалось, что это даже не грунт, а пыль, образовавшаяся в результате разрушения более крупных частиц под действием солнечного ветра, галактического излучения, метеоритных бомбардировок и кометных ударов. Такое разрушение геологических пород под действием внешних факторов называют *выветриванием*. Космическую пыль называют *реголит*, что в переводе с древнегреческого означает «каменное одеяло», однако размеры этих «камней» измеряются нанометрами (рис. 54).



Рис. 54. Лунная поверхность покрыта слоем реголита — серо-чёрной пыли, содержащей наночастицы



Рис. 55. Вулканический пепел поднимается вверх на несколько километров

Наночастицы в атмосфере. Одной из причин появления наночастиц в атмосфере Земли, как и образования лунного реголита, является процесс выветривания минералов, горных пород, почвы. Только измельчение частиц происходит под действием атмосферных явлений — осадков, ветров, перепадов температуры.

Самыми крупными поставщиками наночастиц на большие высоты в атмосферу являются вулканы.

Вулканический пепел представляет большую опасность для человека и животных при вдыхании (рис. 55). В бронхах при контакте со слизью он застывает наподобие цемента, закрывая их просвет, что приводит к смерти от удушья.

Пепел также опасен для самолётов. Забивая детали топливной автоматики и охлаждающие элементы лопаток турбин реактивных двигателей, он может привести к их остановке. Поэтому при крупных извержениях вулканов ограничивают авиасообщение.

Вместе с тем вулканические выбросы богаты микроэлементами, благодаря чему почва рядом с вулканами очень плодородна.

Содержание наночастиц в атмосфере в разных точках Земли различно и даже в одном конкретном месте сильно изменяется с течением времени.

Наночастицы в гидросфере. В 70-х гг. прошлого века мир был шокирован сенсацией: на дне океана обнаружены дымящие фабрики! Из океанского дна торчали трубы высотой несколько десятков метров, выбрасывающие в воду чёрный «дым». Что это — параллельный мир? Как это часто бывает, причиной аномального явления были не мистики, а природные явления.

В океанической коре образуются разломы и трещины. Морская вода проникает по ним в глубь Земли, где нагревается магмой и разрушает горные породы. Затем горячая и обогащённая различными веществами вода вырывается с океанского дна в толщу воды. В науке это явление называют гидротермальными источниками, но люди придумали образ-

ное и точное название — чёрные курильщики (рис. 56).

На сегодняшний день известно около 150 таких объектов. Самые крупные из них расположены в северной части Атлантического океана. Температура «дыма» чёрных курильщиков достигает 400°C , а сам «дым» представляет собой наночастицы соединений серы с железом, медью и цинком. Горячий раствор при контакте с холодной водой океана охлаждается, что приводит к осаждению минералов. Они-то и образуют причудливые «башни»: постепенно вокруг «дымящего» источника вырастают твёрдые минеральные стенки.

Время жизни курильщика, своеобразной фабрики по производству руды, составляет десятки или сотни лет и зависит от того, как скоро затянется трещина, по которой поступает его «дым».

Наночастицы в биосфере. Мы уже говорили о том, что молекулы веществ, представляющих собой биоорганические полимеры — белки, ДНК, РНК — это объекты, размеры которых составляют десятки нанометров, т. е. попадают в категорию наночастиц. А это значит, что наночастицы — вовсе не редкость в живой природе. Природа миллионы и миллиарды лет конструирует окружающий нас макромир, в том числе биосферу, из частиц наноразмеров.

К примеру, одни из простейших организмов на Земле — бактерии — содержат в своём составе магнитные наночастицы, которые, как полагают, позволяют им ориентироваться в пространстве за счёт магнитного поля Земли. Похожие магнитные наночастицы обнаружены и в мозге человека, однако их назначение пока до конца не ясно.

Приведём ещё один пример, показывающий, как удивительно природа использует физические явления в приспособленности живых организмов к окружающему миру.

В тёплых странах Старого и Нового Света водится небольшая (длиной до 30 см) ящерица — геккон (рис. 57). Она привлекла внимание учёных не только тем, что очень красива, а тем, что обладает уникальной способностью:

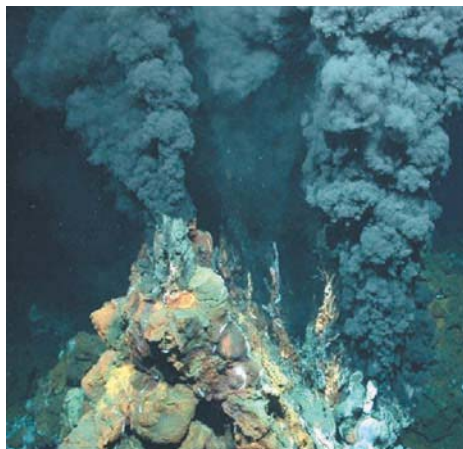


Рис. 56. Чёрный курильщик на глубине 3000 м в Атлантическом океане



Рис. 57. Геккон токи

гекконы не только запросто взбираются по отвесным стенам, но и с такой же лёгкостью ходят по потолку или передвигаются по вертикальному стеклу террариума.

Долгое время учёные никак не могли понять, каким же образом геккон может бегать по совершенно гладкой отвесной поверхности, не падая и не соскальзывая. Сначала думали, что секрет кроется в каких-то присосках на лапках животного. Но выяснилось, что в строении лап геккона нет ничего похожего на присоски, которые могли бы присасываться к поверхности. Потом решили, что геккон бежит по стеклу, приклеиваясь к нему с помощью особой жидкости, подобно тому как держится на разных предметах улитка. Но в этом случае на стекле должны были бы оставаться следы от его лап, а никаких следов геккон не оставляет. Кроме того, никаких природных желёз, способных выделять такую жидкость, на лапах геккона обнаружено не было.

Оказалось, что разгадка этого явления кроется в законах наномира! Учёные внимательно изучили лапку геккона под микроскопом, и при этом выяснилось, что она покрыта мельчайшими волосками, диаметр которых в десять раз меньше диаметра человеческого волоса. На кончике каждого волоска находятся тысячи мельчайших подушечек размером всего двести миллионных долей сантиметра. Снизу подушечки прикрыты листочками ткани, и при большом увеличении видно, что каждый листочек покрыт сотнями тысяч тонких волосообразных щетинок. Но и это ещё не всё. Щетинки, в свою очередь, делятся на сотни лопатообразных кончиков, размер которых несколько нанометров! Поскольку их размер сравним с размером атомов и молекул, они могут вступать с ними в межмолекулярное взаимодействие, подобное силам притяжения молекул между собой. Когда геккон опускает лапку на любую поверхность, лопаточки на концах нанощетинок столь плотно прилегают к ней, что лапка как бы «прилипает» к вертикальной стене или потолку. Но чуть геккон напряжёт мышцы и потянет лапку — молекулярные силы перестают действовать, и лапка легко отделяется от поверхности.

Каждая разгаданная загадка природы благодаря таланту учёных и инженеров рано или поздно обретает воплощение в привычных для нас вещах. Принцип наношерстинок лёг в основу изготовления липкой ленты, подобной скотчу, которую можно использовать повторно и даже в условиях невесомости (обычный скотч в космосе не работает). Возможно, недалеко то время, когда вы сможете купить в магазине обувь, в которой можно будет передвигаться по стенам и потолку, не скользить на льду или с лёгкостью взбираться на горные вершины. Ведь люди уже научились создавать удивительные вещи, познавая законы наномира и делая нашу жизнь комфортнее и интереснее.

НАНОЧАСТИЦЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ.

Наночастицы и материалы на их основе уже давно окружают нас, помогая в повседневной жизни. Цветные стёкла, стеклокерамическая посуда для микроволновой печи, современные устройства для записи и хранения информации, мощные процессоры компьютеров, жидкокристаллические дисплеи — всё это и многое другое невозможно изготовить без понимания законов наномира.

В предыдущем параграфе мы уже упоминали о необычных оптических свойствах нанозолота. Оказывается, коллоидные растворы этого металла были известны ещё в XVII в. и использовались в медицине как общеукрепляющее средство. Впервые коллоидное золото в чистом виде было приготовлено выдающимся английским физиком и химиком **М. Фарадеем** (1791—1867) (рис. 58). А первое документально подтверждённое применение коллоидного золота в медицине датируется 1890 г., когда доктор **Р. Кох** (1843—1910) обнаружил, что бактерии туберкулёза (палочка Коха) в присутствии частиц металла утрачивают жизнеспособность.

И всё-таки целенаправленное изучение и применение наночастиц в науке, технике и технологиях началось в самом конце прошлого столетия.

Важным событием в этой области считается открытие нанотрубок, обнаруженных совершенно случайно. В 1991 г. японские физики изучали свойства графита при воздействии на него электрической дуги. Когда осадок, полученный в результате такого воздействия, рассмотрели в мощный микроскоп, обнаружилось, что он состоит из микроскопических нитей и волокон, диаметр которых не превышает нескольких нанометров. Учёные назвали эти волокна *нанотрубками* (рис. 59), занялись их исследованием и изготовлением различными способами.

Они обладают удивительными свойствами: несмотря на малые размеры, имеют огромный запас прочности и упругости. Кроме этого, нанотрубки способны выдерживать действия высоких и низких температур, чрезмерную



Рис. 58. Т. Филлипс.
Портрет Майкла
Фарадея. 1842 г.

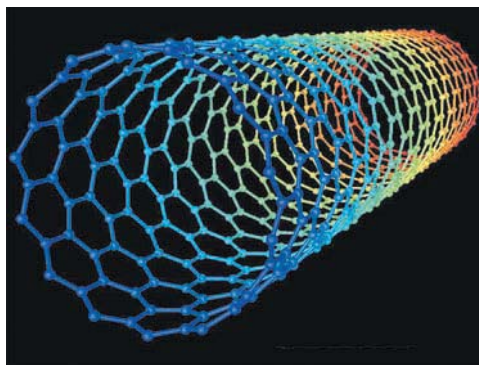


Рис. 59. Схематичное изображение
углеродной нанотрубки

сухость и влажность. Если соединить несколько нанотрубок, можно получить совершенно уникальный материал, которого ранее просто не существовало. Листы, образованные из многослойных нанотрубок, отличаются очень большой гибкостью и прочностью, недостижимыми для обычных материалов.

Недавно группой английских и американских учёных была создана установка, способная воспроизводить за минуту ленту из нанотрубок шириной около 7 см и длиной 14 м. Создатели утверждают, что эта лента прочнее стали и пластмасс, при этом прозрачная и гибкая, а при нагревании испускает свет. Кроме того, она способна аккумулировать солнечную энергию. При всех своих уникальных свойствах вещество отличается сверхлёгкостью. Естественно, что подобный материал будет востребован в любой отрасли хозяйства.

Наночастицы других веществ уже используются для создания чистящих средств, в том числе зубных паст. Благодаря своим микроскопическим размерам они проникают в самые недоступные места и избавляют от ранее невыводимых пятен. Также наночастицы успешно очищают воду, воздух, некоторые продукты питания.

Машины, окрашенные с помощью краски, содержащей наночастицы, практически не царапаются и обладают гораздо большей прочностью. После небольшого удара краска сама восстанавливается, а микротрещины затягиваются. А сейчас ведутся работы по созданию такого автомобильного покрытия на основе наночастиц, которое сможет и после значительной аварии принять прежнюю форму.

Есть и ещё одна приятная для автомобилистов новинка — уникальный стеклоочиститель на основе наночастиц кремния. Если им покрыть стекло машины, то оно долго будет оставаться чистым. На нём образуется сверхтонкий скользкий слой, за который любая грязь просто не может «зацепиться». Естественно, что этим составом можно обрабатывать не только стёкла машин, но и любые стеклянные поверхности, вплоть до небоскрёбов, которые после наномойки будут практически вечно сверкать чистотой.



В окружающем нас мире наночастицы образуются в результате природных явлений: физико-химических, геологических, атмосферных. А как создаёт наночастицы человек? Рассмотрению этого вопроса будет посвящён следующий параграф.

Теперь вы знаете

- ▶ какие наночастицы присутствуют в космосе, а также в атмосфере, гидросфере, биосфере Земли
- ▶ что такое реголит и как он образуется

- ▶ чем объяснить существование в океанских глубинах чёрных курильщиков
- ▶ как впервые были получены углеродные нанотрубки и каковы их уникальные свойства

☉ Теперь вы можете

- ▶ оценить масштабы присутствия наночастиц в окружающем мире
- ▶ рассказать о свойствах вулканического пепла, его опасности и пользе для человека
- ▶ обосновать использование коллоидных растворов золота в медицине и косметологии
- ▶ объяснить, каким образом не только насекомые, но и более крупные существа могут передвигаться по потолку и отвесным стенкам

☉ Выполните задания

1. Поясните, почему использование инфракрасных телескопов для исследования космических объектов в земных обсерваториях ограничено. Каким образом учёные решают эту проблему?
2. С помощью дополнительных источников информации оцените, какая масса лунного грунта в настоящее время доставлена на Землю для изучения.
3. Как вы думаете, с чем связаны особые физико-химические свойства наночастиц по сравнению с макроколичествами того же вещества?
4. Радиус атома углерода приблизительно равен 0,1 нм. Рассчитайте, какое количество атомов углерода способно уместиться в кубических наночастицах с длиной грани 1 нм, 10 нм и 100 нм.
5. Приведите несколько примеров использования материалов, содержащих наночастицы, в технике, технологиях и повседневной жизни.

☉ Темы для рефератов

1. Наночастицы в космическом пространстве. 2. Состояние и перспективы использования наночастиц в медицине. 3. Жизнь и научное наследие М. Фарадея. 4. Углеродные нанотрубки: свойства, получение и использование.

§ 14. Конструирование наноматериалов

1. Какие технологические приёмы можно использовать для искусственного получения наночастиц?
2. Существуют ли устройства, с помощью которых можно манипулировать отдельными атомами?

ОСНОВНЫЕ ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ. Из материала предыдущего параграфа вы поняли, что человек со времён своего появления на земле был окружён наночастицами, которые создала природа. И лишь около полувека тому назад учёные научились целенаправленно получать частицы размером в несколько нанометров.

Представьте, что вам поручили создать скульптуру размером в человеческий рост. Есть два способа решения поставленной задачи. Первый путь сформулировал выдающийся французский скульптор **Огюст Роден** (1840—1917), ответив на вопрос своего ученика, как ему удаётся создавать такие прекрасные произведения: «Я просто беру глыбу мрамора и отсекаю от неё всё лишнее» (рис. 60). Второй путь — вы берёте небольшие кусочки глины и постепенно, шаг за шагом создаёте свой шедевр, соединяя один кусочек с другим (рис. 61).



Рис. 60. О. Роден. Мыслитель



Рис. 61. М. В. Нестеров. Портрет скульптора В. И. Мухиной. 1940 г.

Аналогично для создания наночастиц используют два принципиально разных подхода. Их принято условно называть «сверху вниз» и «снизу вверх».

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ «СВЕРХУ ВНИЗ». В англоязычном варианте этот подход называют *top-down*, т. е. от больших размеров к мелким структурам. Он заключается в дроблении макроскопических кусочков обрабатываемого сырья или материала до наноразмерных параметров. Так, например, получают полупроводниковые устройства, обрабатывая заготовки для них лазерными или рентгеновскими лучами.

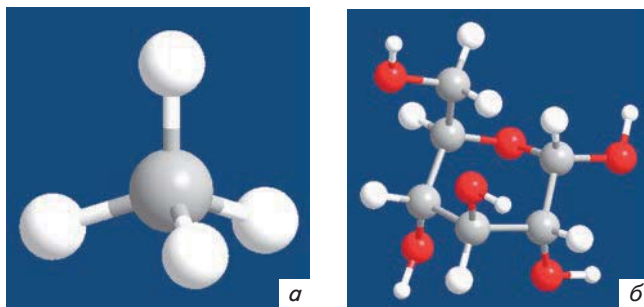
В промышленности давно используется метод уменьшения размера минеральных компонентов с помощью шаровых мельниц. Порошок измельчаемого материала вместе с шарами из закалённой стали или карбида вольфрама помещают в закрытый сосуд, который затем приводится в быстрое вращение. Вещество размалывается, как в кофемолке, до частиц размером до 3 нм.

Другим примером дробления вещества до наноразмеров может служить так называемая *импринт-литография*. На резиноподобный полимер наносят наноузор с помощью особых инструментов, который затем покрывается своеобразными молекулярными чернилами. Оттиски такой «резиновой печати» можно делать на любой поверхности (например, для получения компьютерных чипов наноскопических размеров). В результате получается нужная конфигурация электрической схемы. Разрешающая способность устройства определяется длиной волны лазера. Таким образом получают схемы с размером элементов до 100 нм. Данный метод миниатюризации для развития более мощных и удобных в обращении электронных приборов, таких как ноутбуки, мобильные телефоны или цифровые плееры, используется в информационной технике уже не один десяток лет.

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ «СНИЗУ ВВЕРХ». Второй подход к получению наночастиц — англичане называют его *bottom-up* (*вверх дном*) — состоит в том, что необходимая наноконструкция получается сборкой из более мелких частиц — атомов, молекул. Надо отметить, что для создания наночастиц природа выбрала именно этот метод.

Наверное, вам приходилось собирать из школьного набора атомов модели молекул. Модель молекулы метана CH_4 (рис. 62, а) вы можете собрать из одного атома углерода и четырёх атомов водорода. Модель более сложной молекулы — глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (рис. 62, б) вы собрали бы из атомов-шариков за пару минут. Тем не менее химический синтез глюкозы из более простых веществ учёные и технологи до сих пор не могут осуществить в промышленном масштабе. Лучше, чем клетки

Рис. 62. Модели молекул метана (а) и глюкозы (б)



зелёных растений в присутствии хлорофилла (процесс фотосинтеза), синтезировать глюкозу ещё не научился никто.

Теперь представьте, что вы уменьшились до наноразмеров. И вот перед вами набор-конструктор атомов самых разных химических элементов, из которых можно сконструировать молекулы любых полезных веществ: антибиотиков, красителей, полупроводников, полимерных материалов, компонентов пищи, наконец. Вы можете создать любое нужное вам вещество! Но где же взять эти исходные атомы? Ведь вы знаете, что изолированные атомы (за исключением атомов благородных газов) в природе не встречаются. Вспомните, что все окружающие нас вещества состоят из атомов менее чем 100 химических элементов, — это весьма ограниченный набор. Таким образом, теоретически вы (будучи наночеловечком) можете разбирать на атомы молекулы ненужных вам веществ и материалов (бытового мусора, промышлен-

ных выбросов, сельскохозяйственных отходов) и собирать из них молекулы практически ценных веществ. Фантастика, сказка? Оказывается, нет.

В 1981 г. лауреаты Нобелевской премии по физике **Г. Биннинг** (род. 1947) и **Г. Рорер** (1933—2013) изобрели сканирующий туннельный микроскоп (СТМ), а в 1986 г. Г. Биннинг — атомно-силовой микроскоп (АСМ). СТМ и АСМ называют «пинцетом наномира», «глазами и пальцами» учёных, работающих с наночастицами. С их помощью можно «видеть» отдельные атомы и манипулировать ими: захватывать, переносить, устанавливать в нужной точке

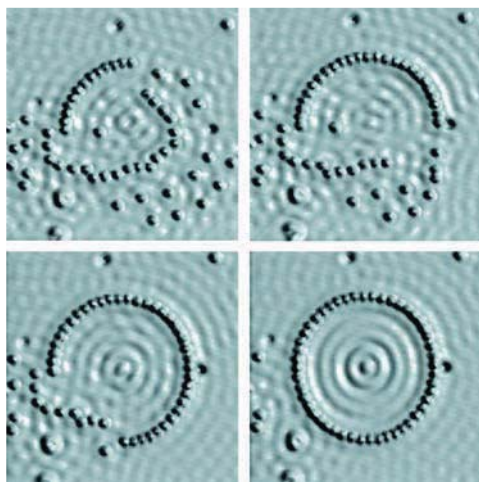


Рис. 63. Набор последовательных СТМ-изображений, иллюстрирующих процесс формирования «квантового загона» из 48 атомов Fe

пространства. На рисунке 63 приведена знаменитая фотография «квантовый загон» (или «загон для скота»). С помощью СТМ на поверхности медной пластинки были выложены по окружности радиусом около 14 нм 48 атомов железа!

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ. Основными способами конструирования наночастиц методом «снизу вверх» являются молекулярный синтез, самосборка, наноскопическое выращивание кристаллов, полимеризация и др.

Молекулярный синтез заключается в создании молекул с заранее заданными свойствами путём их сборки из молекулярных фрагментов или атомов. Таким образом производятся медикаменты. Множество современных лекарств, включая антибиотики нового поколения, являются продуктами молекулярного синтеза. Кроме синтеза самих лекарств, учёными решаются вопросы их доставки непосредственно в поражённые участки организма. Доза лекарственного препарата заключается в особую молекулярную оболочку, позволяющую транспортировать лекарство к месту назначения.

Самосборка — это метод нанотехнологий, основанный на способности атомов или молекул самостоятельно собираться в более сложные молекулярные структуры.

Принцип самосборки основан на принципе минимума энергии — постоянном стремлении атомов и молекул перейти на самый нижний из доступных для них уровней энергии. Если этого можно добиться, соединившись с другими молекулами, то такое соединение будет происходить самопроизвольно; если же для этого нужно изменить своё положение в пространстве, то молекулы переориентируются. Своеобразной иллюстрацией принципа минимума энергии может служить древнегреческий миф о Сизифе (рис. 64), который с трудом поднимал камень на вершину горы, а тот упорно стремился скатиться по склону, т. е. занять наименьший уровень энергии.

В живых организмах самосборка является основой процессов ассимиляции, т. е. процессов синтеза белков, жиров, углеводов, полинуклеотидов, необходимых конкретному живому организму. Структурирование и сборка биологических тканей



Рис. 64. Тициан. Сизиф. 1545 г.

происходят на атомно-молекулярном уровне, причём живые организмы осуществляют их с высокой эффективностью. Аналогично, наноконструкторы помещают определённые атомы или молекулы на поверхность подложки. Далее исходные молекулы ориентируются в пространстве, собираясь в определённую наноструктуру. Отпадает необходимость медленного и трудоёмкого конструирования такой структуры с помощью зондового инструмента. В этом и состоит преимущество самосборки. В настоящее время с помощью самосборки возможно создание компьютерных запоминающих устройств. Таким же образом изготовлены опытные образцы *гидрофильного (любящего воду)* и *гидрофобного (боящегося воды)* стёкол, которые могут найти широкое применение, например, в автомобилестроении, производстве прозрачных строительных материалов, в оптике.

Наноскопическое выращивание кристаллов — это технология, при которой нанокристаллы можно получать из раствора, используя более мелкие кристаллы-зародыши (центры кристаллизации).

Кремниевые блоки, используемые для создания микрочипов, производятся именно таким образом. Этот метод можно использовать и для выращивания длинных углеродных нанотрубок, о которых мы упоминали в предыдущем параграфе.

Полимеризация — это метод, в основе которого лежит получение наноматериалов в виде полимеров из исходных мономеров с помощью реакций полимеризации или поликонденсации. Для осуществления этого метода применяют так называемые генные машины, позволяющие синтезировать из отдельных фрагментов дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК), необходимые для производства медикаментов, ферментов или белков заданного строения. Синтезированные шаблоны ДНК вводятся в ДНК бактерий, которые затем производят множество копий нужного вещества. Это позволяет эффективно строить белковые фабрики для получения практически любого выбранного протеина. Примером практического применения полимеризационной наносборки является получение инсулина для лечения диабета.



Что такое нанотехнологии? Где они используются? Как нанотехнологии изменят привычный образ жизни в ближайшие десятилетия? Об этом вы узнаете из материала следующего параграфа.

Теперь вы знаете

- ▶ смысл специальных терминов наноиндустрии «сверху вниз» и «снизу вверх»

- ▶ что собой представляют молекулярный синтез, самосборка, наноскопическое выращивание кристаллов
- ▶ с помощью каких научных приборов можно манипулировать отдельными атомами

🎯 Теперь вы можете

- ▶ провести аналогию между созданием скульптурного произведения и получением наночастиц
- ▶ объяснить принцип действия шаровой мельницы

🎯 Выполните задания

1. Расскажите, какие существуют общие подходы к получению наночастиц.
2. Объясните, что такое импринт-литография, где она применяется.
3. С помощью школьного набора для построения моделей молекул соберите модели этана C_2H_6 , углекислого газа CO_2 и уксусной кислоты CH_3COOH . Как называется технологический процесс получения наночастиц, аналогичный произведённым вами действиям?
4. Рассмотрите виртуальный эксперимент. В большую кастрюлю поместили теннисные шарики, затем насыпали горох, а затем речной песок. Кастрюлю периодически встряхивают. Какие самопроизвольные процессы при этом происходят? Какова их движущая сила? Какую аналогию можно провести между данным виртуальным экспериментом и одним из способов получения наночастиц?
5. Проведите домашний эксперимент по выращиванию кристаллов. В стеклянной посуде приготовьте насыщенный раствор медного купороса. Профильтруйте его через вату или марлю в стеклянный стакан. В центр раствора опустите кристаллик медного купороса, приклеенный к нитке. Оставьте установку на несколько дней. Опишите, что происходит. Какой из методов получения наночастиц иллюстрирует данный эксперимент?

🎯 Темы для рефератов

1. Развитие nanoиндустрии в России: состояние и перспективы. 2. Сканирующий туннельный микроскоп и атомно-силовой микроскоп — «пинцеты наномира». 3. Молекулярный синтез сегодня и завтра. 4. Что такое нанороботы

§ 15. Настоящее и будущее нанотехнологий

1. Объясните, что понимают под нанотехнологиями.
2. Перечислите важнейшие области науки и техники, где в настоящее время успешно используются наноматериалы и нанотехнологии.
3. Приведите примеры крупнейших экологических катастроф и загрязнений окружающей среды, произошедших в XXI в.

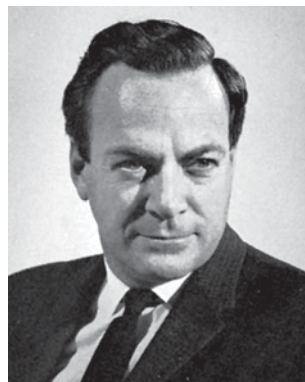
ЧТО ТАКОЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ? Из предыдущих параграфов вы узнали, что свойства наночастиц значительно отличаются от свойств макроскопических тел из того же самого вещества. Для того чтобы перейти от нанонауки к масштабному использованию наночастиц в различных отраслях производства, необходимо научиться получать, комбинировать, видоизменять наночастицы и научить их «работать» в интересах человека. Но привычные для учёных и инженеров технологии для этого не пригодны именно в силу миниатюрного размера объекта манипуляций. Наночастицу нельзя взвесить на обыкновенных весах, взять пинцетом, обработать макроинструментом, нельзя даже увидеть в оптический микроскоп. Значит, для работы с наночастицами нужно создать особые технологические процессы, которые и называют **нанотехнологиями**.

Нанотехнологии — это область фундаментальной и прикладной науки и техники, занимающаяся методами исследования управляемого синтеза и применения веществ и материалов с заданной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами.

Нанотехнологии — это одно из новейших направлений в области естественно-научных исследований. Как ни одна другая область научных исследований, нанотехнологии не ограничиваются деятельностью специалистов какой-то одной научной дисциплины. Над изучением свойств наночастиц работают химики, физики, биологи, представители других естественных наук.

Само понятие «нанотехнология» было предложено в 1974 г. японским исследователем **Норио Танигучи** (1912—1999), однако относилось оно не к операциям с частицами наноразмеров, а к сверхвысокой точности обработки деталей. Однако термин прижился и вошёл во все языки мира.

Отцом нанотехнологии считают одного из самых знаменитых физиков нашего времени, лауреата Нобелевской премии **Р. Фейнмана** (1918—1988), которого иногда сравнивают по широте и ясности предвидения с Леонардо да Винчи. В декабре 1959 г. Фейнман прочитал лекцию в Калифорнийском технологическом институте перед членами Американского физического общества. Лекция называлась «*There's Plenty of Room at the Bottom*» («Там внизу полным-полно места»). Учёный высказал мысль, что «принципы физики... не говорят о невозможности манипулирования веществом на уровне атомов». Он предположил, что возможно механически перемещать атомы при помощи манипулятора соответствующего размера.



Ричард Филлипс
Фейнман

В те годы это казалось научной фантастикой. Миниатюрные объекты чаще всего создавались по образу и подобию макроскопических тел путём уменьшения размеров. Фейнман предложил строить новое из отдельных атомов. Этому же пути следует природа, создавая всё живое — слона, мышь, нас с вами, дерево или амёбу — из наночастиц по программе, заложенной в ДНК и РНК.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ НАУКИ И ТЕХНИКИ. Нанотехнологии сегодня — эффективно и динамично развивающаяся область науки и техники, в которой тесно переплетаются теоретические разработки и экспериментальные исследования. Развитие нанотехнологий и разработку методик создания и изучения нановещества называют одним из самых перспективных направлений научной и конструкторской мысли. Не случайно один из создателей водородной бомбы **Э. Теллер** (1908—2003) ещё в середине XX в. сделал прогноз: «Тот, кто раньше овладеет нанотехнологией, займёт ведущее место в технической сфере следующего столетия».

В России исследования в области нанотехнологий быстрыми темпами начали развиваться с 2000 г. В Российской академии наук в 2002 г. был создан научный совет по наноматериалам, в Федеральную научно-технологическую программу в качестве одного из приоритетов было внесено направление «Индустрия наносистем и материалов».

Результаты использования нанотехнологий в настоящее время можно видеть в различных сферах деятельности общества.

Энергетика. Альтернативой использования ископаемого топлива (природного газа, нефти, угля и др.) является применение фотоэлектрических элементов, которые непосредственно превращают солнечный свет в электрическую энергию — так называемых солнечных батарей.

Основным материалом для изготовления таких устройств является кремний, реже — германий. Кремниевые фотоэлементы используются в жилищном строительстве и промышленном производстве, в калькуляторах и др. Солнечный свет фокусируется на полупроводнике, в роли которого выступает один кристалл кремния или его поликристалл. Получением таких кристаллов и занимается нанотехнология.

Другой альтернативой ископаемому топливу является создание новых топливных элементов — углеродных нанотрубок, обладающих высокой адсорбционной способностью к водороду. Эти трубки также являются продуктом нанотехнологий.

Электроника. Важнейшим техническим достижением второй половины XX столетия является развитие электроники. В наши дни электроника — основная область применения нанотехнологий. Нанoeлектроника — совершенно новая область науки и техники, использующая системы, которые функционируют на основе квантовых эффектов.

В современной науке возникло новое понятие для обозначения крошечного объёма вещества кубической или сферической формы, в котором можно хранить небольшое количество электронов, — *квантовая точка*. Если в большинстве полупроводниковых устройств и приборов (например, в транзисторах) процессы включения и выключения (on—off) управляются потоком от сотен тысяч до одного миллиона электронов, то квантовые точки управляют движением малоэлектронных или даже одноэлектронных транзисторов. Это позволяет сделать полупроводниковые устройства сверхминиатюрными и снизить затраты энергопотребления в тысячи раз.

Уже сейчас нанотехнология позволяет изготавливать полупроводниковые элементы размером 100 нм. Использование в электронной промышленности углеродных нанотрубок и запоминающих устройств нового типа позволит уменьшить их размеры до 35—50 нм, повысить скорость передачи информации примерно до 10 гбит/с. Важное значение имеет совершенствование техники хранения информации, которая решается через создание терабитовых запоминающих устройств, позволяющих достигнуть в 1000 раз более высокой степени плотности записи информации на носителе.

Медицина. Нанотехнологии позволяют организовать массовое производство биодатчиков, способных длительное время осуществлять мониторинг внутри организма человека. Это то, что позволит проводить раннюю диагностику некоторых заболеваний. Кроме этого, нанотехнологии позволяют использовать для диагностики и лечения заболеваний особые наноскопические устройства, называемые нанороботами. Введённые в организм человека, они смогут очистить сосуды от атеросклеротических отложений, уничтожить молодые раковые опухоли, исправить повреждённые молекулы ДНК, доставить лекарство к конкретным органам и даже клеткам.

С помощью нанотехнологий создаются наноинструменты, используемые в медицине. Так, уже появились наноманипуляторы и наноиглы. Например, для изготовления нанопинцета применяются две углеродные нанотрубки диаметром в 50 нм, расположенные параллельно на подложке из стеклянного волокна. Эти трубки сходятся и расходятся при подаче на них напряжения, имитируя пинцет. Учёные из Новосибирска предложили свои наноинструменты — наноиглы, способные производить инъекции внутрь клеток.

Достойную конкуренцию пинцетам из нанотрубок могут составить пинцеты оптические. Принцип его действия заключается в том, что под действием света молекула меняет форму, превращаясь в пинцет: её половинки сближаются и захватывают атом.

Ещё одно направление, активно развивающееся в медицине, это использование наноструктурных материалов для замены тканей.

Авиация и космонавтика. В авиации нанотехнологии применяются прежде всего при создании новых конструкционных материалов. С помощью нанотехнологий создаются термостойкие керамические композитные материалы (т. е. материалы, состоящие из двух и более компонентов), способные выдерживать температуру от 1000 до 1600 °С, и полимерные композиты, выдерживающие температуру 200—400 °С.

В космонавтике требования к композитам ещё выше: они должны быть очень термостойкими (выдерживать температуры около 3000 °С), сверхлёгкими и сверхпрочными. Именно такие материалы были использованы для изготовления нашего «Бурана» и используются при изготовлении американских «Шаттлов».

Сельское хозяйство. Продовольственная проблема является глобальной для человечества. Одно из решений продовольственной проблемы человечества заключается в широком применении генной инженерии и биотехнологии для создания сортов растений с повышенной урожайностью и питательной ценностью, а также в создании высокопродуктивных пород животных и штаммов микроорганизмов.

Наноинструменты и ферментативные методики, применяемые в биотехнологии и генной инженерии, позволяют решать эти задачи более быстрыми темпами. Так, бурно эволюционирует производство всё новых сортов хорошо известной каждому генно-модифицированной сои. Традиционные сорта помидоров, картофеля, кукурузы, гороха, пшеницы, риса и т. д., а также экзотических батата и папайи в сельскохозяйственной практике уступают место созданным с помощью генной инженерии сортам, устойчивым к сорнякам и вредителям и обладающим повышенной урожайностью.

Экология. К проблемам защиты окружающей среды, которые можно решить с помощью нанотехнологий, относятся: повышение температуры атмосферы Земли, разрушение озонового слоя, загрязнение среды диоксином, кислотные дожди.

Средняя температура Земли только за 40 лет прошлого столетия выросла на 0,5 °С. Прогнозируется, что в новом столетии средняя температура возрастёт ещё на 3 °С. Последствия этого грозят человечеству многими бедами: уровень Мирового океана поднимется на 65 см (будут затоплены прибрежные территории многих стран), произойдёт кардинальное изменение климата, смещение природных зон и др. Нанотехнологии представляют возможности уменьшить температурные воздействия на атмосферу Земли с помощью альтернативных источников энергии, совершенствования солнечных батарей, уменьшения содержания оксида углерода(IV) в выхлопных газах двигателей автомобилей.

С помощью нанотехнологий синтезируются новые материалы, способные заменить хлорсодержащие полимеры; создаются биодатчики длительного и точного мониторинга за окружающей средой; производятся нанопорошки для борьбы с загрязнениями окружающей среды (и в первую очередь с разливами нефти); создаются нанофильтры, позволяющие предотвращать поступления диоксида и других токсикантов в окружающую среду (в том числе оксидов серы и азота). Для достижения последней цели немаловажную роль могут сыграть и созданные с помощью нанотехнологий катализаторы и носители для них.

Оптика. Уменьшение размеров кристаллических зёрен до наноразмеров позволяет создавать из стеклообразных веществ новые оптические материалы с очень высокими и регулируемыми коэффициентами преломления, изменением окраски, прочности и т. п. Такие материалы называют наностёклами. Они могут использоваться для создания высокоэффективных устройств хранения и передачи цифровой информации, а в сочетании с коротковолновыми лазерами позволят производить сверхмощные оптические запоминающие устройства и плёночные материалы с повышенной чёткостью изображения. Наностёкла могут применяться для изготовления оптических переключателей и тонких оптических волноводов. В сознании обычного человека очки-«хамелеоны» и изменяющие интенсивность затемнения автомобильные стёкла редко связываются с представлениями о наномире, а ведь это именно так.

Использование углеродных нанотрубок. Как вы знаете из материала предыдущего параграфа, углеродные нанотрубки представляют собой совершенно новый материал, обладающий уникальными свойствами.

Наибольший интерес представляют углеродные полупроводниковые нанотрубки, которые имеют форму крошечных цилиндров с диаметром от 0,5 до 10 нм и длиной примерно в 1 мкм. Однослойные нанотрубки можно представить себе в виде свёрнутого в рулон одного слоя графита. Такие цилиндрики способны поглощать и удерживать водород в больших количествах, поэтому представляют собой ценный материал для создания двигателей на водородном топливе и водородных батарей.

Многослойные нанотрубки имеют высокий предел прочности на растяжение: в 50—60 раз больше, чем у высококачественных сталей, и в тысячи раз выше, чем у традиционных волокон. Это позволяет использовать их при изготовлении материалов для пуленепробиваемых жилетов и стёкол, а также для производства сейсмоустойчивых строительных материалов.

Углеродные нанотрубки имеют очень низкую плотность, что позволяет получать из них высокопрочные композиционные материалы, потребность в которых испытывают военная и авиационно-космическая техника, а также автомобилестроение. Специалисты компании *High Lift Systems* (США) задумали грандиозный проект — космический лифт. Идея состоит в том, что трос длиной 35 тыс. км и диаметром 20 см одним концом прикрепляется к океанической платформе, а второй — к орбитальной космической станции. По этому тросу от Земли в космос будет двигаться лифт, способный поднять на орбиту до 50 т груза, в том числе космических туристов (рис. 65). Трос поддер-

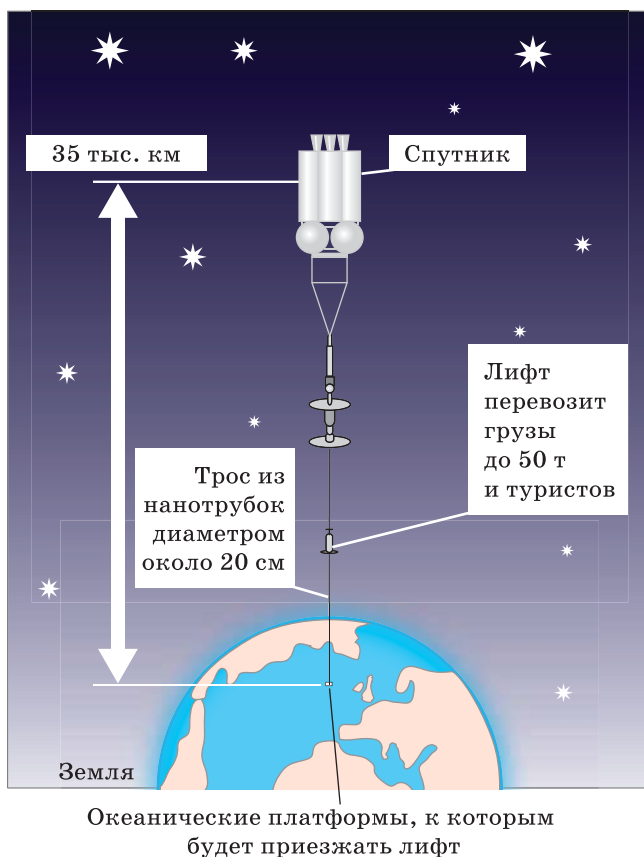


Рис. 65. Схема устройства космического лифта

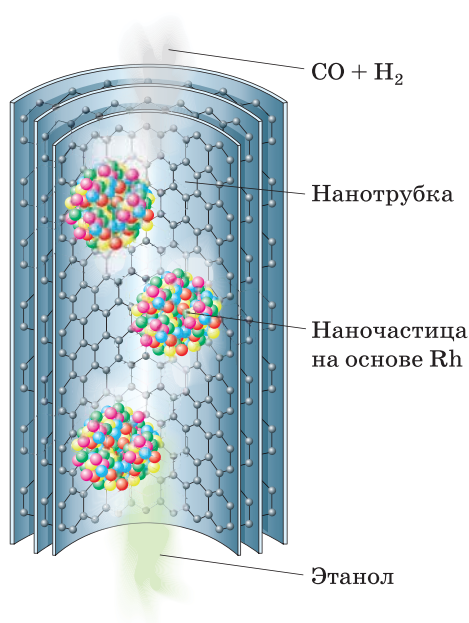


Рис. 66. Схема процесса получения этанола из синтез-газа с помощью нанотрубок и наночастиц

живается в натянутом состоянии за счёт двух противоположно направленных сил: силы земного притяжения и центробежной силы, действующей на космическую станцию. Материалом для изготовления троса предположительно должны служить нанотрубки, имеющие колоссальную прочность и в то же время чрезвычайно лёгкие. Такой лифт позволил бы сэкономить значительные средства, поскольку доставка на орбиту Земли одного килограмма груза обычной космической техникой обходится в 50—80 тысяч долларов! Вот только стоить строительство такого «моста к звёздам» будет не менее 10 млрд долларов.

Учёные установили, что внутренняя поверхность углеродных нанотрубок обладает большой каталитической активностью. Счи-

тается, что при сворачивании графитового листа из атомов углерода в трубочку концентрация электронов на её внутренней и внешней поверхностях становится неодинаковой, что и обуславливает каталитический эффект. Если внутрь углеродной трубки поместить наночастицу переходного металла, например родия **Rh**, каталитический эффект усиливается. Смесь оксида углерода(II) **CO** и водорода **H₂**, называемая синтез-газ, при прохождении через такой каталитический комплекс превращается в этанол (рис. 66). Эту реакцию невозможно осуществить в иных условиях.

Передовые технологии и материалы всегда играли значимую роль в истории цивилизаций, выполняя не только производственные, но и социальные функции. Достаточно вспомнить, как сильно отличались каменный и бронзовый века, век пара и век электричества, атомной энергии и компьютеров. По мнению экспертов, нынешний век будет веком нанонауки и нанотехнологий. Проникновение в наномир — это бесконечный путь, на котором человечество практически не ограничено материалами, а следует лишь за собственным разумом.



В следующей главе учебника речь пойдет о роли естествознания в сохранении здоровья.

☉ Теперь вы знаете

- ▶ что называют нанотехнологиями, кто впервые предложил этот термин и кто считается основоположником нанотехнологий
- ▶ при изготовлении каких привычных для нас вещей использованы нанотехнологии
- ▶ что такое нанотрубки и каковы существующие и перспективные направления их использования

☉ Теперь вы можете

- ▶ сформулировать, что такое нанотехнологии, и доказать, что они основаны на тесной интеграции естественных наук
- ▶ привести примеры использования нанотехнологий в различных областях науки и техники

☉ Выполните задания

1. Какие научные достижения Р. Фейнмана вы можете назвать? В какой области физики работал этот учёный?
2. Каково практическое значение нанотехнологий для развития электроники, медицины, сельского хозяйства, экологии, оптики, авиации и других областей человеческой деятельности?
3. В 1982 г. знаменитый польский писатель-фантаст Станислав Лем в романе «Проверка на месте» описал сверхминиатюрных роботов размером с молекулу, которые «трудятся» в организме человека, улучшая его здоровье. Какие аналоги таких роботов используются в медицине уже в настоящее время? Какие функции выполняют эти устройства? Какие произведения С. Лема, кроме упомянутого, вы знаете?
4. Объясните, что собой представляют нанотрубки. В каких областях человеческой деятельности они используются?
5. Расскажите о проекте космического лифта, который планируют осуществить с помощью углеродных нанотрубок.

☉ Темы для рефератов

1. Научная деятельность нобелевского лауреата Р. Фейнмана. 2. Квантовые точки, методы их получения и применение. 3. Нанотехнологии в произведениях научной фантастики. 4. Корпорация РОСНАНО: прошлое, настоящее, будущее.

1 Изучение фотографий треков заряженных частиц

Цель работы: анализировать и объяснять характер движения заряженных частиц.

Источники информации: фотографии треков заряженных частиц.

Ход работы

Рассмотрите фотографию трека электрона и ответьте на следующие вопросы.

1) В каком поле — электрическом или магнитном — движется электрон?

2) Почему трек электрона имеет форму спирали, а не прямой линии или окружности?

3) Почему радиус траектории движения электрона уменьшается?

4) Как можно по треку частицы определить знак её заряда?

5) Как можно по треку частицы определить её массу?

Сделайте вывод о причинах и характере движения электронов.

2 Получение, собирание и распознавание газов

Цель работы: получить, собрать и распознать водород, кислород, углекислый газ, аммиак и этилен.

Оборудование и реактивы: пробирки, спиртовки, спички, лучинки, шпатели, стеклянные трубочки, лакмусовые бумажки, держатели, приборы для получения газов, штативы. Гранулы цинка, оксид марганца(IV), кусочки мрамора, вода, гранулы или кусочки полиэтилена, растворы: соляной кислоты, пероксида водорода, уксусной кислоты, известковой воды, хлорида аммония, щёлочи, перманганата калия (подкисленный).

Ход работы

1. Получение, собирание и распознавание водорода

В пробирку поместите две гранулы цинка и прилейте в неё 1—2 мл соляной кислоты. Что наблюдаете? Запишите уравнение реакции.

Накройте пробирку пробиркой большего диаметра, расположив её немного ниже краёв меньшей пробирки. Через 1—2 мин поднимите

большую пробирку вверх и, не переворачивая её, поднесите к пламени спиртовки. Что наблюдаете? Что можно сказать о чистоте собранного вами водорода? Почему водород собирали в перевернутую пробирку?

2. Получение, сбор и распознавание кислорода

В пробирку объёмом 20 мл прилейте 5—7 мл раствора пероксида водорода. Подготовьте тлеющую лучинку (подожгите её и, когда она загорится, взмахами руки погасите). Поднесите к пробирке с пероксидом водорода, куда предварительно насыпьте немного (на кончике шпателя) оксида марганца(IV). Что наблюдаете? Запишите уравнение реакции.

3. Получение, сбор и распознавание углекислого газа

В пробирку объёмом 20 мл поместите кусочек мрамора и прилейте раствор уксусной кислоты. Что наблюдаете? Через 1—2 мин внесите в верхнюю часть пробирки горящую лучинку. Что наблюдаете? Запишите уравнение реакции в молекулярной и ионной формах.

В пробирку налейте 1—2 мл прозрачного раствора известковой воды. Используя чистую стеклянную трубочку, осторожно продувайте через раствор выдыхаемый вами воздух. Что наблюдаете? Запишите уравнение реакции в молекулярной и ионной формах.

4. Получение, сбор и распознавание аммиака

В пробирку прилейте 1—2 мл раствора хлорида аммония, а затем такой же объём раствора щёлочи. Закрепите пробирку в держателе и осторожно нагрейте на пламени горелки. Что наблюдаете? Запишите уравнение реакции в молекулярной и ионной формах.

Поднесите к отверстию пробирки влажную красную лакмусовую бумажку. Что наблюдаете? Осторожно понюхайте выделяющийся газ. Что ощущаете?

5. Получение, сбор и распознавание этилена

Соберите прибор для получения газов. Проверьте его на герметичность. В пробирку поместите несколько гранул или кусочков полиэтилена. Закройте пробкой с газоотводной трубкой и закрепите прибор в лапке штатива, как показано на рисунке 67. Нагрейте содержимое пробирки. Что наблюдаете? Пропустите полученный газ через подкисленный раствор перманганата калия. Что наблюдаете? Запишите уравнения проделанных реакций.

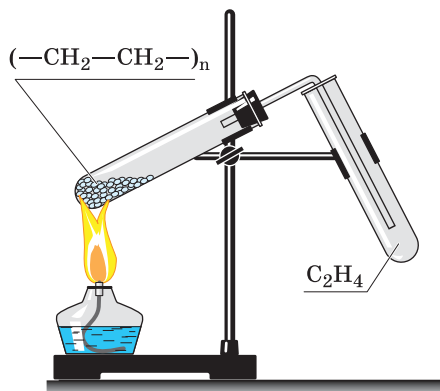


Рис. 67. Прибор для получения этилена деполимеризацией полиэтилена

3 Изучение химических реакций

Цель работы: закрепить на практике сведения о классификации химических реакций и факторах, от которых зависит скорость их протекания.

Оборудование и реактивы: пробирки, спиртовки, пробиркодержатели, химические стаканы, мерная посуда. Растворы сульфата меди(II), соляной, серной и уксусной кислот, оксид меди(II), канцелярская кнопка или скрепка, гранулы цинка и кусочки железа приблизительно одинакового размера, мрамор (в порошке и крошке).

Ход работы

1. Налейте в пробирку 2 мл раствора сульфата меди (II) и опустите в него канцелярскую кнопку или скрепку. Что наблюдаете? Запишите уравнения реакции в молекулярной и ионной формах. Рассмотрите окислительно-восстановительные процессы. На основе молекулярного уравнения отнесите эту реакцию к той или иной группе реакций на основании следующих признаков:

- по числу и составу реагирующих и образующихся веществ (как вы наверняка знаете, по этому признаку различают реакции соединения, разложения, замещения и обмена, в том числе и реакции нейтрализации);

- по направлению (напомним, что по этому признаку реакции делятся на обратимые и необратимые);

- по тепловому эффекту (различают реакции эндо- и экзотермические, в том числе и реакции горения);

- по изменению степеней окисления элементов, образующих вещества, участвующие в реакции (окислительно-восстановительные и без изменения степеней окисления);

- по агрегатному состоянию реагирующих веществ (гомогенные и гетерогенные);

- по участию катализатора (некаталитические и каталитические, в том числе и ферментативные).

2. Налейте в две пробирки по 1—2 мл соляной кислоты и опустите в первую — гранулу цинка, во вторую — кусочек железа такого же размера. Природа какого реагента оказывает влияние на скорость взаимодействия кислоты с металлом? Почему? Запишите уравнения реакций в молекулярной и ионной формах. Рассмотрите их с позиции окисления-восстановления.

3. Опустите в две пробирки по одинаковой грануле цинка и прилейте к ним растворы кислот одинаковой концентрации: в первую — соляной кислоты, во вторую — уксусной. Природа какого реагента ока-

зывает влияние на скорость взаимодействия кислоты с металлом? Почему? Запишите уравнения реакций в молекулярной и ионной формах. Рассмотрите их с позиции окисления-восстановления.

4. Прилейте в первую пробирку 3 мл соляной кислоты, во вторую — 2 мл, в третью — 3 мл. Затем добавьте во вторую пробирку 1 мл воды, а в третью — 2 мл. Следовательно, в пробирках будут одинаковые объёмы раствора кислоты, которые, однако, будут отличаться концентрацией. В какой из пробирок концентрация выше, а в какой — ниже? Опустите в каждую пробирку по грануле цинка. В какой из пробирок скорость выделения водорода выше? Почему?

5. Прилейте в две пробирки по 1 мл соляной кислоты и опустите: в первую пробирку — гранулу цинка (или кусочек мрамора), во вторую — порошок цинка (или мраморную крошку). В какой из пробирок скорость выделения газа выше? Почему?

6. В две пробирки насыпьте с помощью шпателя немного чёрного порошка оксида меди(II) и прилейте в каждую по 3—4 мл раствора серной кислоты. Одну пробирку опустите в стакан с горячей водой, другую нагрейте с помощью пробиркодержателя на пламени спиртовки. Что наблюдаете?

Объясните результат наблюдений. Запишите уравнения реакций в молекулярной и ионной формах.

4 Сборка гальванического элемента и испытание его действия

Цель работы: изготовить простейшую модель гальванического элемента и исследовать зависимость напряжения на его выводах от материала электродов и силы тока в цепи.

Оборудование: два медных, цинковый и графитовый электроды, миллиамперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода, стакан с раствором поваренной соли (3 г NaCl на 100 мл H_2O).

Ход работы

Одним из наиболее простых гальванических элементов является элемент Вольта. Он состоит из медной и цинковой пластин, называемых **электродами** элемента, погружённых в слабый раствор серной кислоты. Медь при этом заряжается положительно, а цинк — отрицательно. Положительный электрод принято называть анодом, а отрицательный — катодом.

1. Соберите гальванический элемент, используя стакан с раствором поваренной соли в воде, цинковый и медный электроды. Затем к цепи присоедините ключ и вольтметр. Ключ до начала наблюдений размыкают. Обратите внимание на полярность подключения вольтметра.

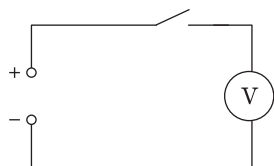


Рис. 68

Его гнездо, помеченное знаком «+», должно соединяться через ключ с медным электродом.

Принципиальная схема собранной вами установки показана на рисунке 68.

После того как цепь собрана, замкните ключ, определите и запишите показание вольтметра.

2. Исследуйте зависимость напряжения на электродах от материала, из которого они изготовлены.

Для этого повторите опыт (см. п. 1), заменив один медный электрод графитовым. Для его изготовления используется кусочек карандашного грифеля и провод с оголёнными концами. Один конец прикручивают к грифелю, а второй используется для подключения в цепь.

Опыт повторяют ещё несколько раз, используя электроды в различных сочетаниях. Для наглядности результаты измерений заносят в таблицу.

№ опыта	Электроды	Напряжение на электродах, В
1	Графит — медь	
2	Графит — цинк	
3	Медь — цинк	
4	Медь — медь	

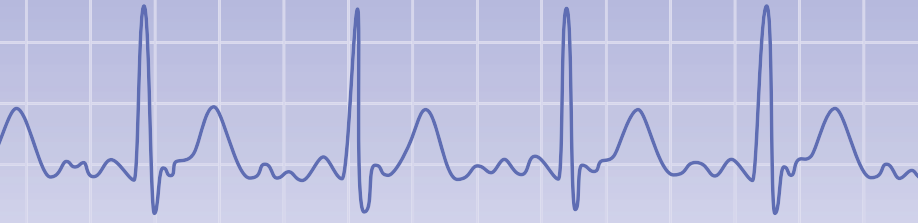
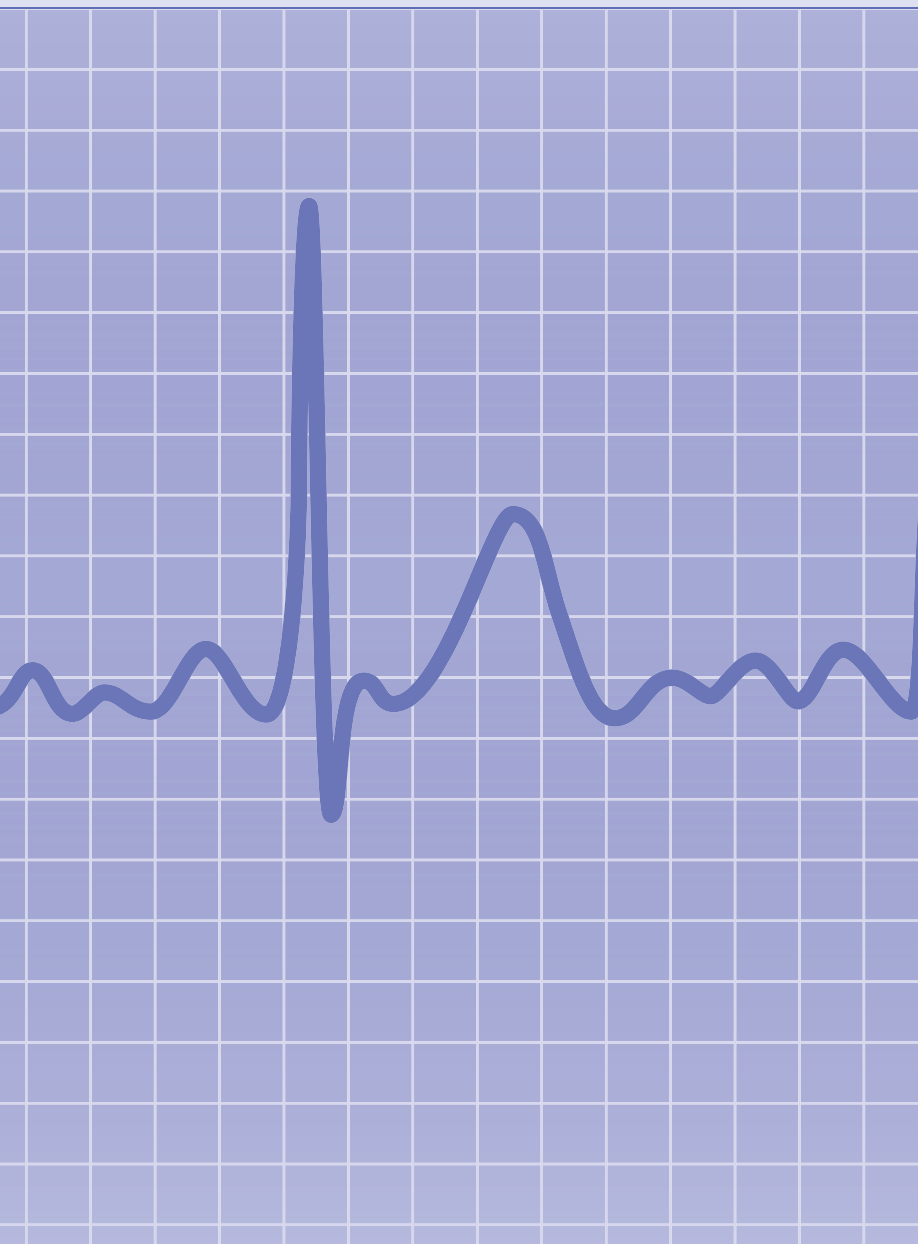
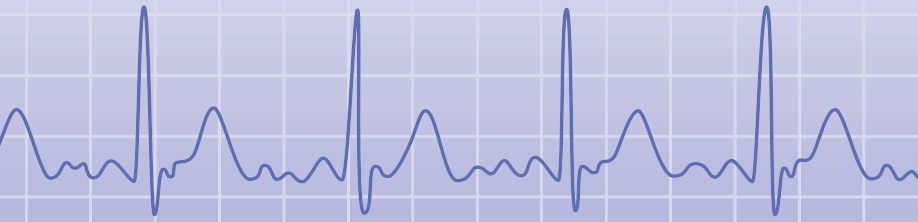
Сделайте вывод, в каком случае наблюдается наибольшее значение напряжения.

глава



Человек и его здоровье





§ 16. Систематическое положение человека в мире животных

1. Вспомните, что изучает палеонтология, приведите примеры вымерших организмов на Земле.
2. Дайте определение биосферы как оболочки Земли.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА. ПРИЗНАКИ СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ ЧЕЛОВЕКА И ОБЕЗЬЯНЫ. Создатель первой научной классификации растений и животных **К. Линней** (1707—1778) с изумлением констатировал: «До чего же похож на человека зверь гнусный — обезьяна!» — и вынужден был отнести человека и обезьян в одну систематическую группу.

Давайте повторим основные систематические (таксонометрические) группы, принятые в биологии, и вспомним важнейшие признаки, характеризующие каждую такую группу применительно к человеку.

Человек принадлежит к *типу Хордовые*, так как у его эмбриона (рис. 69) в процессе развития появляются хорда, жаберные щели, нервная и пищеварительная трубки.

К *подтипу Черепные* человека позволяет отнести наличие позвоночного столба и скелета головы — черепа (рис. 70), двух пар конечностей, положение сердца на брюшной стороне тела.

К *классу Млекопитающие* человек относится в силу наличия у него теплокровности, пары молочных желёз, волосяного покрова,



Рис. 69. Стадии развития эмбриона человека

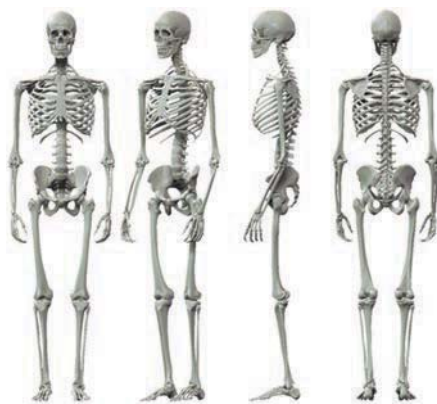


Рис. 70. Скелет человека

дифференциации зубов, диафрагмы (мышечной грудобрюшной перегородки) и т. д.

Принадлежность человека к *подклассу Плацентарные*, очевидно, определяют развитие плода внутри матери и его питание через плаценту.

Человек является представителем *отряда Приматы*, к которому принадлежат полуобезьяны (лемуры, долгопяты) и обезьяны. Подобно им, человек имеет пятипалые конечности хватательного типа с ногтями, крупный головной мозг с развитыми большими полушариями, цветное бинокулярное зрение.

Принадлежность человека к *семейству Гоминид* определяют данные сравнительной анатомии, молекулярной биологии, физиологии, патологии и др. Наиболее близок человек к африканским человекообразным обезьянам (горилле и особенно шимпанзе). И человек, и эти обезьяны (рис. 71) имеют крупный головной мозг с развитыми бороздами и извилинами, похожее строение внутренних органов (почек, лёгких и т. д.), аппендикс, четыре группы крови и сходные иммунные свойства, идентичный обмен веществ и энергии (только человек и близкие к нему обезьяны выделяют мочевую кислоту), близкие сроки беременности, наличие одинаковых паразитов (например, вшей) и болезней (сифилиса, проказы). Методы иммунологии позволили выявить сходство белков крови человека и высших человекообразных обезьян: последовательность аминокислот в гемоглобине крови человека и шимпанзе совпадает полностью, а вот с гемоглобином крови гориллы имеются два различия, что свидетельствует о более далёком родстве человека и гориллы.

Похожи и молекулярно-генетические характеристики человека (46 хромосом) и близких к нему обезьян (48 хромосом). Доказано, что у человека одна хромосома из второй пары образовалась в результате слияния двух хромосом шимпанзе. Если взять половинку двойной спирали ДНК человека и соединить её со второй половинкой ДНК обезьяны, то между двумя такими цепями комплементарно образуются водородные связи. Они не будут возникать там, где нуклеотидные последовательности в молекуле ДНК различаются. Было установлено,



Рис. 71. Человекообразные обезьяны

что наибольшим генетическим родством с человеком обладает карликовый шимпанзе бонобо (99%), а наименьшим — гиббон (48%).

Линия человека отделилась от общей с обезьянами не ранее 10 и не позднее 6 млн лет назад. Первые достоверные представители рода *Ното, Человек*, появились около 2 млн лет назад, а современный человек — не позднее 40 тыс. лет назад. Все современные люди принадлежат к одному виду.

Родовое и видовое название человека — *Homo sapiens*, или *Человек разумный*, — показывает, что, несмотря на целый ряд сходств с обезьянами, у человека имеются и значительные отличия, связанные прежде всего с прямохождением, развитием головного мозга и социальным образом жизни.

ПРЯМОХОЖДЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА. В морфологическом плане эти отличия относятся, в первую очередь, к скелету. Сколько же костей насчитывает скелет человека? Герой романа Л. Фейхтвангера «Иудейская война» по имени Иосиф подчёркивал: «Наши женщины воспитываются не для молитв... Они обязаны соблюдать запреты, но не повеления. У нас есть триста шестьдесят пять повелений, по числу дней в году, и двести сорок восемь запретов, по числу костей в человеке».

В современной анатомии указывают неопределённое число костей — более 200 или в среднем 208. Количество костей у разных людей действительно варьируется. Связано это с индивидуальной изменчивостью, а также с наличием или отсутствием маленьких, напоминающих семена кунжута сесамовидных косточек, расположенных в толще сухожилий и обычно лежащих на поверхности других костей. Одну такую косточку, но большую и постоянную знает каждый — это надколенник, или коленная чашечка. Различается и число позвонков — 33 или 34. Такой элемент неопределённости возник из-за колеблющегося количества позвонков, в первую очередь, в копчике — 4 или 5.

В отличие от обезьян, у человека наблюдается S-образный позвоночник с четырьмя изгибами: 2 лордоза — шейный и поясничный и два кифоза — грудной и крестцовый. Это связано с прямохождением.

На каждый элемент позвоночного столба падает определённая нагрузка. Наибольшая величина её приходится на поясничный отдел, поэтому там и позвонки наиболее массивные, и амортизационный изгиб чётко выражен. А помогают смягчать толчки при прямохождении

Искривился позвоночник, как оглоблей ударенный,
Но учёному ли думать о пустяковом изъяне?
Он знает отлично написанное у Дарвина,
Что мы — лишь потомки обезьяны.

В. В. Маяковский



специальные хрящевые диски между позвонками, которые не только частично поглощают неизбежно возникающие нагрузки, но и соединяют и удерживают позвонки между собой, позволяя выполнять разнообразные движения.

У человека вертикальное положение, позволяющее длительное время стоять (опора), ходить и бегать, обусловило иную, по сравнению с обезьянами, анатомию как верхних, освободившихся от функции передвижения, так и нижних конечностей. Центр тяжести тела человека лежит в области таза на линии, проходящей вдоль бедра, колена и голени. У шимпанзе он вынесен спереди от живота, что облегчает обезьяне хождение с опорой на четыре конечности и позволяет лазать по деревьям.

Значительная доля массы конечностей человека приходится на мышцы — около 50% всей мускулатуры составляют мышцы ног, которые удерживают тело. Например, наибольшее развитие получили такие мышцы, как икроножные, четырёхглавые и разгибатели бедра. Очень развиты ягодичные мышцы.

Верхние конечности утратили функцию опоры при передвижении и превратились в руки, которые являются как «продуктом», так и «орудием» труда.

Большой палец кисти полностью противопоставлен остальным, что способствует подвижности руки и позволяет ей выполнять разнообразные точные движения: писать, рисовать, шить, играть на музыкальных инструментах и др. Сохранились описания кистей рук музыкантов (например, скрипача Н. Пaganини) и хирургов (И. Пирогова). М. Горький очень точно описал руки такого труженика, каким был Л. Толстой: «У него удивительные руки — некрасивые, узловатые от расширенных вен и всё-таки исполненные особой выразительности и творческой силы. Вероятно, такие руки были у Леонардо да Винчи». Настоящий гимн рукам представляют собой скульптуры О. Родена «Рука Бога» и «Собор» (рис. 72).

На подушечках пальцев людей сильно развиты папиллярные узоры (рис. 73), индивидуальные у каждого человека. Именно отпечатки пальцев и позволяют детективам определить преступника.



а



б

Рис. 72. Огюст Роден. Скульптуры: а — «Рука Бога»; б — «Собор»



Рис. 73. Папиллярные узоры пальцев человека

Стопа человека стала как органом опоры, так и амортизатором от толчков и сотрясений, которые испытывают не только ноги, но и остальные части скелета и находящиеся под их защитой внутренние органы.

Прямохождение привело и к изменению формы грудной клетки. Она стала более округлой и уплощённой в переднезаднем направлении. Этот же фактор определил и форму таза, который характеризуется низкой расширенной формой.

РАЗВИТИЕ ЧЕРЕПА И ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА. Прямохождение и возникновение речи наложило отпечаток и на череп.

В черепе человека произошло смещение точки опоры головы вперёд, а возникновение речи и изменение процесса питания (зубы перестали быть средством защиты или нападения, и отпала необходимость в грубой переработке пищи) привело к уменьшению размеров челюстей и в целом лицевой части черепа. Мозговая же часть черепа, наоборот, увеличилась, так как увеличилась масса головного мозга. В процессе развития происходило как бы выдвижение мозговой части черепа над лицевой. У новорождённых детей мозговая часть значительно превышает по величине лицевую — в отношении 8 : 1. По мере взросления происходит увеличение лицевой части черепа и соотношение в итоге становится 2 : 1.

Мышцы черепа человека также отличаются от мышц обезьян. У человека очень развиты мимические мышцы, что связано с развитием его эмоциональной сферы.

Увеличение головного мозга явилось следствием мощного развития больших полушарий и дифференциации его областей, ответственных за мышление и речь (в первую очередь лобных, теменных и височных долей). Эти доли ответственны за высшую нервную деятельность. У человека она характеризуется наличием не только первой сигнальной системы, ответственной за восприятие раздражений анализаторами, но и второй сигнальной системы, в основе которой лежит способность человека воспринимать (читать или

...А в минуту печали земля
Подарила мне шар головы,
Так похожий на землю и солнце.
Э. Межелайтис



слышать) устную или письменную речь. Таким образом, вторая сигнальная система становится внегенетическим способом передачи информации в поколениях людей через обучение и воспитание.

Недаром человеческие детёныши, воспитанные животными (например, как Маугли — волками) или лишённые общения с людьми в процессе развития, не могут говорить, понимать речь, ведут себя подобно животным. Поэтому рассказанная Р. Киплингом история о Маугли — это, конечно, сказка.

Всё вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что человек — это не только биологическое, но и социальное существо.



В следующем параграфе вы узнаете о генетике человека, о методах её изучения и о генетических заболеваниях, которые составляют приблизительно десятую часть от всех заболеваний человека.

Теперь вы знаете

- ▶ систематическую характеристику человека; признаки сходства и различия человека и обезьяны
- ▶ какое влияние прямохождение оказало на скелет человека
- ▶ как происходит развитие черепа и головного мозга человека

Теперь вы можете

- ▶ перечислить признаки, которые позволяют отнести человека и обезьяны в одну систематическую группу
- ▶ дать сравнительную характеристику скелета человека и обезьяны
- ▶ описать вторую сигнальную систему, ответственную за речь и мышление
- ▶ объяснить, как в процессе эволюции изменялась форма черепа и развивался мозг человека

Выполните задания

1. Назовите создателя первой научной классификации растений и животных, основные систематические единицы этой классификации, приведите примеры.
2. Объясните, почему Человека разумного относят к типу Хордовые, подтипу Черепные, классу Млекопитающие, подклассу Плацентарные и отряду Приматы; перечислите другие классы, которые выделяют в подтипе Черепные.
3. Определите, чем отличаются первая и вторая сигнальные системы человека.

4. Опишите, как переход к прямохождению отразился на особенностях строения скелета человека — его черепа, позвоночного столба, грудной клетки, верхних и нижних конечностей, мышц головы и конечностей.
5. Охарактеризуйте человека как биосоциальное существо.
6. В прежние времена преподаватели анатомии, обожающие публичные эффекты, бросали на пол череп молодого человека и череп старика. Первый подпрыгивал как мячик, а второй раскалывался на куски. Объясните почему.

☉ Темы для рефератов

1. Человекообразные обезьяны.
2. Антропология — наука о происхождении и эволюции человека.
3. Дактилоскопия и хиромантия.

§ 17. Генетика человека

1. Опишите, как построена молекула ДНК.
2. Охарактеризуйте хромосомы человека.
3. Перечислите признаки, которые, если вы знаете, передаются по наследству в вашем роду.
4. Объясните, что такое «лысенковщина», проиллюстрировав это понятие отрывками из романа В. Дудинцева «Белые одежды», если вы его читали.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГЕНЕТИКИ. В курсе биологии основной школы вы изучали генетику, и с некоторыми её понятиями знакомились ранее и в нашем курсе.

Генетика — наука о наследственности и изменчивости.

Однако терминология этого раздела биологии широко распространена не только в науке, но и в средствах массовой информации, даже в поэзии и в обыденной речи.

Вспомним содержание основных понятий.

Наследственность — способность организмов передавать свои признаки и особенности развития потомству, т. е. обеспечивать преемственность между поколениями.

Знай: мы в забвение не канем,
Как в пропасть падающий камень,
Как пересохшая река.
Наследственность бессмертной птицей
Влюблённым на плечи садится,
Зовёт в грядущие века.

В. Шефнер



Наследование — передача генетической информации от одного поколения организмов к другому.

Изменчивость — способность организмов приобретать признаки отличия среди представителей данного вида и от родительских форм.

Ген — единица наследственности, участок молекулы ДНК, несущий информацию об одном белке.

Хромосомы — системы линейно расположенных и сцепленных генов, постоянные, структурные компоненты ядра, носители и хранители генетической информации. У человека 46 хромосом (23 пары), из которых 22 пары — аутосомы, а 1 пара — половые хромосомы (у мужчин XY, а у женщин XX).

Гомологичные хромосомы — хромосомы, сходные по форме, по размерам, по набору генов, но различные по происхождению: материнская и отцовская.

Мутации — стойкие наследуемые изменения генетического материала.

Аллельные гены — гены, расположенные в одних и тех же участках (локусах) гомологичных хромосом и ответственные за развитие одного признака.

Аллели — различные формы проявления одного гена.

Геном — совокупность генов, содержащихся в гаплоидном (одинарном) наборе хромосом данного вида организмов.

Генотип — совокупность всех генов какой-либо клетки или целого организма.

Генофонд — совокупность генов особей данной популяции или вида.

Фенотип — совокупность внешних и внутренних признаков и свойств организма, сформировавшихся на основе взаимодействия его генотипа с условиями внешней среды.

Доминирование — явление преобладания одного признака над другим. Соответственно ген, определяющий этот признак, называется доминантным, а ген, определяющий подавленный (не проявляющийся в фенотипе) признак, называется *рецессивным*.

ГЕНОМ ЧЕЛОВЕКА. Как вы уже знаете, ДНК структурно состоит из отдельных «кирпичиков» — **нуклеотидов**. Имеется четыре вида нуклеотидов, отличающихся друг от друга азотистыми основаниями, — аденином (А), гуанином (Г), цитозином (Ц), тиминем (Т). (Молекула РНК также состоит из четырёх видов нуклеотидов, образованных такими же азотистыми основаниями, только вместо тимина РНК содержит урацил — У.) В молекуле ДНК нуклеотиды соединяются друг за другом, образуя длинные цепи. Нуклеотиды расположены в ДНК не в случайном порядке, они образуют «слова» генетического языка, т. е. гены.

В 1990 г. была создана Международная организация по изучению генома человека. С самого начала работ по геномному проекту учёные договорились об открытости и доступности всей получаемой информа-

ции для его участников независимо от их вклада и государственной принадлежности. Все 23 пары хромосом человека были поделены между странами-участницами для *секвенирования* (от англ. *sequencing* — последовательность) — определения последовательности нуклеотидов в цепочке ДНК. В решении этой задачи принимали участие несколько тысяч учёных из 20 стран мира, работающих в различных областях науки — молекулярной биологии, органической и биологической химии, физике, математике, информатике. Это был один из наиболее дорогостоящих проектов в истории науки, сопоставимый разве что со знаменитым адронным коллайдером. Международная программа «Геном человека» решала задачу составления генетических карт (рис. 74) каждой из хромосом человека, т. е. схем, отображающих реально существующий линейный порядок размещения генов в них. Эта задача была успешно решена в 2000 г.

В результате был создан международный банк данных о последовательности нуклеотидов ДНК в хромосомах человека, а также о последовательности аминокислот в большинстве белков организма человека. Было выяснено, что геном человека содержит 30—40 тыс. отличающихся друг от друга генов. Средняя длина генов составляет около 50 тыс. пар нуклеотидов. Самые короткие, например гены одного из эндорфинов (гормонов пептидной природы, обладающих способностью уменьшать боль и влиять на эмоциональное состояние), содержат всего 20 нуклеотидов. Самый длинный ген — ген миодистрофина (мышечного белка) — состоит из 2,5 млн нуклеотидов.

В настоящее время в мире полностью расшифрованы структуры генов, ответственных за многие болезни человека, в том числе и такие серьёзные, как болезнь Альцгеймера, мышечная дистрофия (рис. 75), наследственный рак молочной железы и яичников. Ещё в 1999 г. была установлена структура 22-й хромосомы и определены функции половины её генов. С дефектами в них связано 27 различных заболеваний, в том числе и шизофрения. Самым эффективным способом лечения боль-

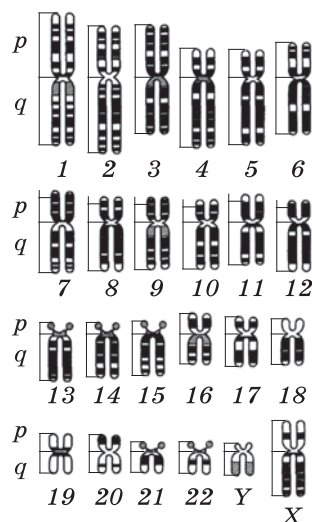


Рис. 74. Схематические карты хромосом человека при дифференциальной окраске

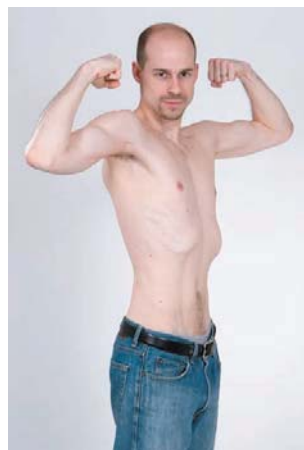


Рис. 75. Мужчина с мышечной дистрофией

ных является замена дефектного гена здоровым. Например, с помощью введения здоровых копий вместо повреждённого гена удалось добиться существенного облегчения состояния ребёнка, страдающего тяжёлым врождённым иммунодефицитом.

Результаты секвенирования имеют очень большое значение и при идентификации новых генов, и при выявлении среди них тех, которые обуславливают предрасположенность к тем или иным заболеваниям. Так, есть данные о генетической предрасположенности к алкоголизму и наркомании, открыто уже 7 генов, дефекты в которых приводят к токсикомании. Это позволит проводить раннюю диагностику заболеваний, предрасположенность к которым уже установлена.

Было также обнаружено, что разные аллели одного гена могут обуславливать разные реакции людей на отдельные лекарственные препараты. Следовательно, производство таких лекарств должно носить не массовый, а индивидуальный характер. Появилось новое направление генетики — *фармакогенетика*, которая изучает, как те или иные особенности строения ДНК могут повлиять на эффективность лечения.

Важное значение расшифровка генома человека имеет для идентификации личности. Чувствительность методов геномной идентификации такова, что достаточно одной капли крови или слюны, одного волоса, чтобы с абсолютной достоверностью (99,9%) установить родственные связи между людьми.

Расшифровка генома человека позволила создать такое направление генетики, как *этногеномику*. Этнические группы, населяющие Землю, имеют некоторые групповые генетические признаки, характерные только для данного этноса. Получаемая информация в ряде случаев может подтвердить или опровергнуть этнографические, исторические, археологические, лингвистические гипотезы.

Ещё одно интересное направление — *палеогеномика*, занимающаяся исследованием ДНК, извлечённой из останков людей, найденных в древних захоронениях.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИКИ ЧЕЛОВЕКА. В настоящее время изучен характер наследования около 2000 признаков. Изучение генетики человека позволяет диагностировать, лечить и предсказывать вероятность возникновения того или иного заболевания, проявление того или иного признака. Для профилактики и прогнозирования вероятности генетического заболевания созданы медико-генетические консультации.

Наиболее известны генеалогический, близнецовый, цитогенетический методы изучения генетики человека.

Генеалогический метод — самый ранний из методов изучения генетики человека. Он основан на составлении родословной человека и изучении характера наследования признаков. Суть его состоит в

установлении родословных связей и определении доминантных и рецессивных признаков (рис. 76) и характера их наследования. Особенно эффективен этот метод при исследовании генных мутаций. Метод включает два этапа: сбор исторических сведений о наибольшем числе предшествующих поколений рода и генеалогический анализ этих сведений. Родословная составляется, как правило, по одному или нескольким признакам. С помощью этого метода удалось определить, что гемофилия, распространённая в царских домах Европы, передавалась сцепленно с полом. И хотя носителем рецессивного гена были женщины, болели ею исключительно мужчины.

Главным образом с помощью генеалогического метода установили доминантные и рецессивные признаки человека (табл. 7).



Рис. 76. Семейная фотография.
Докажите, что у папы в роду были голубоглазые блондины

ТАБЛИЦА 7
ДОМИНАНТНЫЕ И РЕЦЕССИВНЫЕ ПРИЗНАКИ ЧЕЛОВЕКА

Признак	Доминантный	Рецессивный
Размер глаз	Большие	Маленькие
Цвет глаз	Карие	Голубые
Острота зрения	Близорукость	Нормальная
Ямочки на щеках	Есть	Нет
Подбородок	Прямой	Отступающий назад
	Широкий	Узкий и острый
Выступающие зубы и челюсти	Есть	Нет
Щель между резцами	Есть	Нет
	С мелкими завитками	Вьющиеся, волнистые
	Жёсткие, прямые, «ёжик»	Прямые, мягкие
	Вьющиеся	Волнистые или прямые
Тёмные	Светлые	Светлые
	Светлые	Светлые
Седина	В возрасте 25 лет	В возрасте 40 лет
Облысение	У мужчин	У женщин

Признак	Доминантный	Рецессивный
Способность свёртывать язык трубочкой	Есть	Нет
Цвет кожи	Тёмный	Светлый
Веснушки	Есть	Нет
Преобладающая рука	Правая	Левая
Абсолютный музыкальный слух	Есть	Нет

Близнецовый метод изучает влияние среды на развитие различных признаков в фенотипе при одинаковом генотипе идентичных близнецов. *Идентичные (однойцовые)* близнецы образуются из одной оплодотворённой яйцеклетки, разделившейся на ранней стадии развития на две части. В этом случае развиваются не один, а сразу два зародыша. Они имеют одинаковый генетический материал, всегда одного пола, и наиболее интересны для изучения. Сходство у таких близнецов почти абсолютное (рис. 77). Мелкие различия могут объясняться влиянием условий развития. Этот метод позволил выяснить, что цвет глаз, форма и цвет волос, группа крови и резус-фактор определяются только генотипом и не зависят от воздействия внешней среды. Инфек-

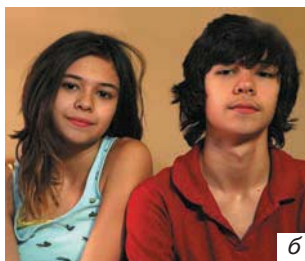


Рис. 77. Близнецы:
а — однойцовые
(идентичные);
б — разнойцовые

ционные заболевания, хотя и вызываются бактериями и вирусами, зависят в некоторой степени от наследственной предрасположенности. А вот гипертония и ревматизм зависят от генотипа в меньшей степени, и их развитие определяется внешними факторами.

Цитогенетический метод заключается в микроскопическом исследовании структуры хромосом и их количества у здоровых и больных людей. Этот метод позволяет диагностировать и предложить программы лечения хромосомных и геномных болезней. Они в большинстве случаев не наследуются. Хромосомные синдромы, обусловленные изменениями структуры хромосом, встречаются сравнительно редко: один случай на десятки тысяч новорождённых. Наиболее изучен синдром «кошачьего крика», основное проявление которого — необычный плач ребёнка возникает из-за патологии гортани и голосовых связок. Из геномных болезней, в результате которых

изменяется число хромосом, наиболее детально изучен синдром Дауна. В его основе лежит появление лишней хромосомы (трисомия). Главными признаками болезни Дауна являются монголоидный тип лица, умственная отсталость. При синдроме Дауна наблюдаются пороки сердца и крупных сосудов, органов пищеварительного тракта, также снижение продолжительности жизни из-за болезней, сопутствующих синдрому.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ (НАСЛЕДСТВЕННЫЕ) ЗАБОЛЕВАНИЯ. Примерно десятая часть всех болезней человека и предрасположенности к ним определяется генами. Соответственно различают генетические (наследственные) заболевания и заболевания с генетической предрасположенностью.

Заболевания с генетической предрасположенностью, как показал близнецовый метод изучения генетики человека, зависят и от генотипа, и от среды (уже упомянутые ревматизм и гипертоническая — ишемическая болезнь, а также сахарный диабет, язвенные болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, многие онкологические заболевания, шизофрения и др.).

Известно несколько тысяч **генетических заболеваний**. Их можно разделить на уже знакомые вам геномные и хромосомные, а также генные, при которых изменяется последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК. Примером генных заболеваний может служить *галактоземия* — невозможность усваивать молочный сахар. Это заболевание связано с недостаточной активностью фермента, обеспечивающего превращение галактозы (молочного сахара) в глюкозу. При этом наблюдаются желтуха, поражение печени и селезёнки, катаракта, а главное — умственная отсталость. Диета, не содержащая молочного сахара, предотвращает развитие указанных симптомов.

Очевидно, что болезни можно победить, лишь зная их. Ведь каждый человек, казалось бы абсолютно здоровый, может нести в себе скрытую болезнь или обладать «больным» геном. И ещё: для того чтобы бороться с болезнями, надо хорошо знать, как работают органы и системы органов человека.

Те, кто здоров, те, кто во цвете лет,
По простоте своей считать готовы,
Что в этом мире смерти вовсе нет,
Что все сильны на свете и здоровы.

А мне с вершины зрелости своей,
Достаточно лежавшему в больницах,
Порою кажется, что нет людей,
Внутри которых хвори не таится.

Р. Гамзатов



Поэтому следующий параграф будет посвящён действиям законов физики в организме человека.

☉ Теперь вы знаете

- ▶ основные понятия генетики
- ▶ что такое геном человека и как он изучался на международном уровне
- ▶ методы изучения генетики человека
- ▶ чем вызываются генетические (наследственные) заболевания

☉ Теперь вы можете

- ▶ перечислить четыре вида нуклеотидов, из которых построена молекула ДНК
- ▶ объяснить, что изучает фармогенетика, этногенетика и палеогенетика
- ▶ назвать методы изучения генетики человека
- ▶ определить, что такое секвенирование и какие задачи с его помощью были решены

☉ Выполните задания

1. Дайте определения следующих понятий: «генетика», «наследственность», «изменчивость», «хромосомы», «гомологичные хромосомы», «геном», «генотип», «генофонд», «фенотип», «доминантные гены», «рецессивные гены». Приведите примеры последних двух понятий и назовите признаки, за которые они отвечают.
2. Объясните, в чём суть международного проекта «Геном человека» и каковы его результаты.
3. Сформулируйте, какие болезни называются хромосомными, геномными, генными, какие имеют предрасположенный характер. Приведите примеры таких заболеваний.
4. Голубоглазый смуглый курчавый мужчина с отрицательным резус-фактором женился на кареглазой, белокожей, прямоволосой женщине с положительным резус-фактором. Опишите признаки, которые будут у детей в этой семье, если допустить, что указанные признаки наблюдались у родителей в нескольких предыдущих поколениях.

☉ Темы для рефератов

1. Г. Мендель — основоположник учения о наследственности. 2. История развития генетики в России. 3. Достижения современной генетики. 4. Династия Габсбургов: семейные признаки и наследственные болезни. 5. Гемофилия — проклятие дома Романовых.

§ 18. Физика человека

1. Сформулируйте первый и второй законы термодинамики.
2. Объясните, очки с какими диоптриями носят при близорукости и при дальнозоркости.

Человек — существо биологическое. Однако нормальное функционирование его организма происходит в полном соответствии и с законами физики. Процессы обмена веществ, энергии и информации, которые являются обязательным условием существования всего живого, протекают согласно первым двум законам термодинамики. Их мы рассматривали ранее, поэтому остановимся на некоторых примерах, иллюстрирующих действие этих и других законов физики для отдельных органов и систем органов человека.

СКЕЛЕТ. Пятая часть массы тела взрослого человека приходится на скелет. В скелете взрослого человека насчитывается более 200 костей. В большинстве своём кости являются рычагами, с помощью которых совершаются разнообразные движения тела и его частей в пространстве.

Рычаги позволяют уменьшить нагрузку на скелет. Вспомним условия равновесия рычага. **Рычагом** называют стержень, имеющий точку опоры, вокруг которой он может вращаться. Существуют рычаги, имеющие точку опоры на конце стержня, и рычаги, точка опоры которых находится на некотором расстоянии от его концов (рис. 78). В первом случае, для того чтобы поднять груз, прикладывают силу, направленную вверх, во втором — направленную вниз.

Плечом (l) силы называют кратчайшее расстояние от точки опоры до линии, вдоль которой действует сила.

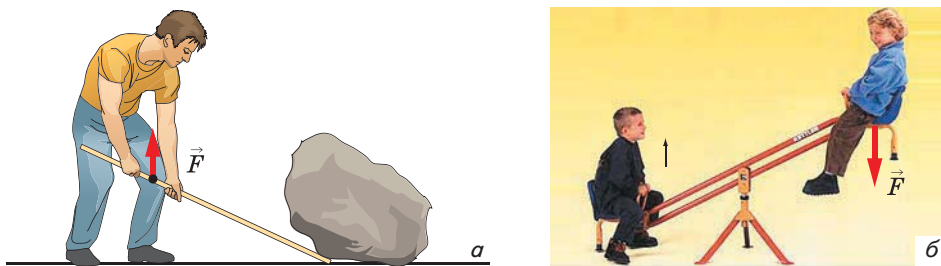


Рис. 78. Примеры рычагов: а — с точкой опоры на конце рычага; б — с точкой опоры посередине рычага

Величину, равную произведению силы и её плеча, называют **моментом силы** (M). Таким образом, $M = Fl$.

Рычаг находится в равновесии, если момент силы, действующей на него по часовой стрелке, равен моменту силы, действующей на него против часовой стрелки, т. е. $M_1 = M_2$ или $F_1 l_1 = F_2 l_2$.

Следовательно, если, например, на локтевую кость действует некоторая сила, то напряжение, возникающее в ней, может быть уменьшено за счёт увеличения плеча силы. По этой же причине после прыжка нельзя приземляться на прямые ноги — только на согнутые, так как сгибание ног позволяет уменьшить силу, действующую на кости ног.

Областью подвижных контактов костей являются суставы — одни из основных элементов опорно-двигательной системы. При работе рук,

ног и других костей скелета кости трутся друг о друга и могут разрушаться. Чтобы этого не произошло, в суставе (в так называемой суставной сумке) имеется жидкость, которая играет роль смазки и уменьшает трение. Многие заболевания суставов связаны с уменьшением или отсутствием такой смазки.

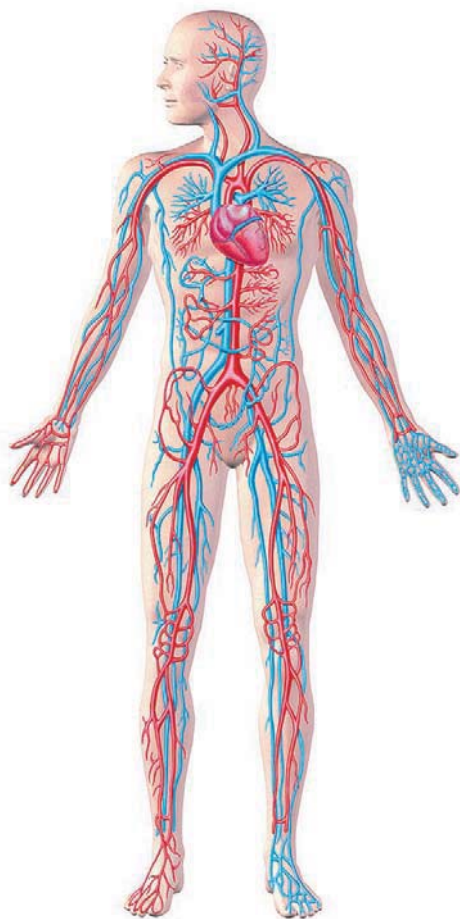


Рис. 79. Кровеносная система человека

СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ. Работающее *сердце* создаёт условия для возникновения электрического тока. При сокращении предсердий они заряжаются отрицательно по отношению к желудочкам, которые в это время находятся в расслабленном состоянии. Таким образом, при работе сердца возникает разность потенциалов, которую можно зафиксировать с помощью особого прибора — *электрокардиографа*. Так как тело человека хорошо проводит электрический ток, биопотенциалы, возникающие в сердце, могут быть обнаружены на поверхности тела. Для получения электрокардиограммы, т. е. записи биотоков сердца, электроды прикрепляют

на внутренние поверхности предплечий обеих рук, икроножную мышцу левой ноги и поверхность грудной клетки.

Под действием давления крови, поступающей из левого желудочка в аорту, этот кровеносный сосуд расширяется и в силу эластичности своих стенок возвращается в прежнее состояние, создавая, таким образом, колебательную волну, которая распространяется по артериям, — **пульс**. Его можно ощутить на лучевой артерии у запястья, где она расположена наиболее поверхностно. Пульс в норме у взрослого человека составляет 70—75 ударов в минуту.

В соответствии с законами гидродинамики, движение крови по сосудам определяется двумя причинами: разностью давления в начале и в конце сосуда и гидравлическим сопротивлением.

Количество крови, протекающее в единицу времени через кровеносную систему (рис. 79), тем больше, чем больше разность давлений в её артериальном и венозном концах и чем меньше сопротивление току крови. Эта закономерность получила название **основного гидродинамического закона**, который определяет и кровообращение в целом, и течение крови по отдельным сосудам.

Кровяное давление — давление крови на стенки кровеносного сосуда, измеряется в мм рт. ст. В различных отделах кровеносной системы оно разное:

- в аорте — 100 мм рт. ст.;
- в артериях — 90 мм рт. ст.;
- в капиллярах — 25 мм рт. ст.;
- в венах — 5 мм рт. ст.;
- в нижней полой вене — 3 мм рт. ст.

Различают артериальное, венозное и капиллярное давление крови. Величина **артериального давления** (рис. 80) у здорового человека является довольно постоянной: максимальное 100—120 мм рт. ст., минимальное 60—80 мм рт. ст. В течение суток наблюдается колебание значения артериального давления: днём оно выше, чем ночью. Значительное повышение артериального давления может наблюдаться при занятиях спортом, физическим трудом, а также в результате заболеваний. Повышенное артериальное давление называют *гипертонией*, а пониженное — *гипотонией*. Измеряют его с помощью специальных аппаратов — *тонометров*.

Газообмен происходит в капиллярах с помощью диффузии. Почему? Общее количество капилляров в системе сосудов большого



Рис. 80. Измерение артериального давления

круга кровообращения составляет около 2 млрд. Протяжённость их 800 км, площадь внутренней поверхности — 25 м², а вот объём крови во всех капиллярах равен объёму сердечного выброса — 63—65 мл. Поперечное сечение всего капиллярного русла в 500—600 раз больше поперечного сечения аорты, а потому и скорость тока крови в капиллярах в такое же число раз меньше скорости тока крови в аорте (0,5—1,0 мм/с). За время движения по капиллярам кровь успевает отдать в клетки тканей кислород и забрать из них углекислый газ.

Работа сердца создаёт разность давлений крови в артериальной системе и правом предсердии. Этот фактор, а также отрицательное давление в грудной клетке, сокращение скелетных мышц и наличие клапанов в венах позволяют крови совершать непрерывное движение от желудочков к предсердиям.

ВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА. Структурными и функциональными единицами почек, как вы знаете из курса биологии основной школы, являются особые тельца — **нефроны** (рис. 81).

Внутри нефрона расположен клубочек из 50 капиллярных петель. При этом приносящий кровь сосуд в 2 раза шире выносящего. Давление крови в приносящем сосуде 95 мм рт. ст., в капиллярном клубочке — 57 мм рт. ст., а в выносящем сосуде — лишь 25 мм рт. ст. В силу этого кровь фильтруется через мембраны клеток капиллярного клубочка. Так образуется первичная моча. Она состоит на 98% из воды и продуктов распада белков (мочевины, мочевой кислоты). Из неё образуется вторичная моча в результате обратного всасывания воды в кровь. Благодаря этому процессу человек не выпивает в день по бочке воды, так как первичной мочи образуется в каждой почке до 50—60 л, а вторичной мочи — лишь 1,0—1,5 л. Она накапливается в мочевом пузыре.

КОЖА. Процесс терморегуляции тоже протекает на основе законов физики, т. е. за счёт теплопроводности, конвекции, излучения и испарения воды.

В результате теплопроводности тело непосредственно отдаёт тепло окружающей среде, например воздуху. Далее вследствие конвекции более нагретый воздух поднимается вверх, а на его место

Какие печень и почки!
Какой мочевой пузырь!
Вот мужество одиночки.
Вот истинный богатырь.

Е. Евтушенко

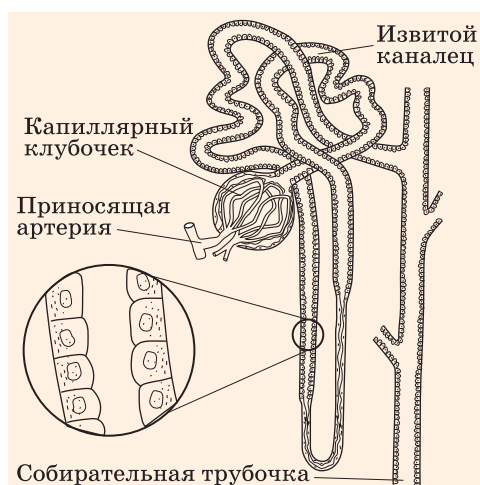


Рис. 81. Фрагмент выделительной системы

приходят слои воздуха, имеющие меньшую температуру. Теплопередача тем интенсивнее, чем больше разность температур поверхности тела и окружающего воздуха. Скорость теплопередачи увеличивается при движении воздуха, например при ветре. Так, при скорости ветра 1 м/с кожа охлаждается на 2,6 °С. Интенсивность теплопередачи во многом зависит от теплопроводности окружающей среды, например в воде теплопередача происходит быстрее, чем на воздухе, поскольку вода обладает большей теплопроводностью, чем воздух. Одежда уменьшает или даже прекращает теплопередачу.

Излучение происходит с помощью инфракрасных лучей тем интенсивнее, чем выше температура тела. Кожа (рис. 82) богата кровеносными сосудами, которые при повышении температуры окружающей среды расширяются и увеличивают процесс теплопроводности и излучения. При понижении температуры окружающей среды происходит обратный процесс.

Испарение воды с поверхности тела ($\frac{2}{3}$ влаги) и в процессе дыхания ($\frac{1}{3}$ влаги) также способствует терморегуляции. На испарение 1 г воды расходуется 2,4 кДж энергии. Этот процесс происходит при выделении пота. Даже при полном отсутствии видимого потоотделения через кожу в сутки испаряется до 0,5 л воды (невидимое потоотделение). При дыхании человек также выделяет ежедневно около 0,5 л воды (энергия при этом тратится не только на испарение воды из лёгких, но и на согревание выдыхаемого воздуха). Испарение 1 л пота у человека весом 75 кг может понизить температуру тела на 10 °С.

В состоянии покоя взрослый человек выделяет во внешнюю среду 15% энергии путём теплопроводности и конвекции, 65% — за счёт излучения, 20% — за счёт испарения воды.

ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА. Дыхание — неотъемлемый признак жизни человека. Мы дышим постоянно с момента рождения и до смерти. Дыхание — сложный непрерывный процесс, в результате которого постоянно обновляется газовый состав крови и происходит биологическое окисление в тканях. При этом освобождается скрытая химическая энергия, которая является источником всех жизненных процессов организма.

За счёт отрицательного давления в грудной полости (оно в состоянии покоя у человека на 6—9 мм рт. ст. ниже атмосферного) структурные единицы лёгкого — **альвеолы** — всегда находятся в растянутом состоя-

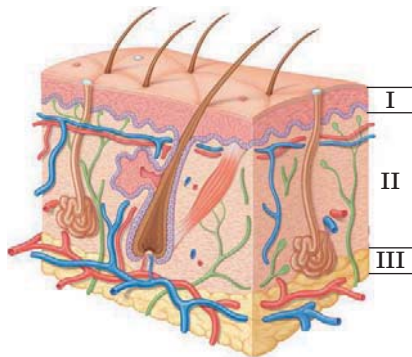


Рис. 82. Строение кожи: I — эпидермис; II — дерма; III — подкожная клетчатка

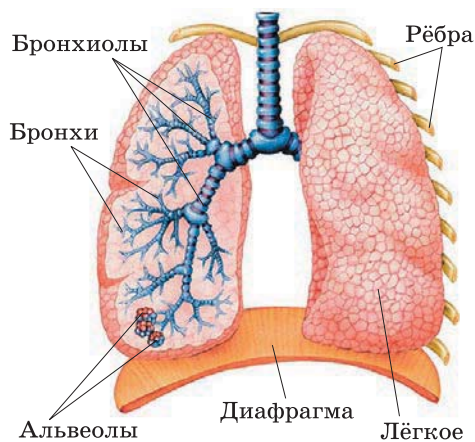


Рис. 83. Строение лёгкого

нии. Газообмен в лёгких (рис. 83) и тканях подчиняется физическим закономерностям. Вдыхаемый воздух — это смесь газов, каждый из которых переходит в кровь или тканевую жидкость в зависимости от величины его парциального давления. Под **парциальным давлением** понимают ту часть давления, которая приходится на отдельный газ в смеси газов (для кислорода оно составляет 102 мм рт. ст., а для углекислого газа — 5,33 мм рт. ст.). Газ всегда диффундирует из среды, где имеется высокое давление, в среду с меньшим давлением. Поэтому в альвеолах лёгких кислород из воздуха поступает в кровь, а углекислый газ из крови переходит в альвеолы. В тканях всё происходит наоборот.

Голосообразование обеспечивается не только специализированным для этого органом — **горланыю**, но и дыхательными мышцами живота, грудной клетки, диафрагмы, лёгкими, полостью рта, носом, губами и зубами. Для голоса характерны *сила* (зависит от давления выдыхаемого воздуха), *высота* (зависит от напряжения голосовых связок) и *тембр*. Тембр голоса всегда индивидуален, он зависит от резонаторов, т. е. различных полостей, заполненных воздухом. Голос так же неповторим, как радужная оболочка глаза или отпечатки пальцев.



Рис. 84. Центральная нервная система человека

НЕРВНО-МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА.

Между наружной поверхностью возбудимых клеток и их цитоплазмой существует разность потенциалов около 60—90 мВ. Такую разность потенциалов называют **потенциалом покоя** или

мембранным потенциалом. Внешняя сторона мембраны по отношению к внутренней стороне мембраны заряжена положительно.

При поступлении раздражения на участок нервного или мышечного волокна возникает волна возбуждений, перемещающаяся по мембране живой клетки в виде кратковременного изменения мембранного потенциала на небольшом участке возбудимой клетки, в результате которого наружная поверхность этого участка становится отрицательно заряженной по отношению к внутренней поверхности мембраны, в то время как в покое она заряжена положительно. Эту разность потенциалов между участками мышечного или нервного волокна называют **потенциалом действия**. Он является физиологической основой нервного импульса (рис. 84). Аналогичную биоэлектрическую природу имеют сигналы, идущие от центральной нервной системы в ответ на поступившее раздражение.

О деятельности головного мозга судят по его электрической активности. Разность потенциалов между участками головного мозга очень мала (несколько десятков микровольт), поэтому необходимо использовать усилители биотоков и осциллографы для их графической регистрации. Такой прибор для записи электрических колебаний головного мозга называется *электроэнцефалографом*, а кривая биопотенциалов — *электроэнцефалограммой*.

ЗРЕНИЕ. 90% всей информации, поступающей в мозг человека, даёт зрение. Исключительную роль в этом играет глаз. Напомним строение глаза (рис. 85), вы уже изучали его на уроках анатомии в основной школе. Глаз состоит из **белочной оболочки**, в передней части глаза образующей прозрачную **роговицу**, пропускающую свет. Под белочной расположена **сосудистая оболочка**, в переднем отделе она образует ра-

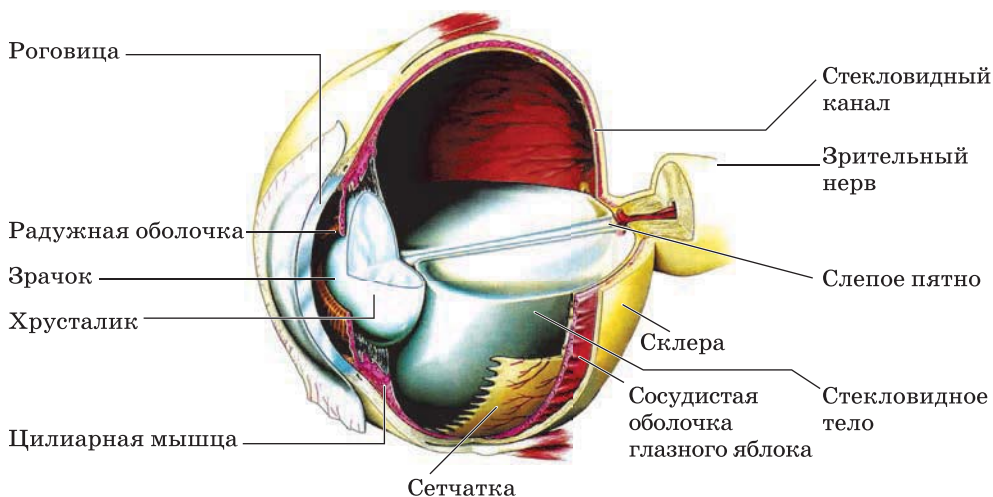


Рис. 85. Строение глаза человека

дужную оболочку и зрачок. Внутренняя оболочка — **сетчатка** — состоит из палочек, колбочек и нервных клеток, от которых возбуждение идёт в головной мозг. **Зрачок** — отверстие в радужной оболочке, за которой находится **хрусталик**, погружённый в водянистую жидкость. За ним расположено прозрачное **стекловидное тело**, оно заполняет внутреннюю часть глазного яблока.

Роговица, хрусталик и стекловидное тело составляют оптическую систему глаза, преломляющую световые лучи, в результате чего на сетчатке возникает уменьшенное перевёрнутое изображение рассматриваемого предмета.

Величину, которая характеризует преломляющую способность оптической системы глаза, называют **оптической силой** и обозначают буквой D .

Оптическая сила — величина, обратная фокусному расстоянию:

$$D = \frac{1}{F}.$$

Единицей оптической силы является *диоптрия* (дптр). 1 диоптрия — это оптическая сила линзы, имеющей фокусное расстояние в 1 м. При увеличении фокусного расстояния линзы её оптическая сила уменьшается. Преломляющая сила оптической системы глаза при рассматривании дальних предметов — около 59 дптр, а при рассматривании близких — 0,5 дптр.

Человек хорошо видит и близкие, и дальние предметы, изменяя кривизну хрусталика. При аномалиях наблюдается *дальнозоркость* (чёткое изображение рассматриваемого предмета возникает за сетчаткой) или *близорукость* (чёткое изображение рассматриваемого предмета возникает перед сетчаткой). Чтобы изображение предмета попало на сетчатку при дальнозоркости, лучи, идущие от предмета, нужно собрать, приблизить к оптической оси. Для этого используют очки с собирающей линзой. В случае близорукости точку пересечения лучей, идущих от предмета, нужно удалить. Это можно сделать, если удалить лучи от оптической оси. И здесь помогут очки с рассеивающей линзой.

Человек способен различать большое количество цветов. Признанной теорией, объясняющей механизм *цветового зрения*, является теория Ломоносова — Гельмгольца. **М. В. Ломоносов** (1711—1765) высказал предположение о наличии в сетчатке трёх элементов, воспринимающих три основных цвета. В XIX в. эту теорию обосновал и развил немецкий врач и физик **Г. Л. Ф. Гельмгольц** (1821—1894). Раздражение глаза электромагнитными волнами длиной 620—760 нм вызывает ощущение красного цвета, 510—560 нм — зелёного, 390—450 нм — фиолетового. Возбуждение, дошедшее до коры головного мозга, суммируется, и возникает ощущение того или иного цвета.

СЛУХ. Важнейшим из органов чувств человека, имеющих особую актуальность в связи с развитием речи, является слух. Напомним строение уха (рис. 86) — органа слуха.

Оно состоит из *наружного, среднего и внутреннего уха*. Ушная раковина концентрирует звуки и направляет их в слуховой проход к барабанной перепонке, разграничивающей наружное и среднее ухо. Её колебания передаются слуховым косточкам (молоточку, наковальне и стремечку), а затем — мембране овального окна. При этом давление звуковых волн увеличивается в 30 раз, что обеспечивает колебание жидкости во внутреннем ухе. Полость среднего уха соединена с носоглоткой, и давление в нём уравнивается с атмосферным с помощью *евстахиевой*

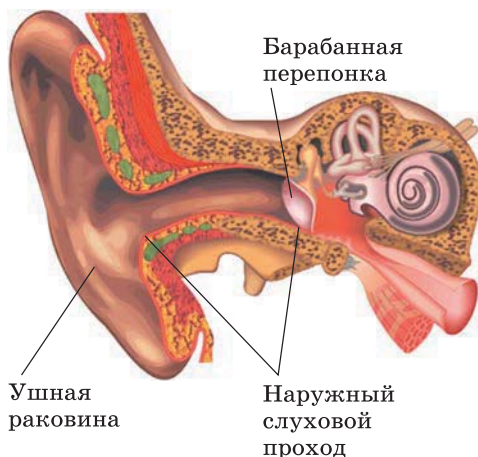


Рис. 86. Строение уха человека

трубы. Круглое окно с мембраной разграничивает среднее и внутреннее ухо. Во внутреннем ухе к органу слуха относится улитка, канал которой разделён как бы на два этажа мембраной, состоящей из отдельных волокон разной длины. Самые длинные волокна расположены на вершине улитки, а самые короткие — у её основания. На этих волокнах находятся слуховые волосковые клетки. Такие клетки на вершине улитки воспринимают низкие звуки, а у основания — высокие. Человек может воспринимать звуки с частотой от 16 до 20 000 Гц.



Мы привели лишь некоторые примеры действия законов физики для жизнедеятельности организма человека, но должны констатировать, что только физикой работу его органов и систем органов объяснить нельзя, — необходимо учитывать закономерности и других естественных наук, например химии, о чём и пойдёт речь в следующем параграфе.

🎯 Теперь вы знаете

- ▶ каковы функции скелета
- ▶ механизм функционирования системы кровообращения
- ▶ строение выделительной системы
- ▶ строение кожи
- ▶ строение дыхательной системы
- ▶ строение и работу органов зрения и слуха

🎯 Теперь вы можете

- ▶ описать, как происходит газообмен в капиллярах, лёгких и тканях, как фильтруется кровь в нефронах, как протекает процесс терморегуляции в организме человека

- ▶ назвать приборы и аппараты, которые фиксируют и записывают биотоки сердца, электрические колебания головного мозга, с помощью которых измеряют кровяное давление

☉ Выполните задания

1. Проиллюстрируйте примерами из биологии суть первого и второго законов термодинамики.
2. Объясните, в соответствии с какими физическими законами происходит движение крови по сосудам и как оно обеспечивается. Как измерить пульс и артериальное давление?
3. Опишите строение глаза, уха.
4. Дайте характеристику таких явлений, как дрожь, мурашки и гусиная кожа. Расскажите, что означают выражения: «раскраснелся от тепла» и «посинел от холода».
5. Проанализируйте, как возникают и передаются нервные импульсы, из чего складывается оптическая система глаза, как возникает изображение на сетчатке, как воспринимается звук органом слуха человека.
6. Назовите причину, по которой при взлёте самолёта или при погружении в воду у человека закладывает уши; объясните, зачем стюардессы во время взлёта и посадки самолёта раздают пассажирам карамель.

☉ Темы для рефератов

1. Что есть человек с точки зрения физики (основные параметры для органов, систем, тканей тела человека).
2. Электрические и акустические явления при работе сердца.
3. Цветовое зрение у животных.

§ 19. Химия человека

1. Перечислите физические и химические свойства воды.
2. Вспомните, какие реакции называют реакциями гидролиза.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА. Человек — это неотъемлемая часть живой природы и имеет такую же химическую организацию, какую имеют все живые организмы на Земле. Её основу составляют неорганические и органические вещества, построенные 70 химическими элементами. Эти элементы называются **биогенными** (т. е. рождающи-

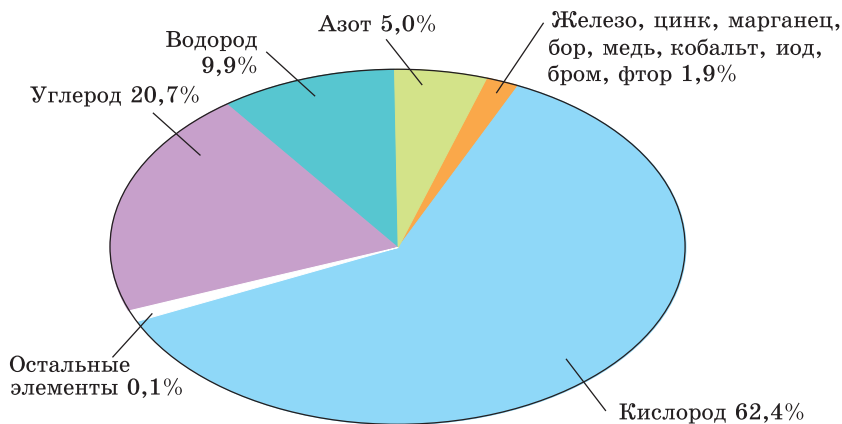


Рис. 87. Массовые доли химических элементов в организме человека

ми жизнь). Атомы таких элементов занимают первые четыре периода таблицы Д. И. Менделеева и, следовательно, характеризуются небольшими радиусами и сравнительно малой относительной атомной массой. Поэтому они способны давать прочные ковалентные связи, чем и объясняется их биологическая роль. На диаграмме (рис. 87) показано, из каких химических элементов состоит тело человека.

Если массовая доля элемента в организме превышает $10^{-2}\%$, то его следует отнести к **макроэлементам**. На 4 элемента — кислород, углерод, водород и азот — приходится 96% массы тела человека. Кроме этих элементов к макроэлементам относятся фосфор, сера, кальций, калий, натрий.

Других элементов в организме человека содержится значительно меньше — 10^{-3} — $10^{-5}\%$. Их называют **микроэлементами** (железо, хлор, кремний, алюминий, марганец). Если содержание элемента ниже $10^{-5}\%$, его считают **ультрамикроэлементом** (медь, марганец, иод, цинк, фтор, бром). Конечно, такая граница условна, например, магний попадает в промежуточную область между макро- и микроэлементами.

Неорганические вещества в организме человека относятся к разным типам и классам веществ. Например, простое вещество кислород составляет основу дыхания, к оксидам относятся известные каждому человеку вода и углекислый газ, к основаниям — образующийся при распаде белков ам-

Но вот его ценностью — довольно мило:

Жиры — на семь копеек мыла,
 Железа — на гвоздик, тупой с обоих,
 Фосфора — на три копейки спичек,
 Калия — выстрел (да и он плох),
 Серы — против десятка блох.
 Всего же в итоге на сорок копеек.

И. Сельвинский

миак, к кислотам — содержащаяся в желудке соляная кислота. Однако наибольшая доля неорганических веществ, не считая воду, приходится на минеральные соли.

ТАБЛИЦА 8
СОСТАВ ВЕЩЕСТВ ТЕЛА ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА, %

Орган или часть тела человека	Процент от массы	Вода	Жиры	Белки	Минеральные соли
Кожа	7,81	64,68	13,00	22,10	0,68
Скелет	14,84	31,81	17,18	18,93	28,91
Зубы	0,06	5,0	0,0	23,0	70,90
Поперечно-полосатая мускулатура	31,56	79,52	3,35	16,50	0,93
Головной и спинной мозг	2,52	73,33	12,68	12,06	1,37
Печень	3,41	71,46	10,35	16,19	0,88
Сердце	0,69	73,69	9,26	15,88	0,80
Лёгкие	4,15	83,74	1,54	13,38	0,95

В то время как неорганические вещества встречаются и в неживой природе, органические соединения характерны только для живых организмов. К таким соединениям относят белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты, витамины, гормоны, АТФ. Процентный состав их (а также воды) представлен в таблице 8.



Рис. 88. Уменьшение с возрастом содержания воды в организме человека

ВОДА, ЕЁ КОЛИЧЕСТВО И ВОДНЫЙ БАЛАНС В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА. Выдающийся немецкий физиолог Э. Д. Раймон писал: «Жизнь — это одушевлённая вода». Данные таблицы 9 как нельзя лучше подтверждают это высказывание.

Трёхдневный человеческий зародыш на 97% состоит из воды, трёхмесячный — на 91%, восьмимесячный — на 81%, новорождённый ребёнок — на 80%, годовалый — на 70%. В организме взрослого человека воды немного меньше — 68%. При старении этот процент уменьшается до 60—65% (рис. 88).

Без пищи человек может прожить около месяца, если во время этой голодовки будет по-

треблять жидкость, а без воды он погибнет через несколько дней. Взрослый человек для поддержания своей жизни должен получать около 2,5 л воды в сутки, за 60 лет в среднем выпивается 50 т воды — целая железнодорожная цистерна.

При нормальных условиях организм здорового человека находится в состоянии водного равновесия, т. е. количество потребляемой и образующейся в организме воды равно выделяемой. Нарушение этого равновесия приводит к тяжёлым последствиям.

ФУНКЦИИ ВОДЫ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА. Как вы уже знаете из курса 10 класса, вода играет большую роль в организации жизни на Земле. Напомним основные функции воды применительно к человеку.

Вода — *транспортное средство* для циркулирующих в теле клеток крови, она же обеспечивает транспортировку всех веществ в пределах организма. Все жизненные процессы протекают с участием воды, они связаны с её постоянным перераспределением и перемещением. Процессы пищеварения, обмена веществ, кроветворения, синтеза тканей совершаются в водных растворах и с участием воды. Она доставляет в органы человеческого тела химические вещества, участвующие в координации физиологических и биохимических процессов, осуществляемых через жидкие среды организма. Вода играет важную роль и в газообмене, так как растворяет кислород и углекислый газ. Ядовитые шлаки удаляются из нашего организма только в водной среде.

Вода *приводит в действие ионные насосы*, так как свободно проходит через мембраны и обеспечивает перемещение ионов натрия и калия в обоих направлениях по всей длине нервных отростков, что обеспечивает нейропередачу в головном и спинном мозге, а также в нервах.

Вода транспортирует в клетку ионы натрия, а ионы калия выводит, за счёт этого и создаётся разность потенциалов в 60 мВ. На клеточной мембране имеются сотни тысяч ионных каналов, по которым транспортируются ионы.



Рис. 89. Терморегуляция у бегущего спортсмена осуществляется через кожу



Вода
Благоволила
Литься!

Она
Блистала
Столь чиста,

Что — ни напиться,
Ни умыться,
И это было неспроста.

Ей не хватало
Ивы, тала
И горечи цветущих лоз.

Ей водорослей не хватало
И рыбы, жирной от стрекоз.
Ей не хватало быть волнистой,
Ей не хватало течь везде.

Ей жизни не хватало —
Чистой
Дистиллированной воде!

Л. Мартынов

Вода *регулирует температуру нашего тела*, осуществляя теплопередачу с поверхности кожи (рис. 89), а также путём испарения пота.

Вода *участвует в обменных процессах организма*. Как вы помните, реакции гидролиза белков, жиров и углеводов — это химическая основа обмена веществ в организме, а реакции гидролиза АТФ — это химическая основа обмена энергии. Без обмена веществ и энергии немыслима сама жизнь.

В стихотворении Мартынова отражена не вся диалектика: при продолжительном употреблении дистиллированная вода вредна для организма, так как вымывает из клеток желудка и кишечника полезные соли, необходимые для нормальной жизнедеятельности. Однако без дистиллированной воды не будет целой промышленности, работающей на здоровье человека, — фармацевтической, ведь все лекарственные и медицинские растворы готовятся на дистиллированной воде.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА. Минеральные вещества присутствуют в клетках в виде нерастворимых солей (например, основное количество кальция и фосфора содержится в костях в форме гидроксофосфата кальция $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) или в форме молекул и ионов (например, соляная кислота желудка необратимо диссоциирует как сильный электролит на ионы H^+ и Cl^-) содержатся в жидких средах организма (табл. 9).

Напомним, что осмотическое давление — это избыточное давление на клеточные жидкости, отделённые от внеклеточных жидкостей полупроницаемой мембраной, при котором прекращается диффузия внеклеточных веществ.

Основное значение минеральных веществ заключается в поддержании определённых физико-химических условий во внутрен-



Рис. 90. Здоровые зубы — признак здорового человека

Таблица 9

КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Исследуемая жидкость	Концентрация ионов (мг/л)							
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻
Плазма крови	142	5	5	1,1	103	1	2	27
Спинномозговая жидкость	142	3	2,5	2	124	—	—	21
Грудное молоко	14	16	17	3	11	—	6	—
Внутриклеточная жидкость (поперечно-полосатая мускулатура)	10	160	—	35	2	—	140	8
Межклеточная жидкость	144	5	2,5	1,5	144	1	2	30
Пот	75	5	5	—	75	—	—	0
Сок поджелудочной железы	148	7	6	0,3	80	8,4	—	80

ней среде организма (в поддержании кислотно-щелочного равновесия, осмотического давления клеточных и внеклеточных жидкостей, водно-солевом обмене, системе свёртывания крови, регуляции многочисленных ферментных реакций), а также в формировании и сохранении структур плотных тканей (скелета) (рис. 90). О роли соединений кальция, например, в организме человека замечательно написала поэтические строчки Вера Инбер в «Пулковском меридиане» — о ленинградцах-блокадниках.

...Ох! День ото дня
Из наших клеток исчезает кальций.
Слабею.

В. Инбер

ЗАБОЛЕВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С НЕДОСТАТКОМ ИЛИ ИЗБЫТКОМ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА. Установлено, что многие биологические катализаторы — *ферменты* — содержат ионы переходных металлов (побочных подгрупп). Например, известно, что марганец входит в состав 12 различных ферментов, железо — в состав 70, медь — в состав 30, а цинк — в состав более чем 100 ферментов.

Недостаток в организме *железа* приводит к анемии (малокровию), так как оно входит в состав гемоглобина крови, а точнее, его небелковой части — гема. У взрослого человека в крови содержится около 2,6 г железа. Для восполнения железа, потерянного с распадом гемо-

глобина, человеку необходимо суточное поступление в организм с пищей в среднем около 12 мг этого элемента. Связь анемии с недостатком железа была известна врачам давно, ещё в XVII в. в некоторых европейских странах при малокровии прописывали настой железных опилок в красном вине. Однако избыток железа в организме тоже вреден. С ним связан сидероз глаз или лёгких — заболевание, вызываемое отложением соединений железа в тканях этих органов. Главный регулятор содержания железа в крови — печень.

Недостаток в организме *меди* приводит к нарушению стенок кровеносных сосудов, патологическому росту костей, дефектам в соединительных тканях. Кроме того, считают, что дефицит меди служит одной из причин раковых заболеваний. В некоторых случаях поражение лёгких раком у людей пожилого возраста врачи связывают с возрастным снижением содержания меди в организме. Избыток же меди приводит к нарушению психики и параличу некоторых органов (болезнь Вильсона). Человеку причиняют вред лишь относительно большие количества соединений меди. В малых дозах их используют в медицине как вяжущее и бактериостатное (задерживающее рост и размножение бактерий) средство. Так, например, сульфат меди(II) применяют при лечении конъюнктивитов в виде глазных капель (25%-й раствор), а также для прижиганий при трахоме в виде глазных карандашей (сплав сульфата меди(II), нитрата калия, квасцов и камфары). При ожогах кожи фосфором проводят её обильное смачивание 5%-м раствором сульфата меди(II).

В таблице 10 приведены симптомы, возникающие при дефиците в организме человека разных химических элементов.

ТАБЛИЦА 10

ХАРАКТЕРНЫЕ СИМПТОМЫ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Химический элемент	Симптомы
Ca	Замедление роста скелета
Mg	Мышечные судороги
Fe	Анемия, нарушение иммунной системы
Zn	Повреждение кожи, замедление роста и полового созревания
Cu	Слабость артерий, нарушение деятельности печени, вторичная анемия
Mn	Бесплодие, ухудшение роста скелета
Mo	Замедление клеточного роста, склонность к кариесу
Co	Злокачественная анемия
Ni	Депрессии, дерматиты

Химический элемент	Симптомы
Cr	Признаки диабета
Si	Нарушение роста скелета
F	Кариес зубов
I	Нарушение работы щитовидной железы, замедление метаболизма
Se	Мускульная (в частности, сердечная) слабость

Основные классы органических веществ (белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты) и их значение были рассмотрены при изучении уровней организации жизни на Земле. Биологические функции веществ этих классов характерны для всех живых организмов, включая человека.



Другие биологически активные вещества — гормоны, витамины и лекарства — будут рассмотрены далее в отдельных параграфах.

Теперь вы знаете

- ▶ каков химический состав тела человека
- ▶ функции воды в организме человека
- ▶ значение минеральных веществ для нормальной жизнедеятельности организма человека
- ▶ какие заболевания связаны с недостатком или избытком некоторых химических элементов в организме человека

Теперь вы можете

- ▶ перечислить химические элементы, которые содержатся в организме человека
- ▶ привести примеры макроэлементов, микроэлементов и ультрамикроэлементов в организме человека
- ▶ назвать заболевания, связанные с недостатком или избытком разных химических элементов в нашем организме

Выполните задания

1. Объясните, какие элементы называют биогенными и почему они расположены в I—IV периодах таблицы Д. И. Менделеева.
2. Определите, какие биогенные элементы по их содержанию в организме человека являются макроэлементами, какие — микроэлементами, какие — ультрамикроэлементами.

3. Охарактеризуйте роль воды в жизнедеятельности организма человека.
4. Проанализируйте значение минеральных веществ для человеческого организма.
5. Перечислите симптомы, появляющиеся у людей с дефицитом разных химических элементов.
6. Сформулируйте, что такое гуморальная регуляция жизнедеятельности организма человека. Как углекислый газ выступает в роли гуморального фактора?

☉ Темы для рефератов

1. Биохимия: история её развития, современные достижения. 2. Биологическая роль белков, жиров и углеводов в организме человека. 3. Химические элементы в организме человека и животных.

§ 20. Витамины

1. Вспомните из курса биологии основной школы, что такое витамины, каковы их источники и как проявляется авитаминоз.
2. Перечислите витамины, которые вы принимали, и объясните, с какой целью.

В своём произведении «Ошибка Господа Бога» (1911) Джек Лондон рисует яркую картину того, как от истощения, вызванного цингой, гибнут люди, несмотря на то что у них имеется достаточный запас пищи.

В этом маленьком отрывке из рассказа (см. с. 155) ясно показана причина заболевания: отсутствие в консервированных продуктах веществ, известных сейчас даже малым детям, — витаминов. А вот Джек

Лондон этот термин использовать не мог, и это совершенно понятно, поскольку только в следующем, 1912 г. была опубликована статья польского биохимика **К. Функа** (1884—1967), в которой впервые было введено это понятие. Его название произошло от латинского слова *vita* — «жизнь», т. е. «амин жизни», хотя большинство витаминов к классу органических соединений, называемых аминами, не относится.



— Дайте что-нибудь принять...
Витамины, что ли...
Слабость чувствовал опять
Я сегодня в школе.
Мать меняется в лице,
Витамины А, В, С
Предлагает Пете.
(Витамины А, В, С
Очень любят дети.)

А. Барто

Вместо ответа человек показал на свой рот, с усилием растянул вздутые, почерневшие губы, и Смок невольно отшатнулся.

— Цинга, — негромко сказал он Малышу, и большой кивком подтвердил диагноз.

— Еды хватает? — спросил Малыш.

— Ага, — отозвался человек с другой койки. — Можете взять. Еды полно.

Дж. Лондон

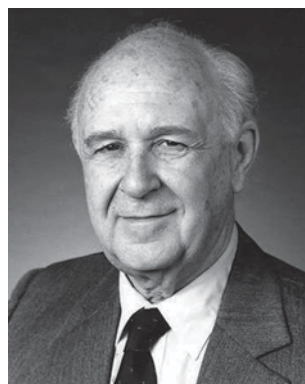
И всё-таки мы с гордостью должны констатировать, что основоположником учения о витаминах является наш соотечественник, врач **Н. И. Лунин** (1853—1937), который ещё в 1880 г. защитил докторскую диссертацию «О значении неорганических соединений для питания животных» в Юрьевском (Тартуском) университете. В диссертации и последующих статьях Лунин показал, что мышцы быстро гибнут, если их кормить пищей, составленной из казеина, молочного жира, сахарозы и дистиллированной воды, однако продолжают здравствовать, если добавлять в рацион натуральное молоко. Из этого наблюдения учёный сделал вывод, что в молоке содержатся ещё какие-то вещества, необходимые для жизни, — **витамины**, как мы их сейчас называем.

Витамины — группа низкомолекулярных органических соединений различной химической природы, выполняющих важнейшие биохимические и физиологические функции в живых организмах. Они необходимы в небольших количествах для нормальной жизнедеятельности и не могут вырабатываться организмом или вырабатываются им в недостаточном количестве.

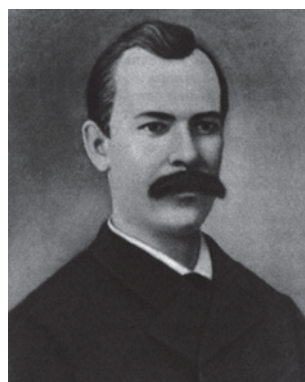
В настоящее время известно свыше 30 соединений, относящихся к этой группе биологически активных веществ.

БОЛЕЗНИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ВИТАМИННОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ ИЛИ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ.

Полное отсутствие в организме какого-либо витамина служит причиной **авитаминоза** —



Казимир Функ



Николай Иванович Лунин



а



б



в

Рис. 91. Болезни, вызванные авитаминозом:
а — цинга; б — рахит;
в — бери-бери

тяжёлого заболевания организма. Названия болезней, вызванных авитаминозами, пугают: цинга (рис. 91, а), рахит (рис. 91, б), куриная слепота, пеллагра, бери-бери (рис. 91, в).

Чаще встречаются случаи частичной недостаточности витамина — **гиповитаминозы**, которые проявляются лёгким недомоганием, быстрой утомляемостью, пониженной работоспособностью, повышенной раздражительностью, снижением сопротивляемости организма к инфекциям.

Снабжение организма витаминами приобретает особое значение в конце зимы и весной, когда организм истощает свои ресурсы витаминов и значительно снижена витаминная кладовая продуктов питания.

Причинами гиповитаминозов могут быть:

- однообразное и, как правило, неполноценное питание;
- ограниченное питание в период религиозных постов;
- повышенная потребность в витаминах в период беременности и кормления, а также роста организма и т. д.;
- различные заболевания, разрушающие всасывание или усвоение витаминов.

Вредна и другая крайность — избыток витаминов. При избыточном их потреблении развивается отравление (интоксикация) организма, получившее название **гипервитаминозов**. Гипервитаминоз часто наблюдается у молодых людей, которые занимаются столь модным сейчас культуризмом — бодибилдингом и нередко неумеренно потребляют пищевые добавки и витамины.

НОРМЫ ВИТАМИНОВ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА. Так как химическая природа витаминов была открыта после установления их биологической роли, витамины условно обозначили буквами латинского алфавита (А, В, С, D и т. д.), что сохранилось до настоящего времени.

В качестве единицы измерения витаминов пользуются миллиграммами (мг), микрограммами (мкг) или миллиграммами витамина на 100 г продукта (мг%). Потребность человека в витаминах зависит от

его возраста, состояния здоровья, условий жизни, характера деятельности, времени года, содержания в пище основных необходимых компонентов. Сведения о потребности взрослого человека в витаминах приведены в таблице 11.

ТАБЛИЦА 11
СУТОЧНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА В ВИТАМИНАХ
И ИХ ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ

Витамин	Суточная потребность, мг	Функции
Аскорбиновая кислота (витамин С)	50—100	Участвует в окислительно-восстановительных реакциях, повышает сопротивляемость организма экстремальным воздействиям
Тиамин (аневрин, витамин В ₁)	1,4—2,4	Необходим для нормальной деятельности центральной и периферической нервной системы, регулятор жирового и углеводного обменов
Рибофлавин (витамин В ₂)	1,5—3,0	Участвует в окислительно-восстановительных реакциях
Пиридоксин (витамин В ₆)	2,0—2,2	Участвует в синтезе и метаболизме аминокислот, метаболизме жирных кислот и ненасыщенных липидов
Ниацин (витамин РР)	15—25	Участвует в окислительно-восстановительных реакциях в клетках (недостаток вызывает пеллагру)
Фолиевая кислота (фолацин, витамин В ₉)	0,2	Фактор кроветворения, переносчик однокислотных радикалов, участвует в синтезе аминокислот, нуклеиновых кислот, холина
Цианокобаламин (витамин В ₁₂)	0,002—0,005	Участвует в биосинтезе нуклеиновых кислот, холина, лецитина; фактор кроветворения, обладает липотворным действием
Биотин (витамин Н)	0,050—0,3	Участвует в реакциях карбоксилирования, обмена аминокислот, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот
Пантотеновая кислота (витамин В ₅)	5—10	Участвует в реакциях биохимического ацилирования, обмена белков, липидов, углеводов

Витамин	Суточная потребность, мг	Функции
Холин (витамин В ₄)	250—600	Участвует в синтезе биологически важных соединений
Ретинол (витамин А)	0,5—2,5	Участвует в деятельности мембран клеток, в процессе фоторецепции (в восприятии света), необходим для роста и развития организма, для функционирования слизистых оболочек
Кальциферол (витамин D)	0,025—0,01	Регулирует содержание кальция и фосфора в крови, минерализацию костей, зубов

По растворимости в воде или жирах витамины делят на две группы: *водорастворимые* (В₁, В₂, В₆, РР, С и др.) и *жирорастворимые* (А, Е, D, К).

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ НА ПРИМЕРЕ ВИТАМИНА С (АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ). Рассмотрим сначала группу водорастворимых витаминов. **Витамин С** — это витамин над витаминами. Он значительно влияет на белковый обмен. Если в организм человека поступает мало аскорбиновой кислоты, требуется много белка, и, напротив, при хорошей обеспеченности аскорбиновой кислотой можно обойтись минимальным количеством белка в пище.

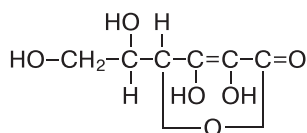
Витамин С способствует увеличению сопротивляемости организма простудным заболеваниям, различным видам стрессов.

Особенностью витамина С является его быстрая окисляемость: весь витамин в организме может окислиться за 14—16 дней, что доказывает необходимость его постоянного потребления.

Наиболее богаты витамином С такие продукты, как шиповник (1200 мг%), зелёный и красный болгарский перец (400—600 мг%), чёрная смородина (200 мг%), цитрусовые (60—100 мг%), овощи, фрукты (рис. 92). Значит, чтобы бороться с витаминной недостаточностью, необходимо повысить содержание свежих овощей и фруктов в пищевом рационе.

Болезнь, вызванная острым недостатком этого витамина, называется *цинга*. Она проявляется точечными кровоизлияниями на теле, на внутренних органах, кровоточивостью дёсен, выпадением зубов, одышкой, болями в области сердца.

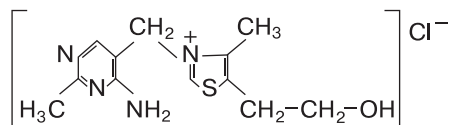
С



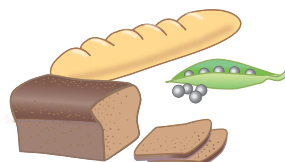
Аскорбиновая кислота



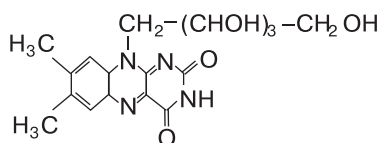
В₁



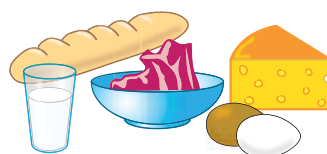
Тиаминхлорид



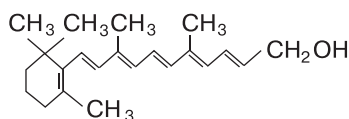
В₂



Рибофлавин



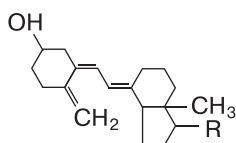
А



Ретинол



Д



Кальциферол



Рис. 92. Продукты питания, в которых содержатся витамины С, В₁, В₂, А, D

Для предотвращения заболевания цингой эксперты оценили потребность человека в витамине С в 10—30 мг в сутки. Однако нормы, принятые сейчас во многих странах, превышают эту дозу в 3—5 раз, поскольку витамин С служит и для других целей. Чтобы создать в организме оптимальную внутреннюю среду, способную противостоять многочисленным неблагоприятным воздействиям, необходимо постоянно обеспечивать организм витамином С; это, кстати, способствует и высокой работоспособности.

ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ НА ПРИМЕРЕ ВИТАМИНА А (РЕТИНОЛА). Жирорастворимые витамины обладают рядом особенностей. Во-первых, жирорастворимые витамины, что следует из их названия, растворяются в жирах и поэтому усваиваются организмом только в присутствии жиров и желчи. Во-вторых, они способны накапливаться в организме при поступлении в него в больших количествах, что может привести к развитию гипervитаминоза. В этом отношении избыточные дозы жирорастворимых витаминов более опасны, чем водорастворимых. В-третьих, многие жирорастворимые витамины имеют по несколько аналогов с близкой структурой и идентичным биологическим действием. Так, у витаминов А и К обнаружено по 2 аналога, у витамина Е — 4, а у витамина D — 10.

Витамин А участвует в биохимических процессах, связанных с деятельностью мембран клеток. При недостатке витамина А (А-гиповитаминозе) ухудшается зрение (*ксерофтальмия* — сухость роговых оболочек; *куриная слепота* (гемералопия) — ухудшение зрения в условиях плохой освещенности, например, в сумерках), замедляется рост молодого организма, особенно костей, наблюдается повреждение слизистых оболочек дыхательных путей, пищеварительной системы. При недостатке витамина А отмечаются также снижение аппетита, быстрая утомляемость, повышенная восприимчивость к простудным заболеваниям, наблюдаются потеря блеска и повышенное выпадение волос, поражается эмаль зубов, снижается секреторная функция желудка.

Витамин А повышает иммунитет и сопротивляемость организма инфекциям, оказывает антиоксидантное и противосклеротическое действие. Этот витамин обнаружен только в продуктах животного происхождения, особенно много его в печени морских животных и рыб. Содержание его (в мг%) в рыбьем жире — 15, в печени трески — 4, сливочном масле — 5, молоке — 0,025. Потребность человека в витамине А может быть удовлетворена и за счёт растительной пищи, в которой содержатся его провитамины — каротины. Из молекулы β-каротина образуется две молекулы витамина А. Больше всего β-каротина (в мг%) в моркови — 9,0, красном перце — 2, помидорах — 1, сливочном масле — 0,2—0,4 (см. рис. 92).

Витамин А разрушается под действием света, кислорода воздуха, при термической обработке (30%).



Далее мы поговорим о гормонах, которые осуществляют координацию и регулировку деятельности всех органов в нашем организме.

Теперь вы знаете

- ▶ какие болезни вызываются витаминной недостаточностью
- ▶ нормы витаминов для человека
- ▶ как классифицируют витамины

- ▶ роль витамина С (аскорбиновой кислоты) для здоровья человека
- ▶ роль витамина А (ретинола) для здоровья человека

☉ Теперь вы можете

- ▶ определить, в чём разница между авитаминозом, гиповитаминозом и гипервитаминозом
- ▶ назвать заболевания, вызванные недостатком в организме витаминов С, А, D
- ▶ перечислить процессы жизнедеятельности в организме, в которых принимают активное участие витамины С и А

☉ Выполните задания

1. Объясните, что такое витамины и на какие группы они делятся.
2. Перечислите продукты, которые богаты витаминами С; А; D.
3. Назовите способы сохранения витаминов в овощах и фруктах при их кулинарной обработке и консервировании.
4. Проанализируйте таблицу 12 и определите, в каких витаминах самая большая суточная потребность у человека.

☉ Темы для рефератов

1. Поливитамины: их виды, нормы, польза и опасность бесконтрольного применения.
2. Растения как источник витаминов.
3. Бери-бери и открытие витамина В₁.
4. Научная деятельность Н. И. Лунина.

§ 21. Гормоны

1. Назовите литературные произведения, в которых героями являются великаны и карлики.
2. Объясните, какие заболевания лечит врач-эндокринолог.

ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ ГОРМОНОВ. У людей, знакомых с биологией, функция гормонов в живых организмах ассоциируется с ролью дирижёра-виртуоза в большом симфоническом оркестре. Дирижёр координирует работу оркестровых групп всего большого коллектива музыкантов, каждый из которых хорошо знает свою партию, мастерски владеет инструментом. Однако, очевидно, что без дирижёра исполнение музыкального произведения очень быстро превратится в бессмысленное чередование звуков, а гениальная музыка — в ужасную какофонию. Лю-

бой живой организм — сложнейшая и уникальная система органов и тканей, каждая из которых выполняет свою неотъемлемую и специфическую функцию. Как же осуществляется координация и согласование работы всех органов и систем живого организма? Что выполняет роль той самой дирижёрской палочки, которая подчиняет единой цели и синхронизирует ювелирную биологическую работу каждого органа и их систем? Эту важнейшую функцию, помимо нервной системы, и выполняют вещества, вырабатываемые железами внутренней секреции (или эндокринными, как их называют врачи), они называются **гормонами** (от греч. *hormao* — приводить в движение, побуждать).

Гормоны — это биологически активные органические вещества, которые вырабатываются железами внутренней и смешанной секреции и регулируют деятельность органов и тканей живого организма.

Как вы уже знаете из курса биологии основной школы, жизнедеятельность любого организма регулируется с помощью двух систем — нервной и **гуморальной** (от лат. *humor* — жидкость).

Гуморальная регуляция — один из механизмов координации процессов жизнедеятельности организма, который осуществляется через его жидкие среды (прежде всего через кровь) с помощью химических веществ (в первую очередь гормонов).

Как известно, железы, вырабатывающие продукты — секреты, делятся на три группы: **эндокринные** (или железы внутренней секреции), не имеющие выводного протока, **экзокринные**, снабжённые выводным протоком, и железы смешанной секреции, которые вырабатывают как эндокринные, так и экзокринные продукты. Например, поджелудочная железа выделяет поджелудочный (панкреатический) сок — экзокринный продукт, а инсулин и глюкагон — эндокринные.

Большая часть желёз человека — эндокринные и выводных протоков не имеют. Именно такие железы вырабатывают гормоны, поступающие в кровеносные сосуды. По ним гормоны движутся, пока не попадут «в цель» — в те клетки организма, для воздействия на которые они и вырабатываются.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРМОНОВ ПО ЖЕЛЕЗАМ, КОТОРЫЕ ИХ ПРОДУЦИРУЮТ. «Специализация» гормонов. В крови высших животных и человека циркулирует около 80 гормонов. Классифицировать их можно по различным признакам. Проще всего группировать гормоны по отдельным железам внутренней секреции, которые их продуцируют, например:

- 1) щитовидная железа вырабатывает тироксин и триодтиронин;
- 2) поджелудочная железа — инсулин и глюкагон;

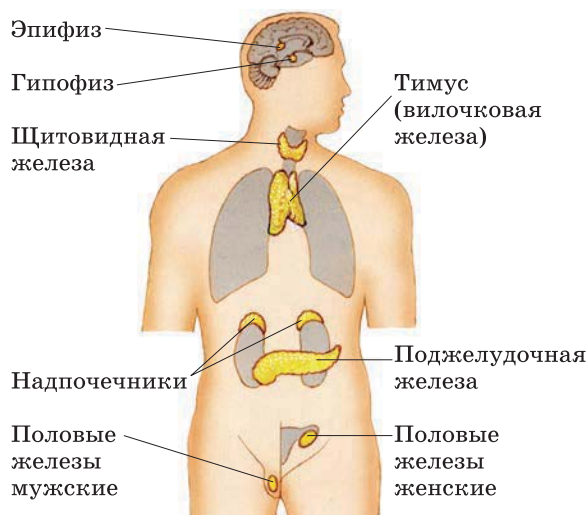


Рис. 93. Эндокринная система человека

3) надпочечники — адреналин и норадреналин, которые вырабатываются внутренним слоем надпочечников (мозговым веществом), и целый набор гормонов (гидрокортизон, кортизон и кортикостерон, альдостерон и половые гормоны), вырабатываемых наружными отделами надпочечников (корковый слой);

4) семенники и яичники — половые гормоны. В семенниках вырабатываются андрогены, в яичниках — эстрогены;

5) гипофиз — это мозговой придаток, один из самых маленьких органов человеческого тела, размером с горошину.

Гипофиз является главным регулятором эндокринной системы (рис. 93). Эта железа внутренней секреции — придаток мозга, соединённый с ним коротким протоком. Гипофиз разделён на две основные части — переднюю и заднюю доли, а деятельность его контролируется *гипоталамусом* — участком мозга, отвечающим за нервную и эндокринную системы человека. Передняя доля гипофиза вырабатывает 6 основных гормонов, задняя — 2 гормона.

Регулирование гормональной системы человека представляет собой очень тонкий процесс. Железы, вырабатывающие гормоны, тесно взаимодействуют между собой и с нервной системой организма. И гормональная, и нервная системы рассылают по телу особые вещества — химические переносчики информации (*медиаторы*), у каждого из которых своя скорость передвижения и механизм действия (рис. 94).

Наиболее быстро передают информацию нервные клетки, это движение можно по скорости сравнить с электрическим импульсом. Достаточно быстро действует гормон опасности и страха — *адреналин* (рис. 95).



Рис. 94. В. И. Суриков. Смеющаяся девушка. Этюд для картины «Взятие снежного городка». 1890



Рис. 95. М. В. Якунчикова. Страх. 1893—1895

Адреналин вырабатывается надпочечной железой человека, когда тот находится в большом напряжении, и немедленно действует на нервную систему. Адреналин готовит организм к тому, чтобы противостоять опасности или избежать её. Учащается дыхание и частота сердечных сокращений, расширяются зрачки, выделяется пот, мышцы приходят в состояние повышенной активности. Намного медленнее функционируют гормоны, воздействующие на какие-либо органы, например *окситоцин* (вырабатывается гипофизарной железой), отвечающий за выделение грудного молока кормящей матери, на сокращение мускулатуры матки при родовой деятельности и др. Ещё медленнее действуют гормоны, регулирующие такие процессы, как рост человека (*соматотропин*) или половое созревание (*эстрадиол, тестостерон*).

Часть гормонов оказывает действие на системы организма, находящиеся на значительном удалении от вырабатывающей гормон железы. Например, гормон *инсулин*, регулирующий содержание сахара в крови, вырабатывается поджелудочной железой и с током крови попадает во все участки человеческого тела. Напротив, к гормонам локального действия относится *секретин*. Он вырабатывается в двенадцатиперстной кишке в ответ на попадание в организм пищи. Секретин, преодолев по кровеносной системе совсем малое расстояние, поступает в расположенную рядом поджелудочную железу и заставляет её вырабатывать под-

желудочный (панкреатический) сок, содержащий пищеварительные ферменты.

Другой гормон местного действия — *ацетилхолин* — вырабатывается нервными окончаниями и вызывает сокращение мышц после получения соответствующего нервного сигнала.

Когда гормон завершает свою работу, он либо дезактивируется внутри клетки, либо поступает в печень, где расщепляется и выводится из организма или используется для производства новых молекул гормонального вещества.

Недостаточное или избыточное выделение гормонов приводит к эндокринным заболеваниям.

СВОЙСТВА ГОРМОНОВ. Понятно, что, выполняя столь многочисленные и разнообразные функции, гормоны обладают соответствующим набором характерных свойств, важнейшие из которых:

— *чрезвычайно высокая физиологическая активность* — возможность очень малыми количествами гормонов производить весьма значительные изменения в работе органов и тканей (например, 1 г экдизона может вызвать линьку у $2 \cdot 10^8$ особей насекомых);

— *дистанционное действие* — способность регулировать работу органов, удалённых от железы, вырабатывающей гормон (это становится возможным, потому что гормоны доставляются к этим органам через кровь);

— *быстрое разрушение в тканях* (оказывая очень сильное влияние на работу органов и тканей, гормоны не должны накапливаться в них);

— *непрерывное продуцирование* (секреция) соответствующей железой (вызвано необходимостью постоянного регулирования, более или менее сильного воздействия на работу соответствующего органа в каждый момент времени).

Из анализа характерных свойств гормонов как мощного средства гуморальной регуляции ясно, что их образование эндокринными железами должно в каждый момент времени точно соответствовать состоянию организма. Обеспечение этого соответствия осуществляется по принципу обратной связи: не только гормон влияет на контролируемую систему органов и процессы в ней, но и состояние самой системы определяет производительность соответствующей железы, скорость образования и количество вырабатываемого гормона. Например, снижение концентрации глюкозы в крови тормозит секрецию инсулина и ускоряет секрецию глюкагона (гормона, стимулирующего рост концентрации глюкозы в крови). Таким образом, благодаря принципу обратной связи именно гормоны обеспечивают **гомеостаз** в организме.



Когда человек боится —
Выделяет адреналин.
Это знают собаки
И, лая, бегут за ним.
Когда ты вбегаешь в комнату
В черёмуховом платье,
За тобой залетают осы —
Ты выделяешь счастье.
Я знаю одного приятеля
С тухлым взглядом деяги.
Над ним всё летают мухи —
Зависть он выделяет.

А. Вознесенский

Гомеостаз — это постоянство состава внутренней среды организма, контроль и регулирование содержания в нём воды, углеводов, электролитов и т. п.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРМОНОВ ПО ИХ ХИМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ. Гормоны классифицируют также по химической природе. Различают гормоны: белковой (пептидной) природы (инсулин, глюкагон); стероидной (сложной циклической) структуры (эстрогены, андрогены); производные аминокислот (адреналин, норадреналин).

Типичный представитель *белковых (пептидных) гормонов* — инсулин. Он вырабатывается в особых образованиях — островковом аппарате поджелудочной железы (островки Лангерганса), что доказали работы русского физиолога **Л. В. Соболева** (1876—1921). Своё название гормон получил от латинского слова *insula* — «остров». Островки Лангерганса продуцируют также и глюкагон.

Гипофункция островкового аппарата поджелудочной железы проявляется в повышении сахара в крови, в заболевании сахарным диабетом. Первые упоминания о сахарном диабете историки медицины находят ещё в древних медицинских трактатах Индии, Китая. Дальнейшее его изучение показало, что один из главнейших симптомов диабета — выделение больших количеств сахара с мочой, обезвоживание организма. Ткани утрачивают способность усваивать сахар, начинают вместо этого расходовать жиры и белки, человек худеет. При этом окисление жиров сопровождается образованием токсичных продуктов — так называемых кетоновых тел. Истощение и интоксикация приводят в конечном счёте к гибели больного.

Инсулин оказался первым белком, который удалось синтезировать химическим путём, а также одним из первых фармацевтических препаратов, промышленный способ выпуска которых был освоен с помощью методов генной инженерии.

Гиперфункция поджелудочной железы заключается в возможном возникновении шока в результате снижения содержания глюкозы в крови.

К гормонам белковой природы относится и гормон роста — *соматотропин*. Гормоном роста его называют за то, что у детей и подростков, а также молодых людей с ещё не закрывшимися зонами роста в костях этот гормон вызывает выраженное ускорение линейного (в длину) роста, в основном за счёт роста длинных трубчатых костей конечностей. Значительные отклонения от среднего роста (рис. 96) могут быть вызваны заболеванием гипофиза. Самым высоким человеком в мире был Роберт Вадлоу, его рост составлял 2 м 72 см. Вадлоу родился в 1918 г. и прожил всего 22 года. Его смерть связывают со сбоем в работе гормонального аппарата — аномальным образованием соматотропина в организме. Самым маленьким человеком был китаец Хэ Пинпин — 74,6 см. Он родился в 1988 г. и прожил 21 год. В настоящее время самым ма-

леньким является непалец Хагендра Тапа Магар, его рост всего 56 см.

Группу **стероидных гормонов** представляют *эстрадиол* (женский половой гормон) и *тестостерон* (мужской половой гормон). Различие в их химическом строении очень невелико (мы не приводим химические формулы этих гормонов из-за их сложности), но специфичность действия на организм колоссальная. Эстрадиол вырабатывается яичниками, регулирует функции половых органов и появление вторичных половых признаков у женщин. Тестостерон вырабатывается семенниками и определяет функции половых органов и вторичные половые признаки у мужчин.

К **аминокислотным гормонам** относится *адреналин*. Как вы уже знаете, этот гормон вырабатывается в надпочечниках. Адреналин вызывает сужение сосудов органов брюшной полости, кожи и слизистых оболочек, расширяет сосуды головного мозга, способствует значительному усилению и учащению сердечных сокращений. Артериальное давление под действием адреналина повышается. Гипофункция надпочечников выражается в понижении кровяного давления, понижении содержания глюкозы в крови, уменьшении времени свёртываемости крови. Гиперфункция — в сокращении капилляров, повышении содержания глюкозы в крови.



Рис. 96. Гигантизм и карликовость



В следующем параграфе будет рассмотрена ещё одна группа биологически активных веществ — лекарственные препараты.

☉ Теперь вы знаете

- ▶ в чём заключается основная функция гормонов
- ▶ какова классификация гормонов по железам, которые их вырабатывают, и по химической природе

☉ Теперь вы можете

- ▶ определить, что такое гормоны и каковы их основные функции в организме человека
- ▶ перечислить основные свойства гормонов и группы, на которые они делятся по своей химической природе

☉ Выполните задания

1. Назовите основные железы внутренней секреции и вырабатываемые ими гормоны.
2. Сделайте предположение, к каким негативным последствиям может привести продолжительное повышение содержания адреналина в крови.
3. При диабетической коме — тяжёлом осложнении сахарного диабета — человек теряет сознание, возникает угроза жизни. Симптомами приближения комы являются вялость, сонливость, упадок сил, резкое ухудшение самочувствия. Изучите этот вопрос и предложите меры первой доврачебной помощи больному при приближении комы.
4. В приведённом в параграфе стихотворении А. Вознесенского говорится о гормонах счастья, радости, зависти. Решите, верно ли с биологической точки зрения такое толкование поэта или это лишь художественный образ. Обоснуйте свою точку зрения.
5. Напишите синквейн об одном из гормонов по своему выбору.

☉ Темы для рефератов

1. История открытия и изучения гормонов.
2. Фитогормоны — гормоны растений.
3. Эндорфины — «гормоны счастья».
4. Вклад Л. В. Соболева в изучение проблемы сахарного диабета.

§ 22. Лекарства

1. Назовите знаменитого древнегреческого врача, чьё имя связывают с клятвой, которую дают студенты-медики.
2. Расскажите, о каком научном открытии микробиолога Татьяны Власенковой идёт речь в романе В. Каверина «Открытая книга», если вы его читали.
3. Вспомните, кто и как создал прививку от оспы.

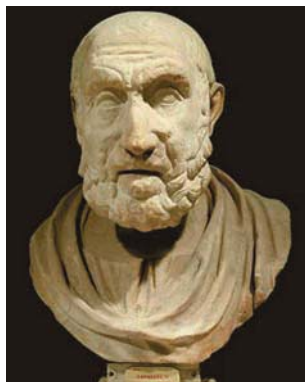
ФАРМАКОЛОГИЯ АНТИЧНОСТИ И СРЕДНЕВЕКОВЬЯ. Лекарства известны человеку с глубокой древности. В одном из египетских папирусов (XVII в. до н. э.) описываются лекарственные средства растительного происхождения, некоторые из них (например, касторовое масло) используются и в наши дни.

Древнегреческий врач **Гиппократ** (460—370/356 гг. до н. э.) искал причины болезней уже не в злых духах, а в окружающей среде, климате, образе жизни и питании. Именно он «приземлил» медицину, призывая лечить не болезнь, а больного. Он создал учение о четырёх жизненных жидкостях — крови, слизи, чёрной и жёлтой желчи, преобладание одной из которых в организме и определяет, по Гиппократу, темперамент человека. Так, *сангвиник* (от лат. *sanguinis* — кровь) — человек общительный, быстрый, легко меняющийся, подвижный, «текучий», с богатой мимикой и жестами; *флегматик* (от лат. *phlegma* — слизь) — медлительный, «вязкий», невозмутимый, спокойный, не проявляющий чувств; *холерик* (от лат. *chole* — желчь) — неуравновешенный, вспыльчивый, несдержанный; *меланхолик* (от лат. *melanos* — чёрный, сторевший и *chole* — желчь) — сдержанный и медлительный, быстро утомляющийся и ранимый, замкнутый.

Это имело практическое значение: в зависимости от типа темперамента выбирался метод лечения больного. Кроме профилактических мер, причин болезней и их диагностики, Гиппократ описал более 200 лекарственных растений и способов их употребления. Недалеко его называют «отцом медицины».

Кроме Гиппократа, огромное влияние на развитие медицины оказал римский врач **Клавдий Гален** (между 129 и 131—201). Он заложил основу «аптекарской науки» — фармакологии, широко применял различные извлечения (вытяжки) из лекарственных растений, настаивая их на воде, вине или уксусе. Спиртовые вытяжки — экстракты и настойки — находят широкое применение и в современной медицине. До сих пор фармацевты называют их «галеновыми препаратами».

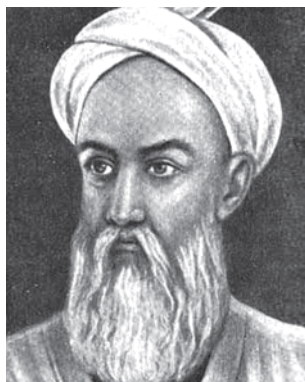
Большое количество лекарственных препаратов растительного и минерального происхождения и способов их приготовления описано в сочинениях среднеазиатского учёного,



Гиппократ — основатель научной медицины



Клавдий Гален



Абу Али Хусейн ибн Абдаллах ибн Сина (Авиценна)



Парацельс (настоящее имя — Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенхайм)

философа и врача эпохи Средневековья Ибн Сины — Авиценны (980—1037). Многие из этих средств — камфара, препараты белены, ревеня и т. д. — с успехом используются до сих пор.

Труды Авиценны дали начало *ятрохимии* (от греч. *iatros* — врач) — медицинской химии, одним из основоположников которой является швейцарский врач, алхимик, философ, естествоиспытатель **Парацельс** (1493—1541). Всецело полагаясь на свои знания химии, Парацельс отказался от классических взглядов на медицину Галена и Авиценны. Он считал, что в основе жизни лежат химические процессы, а заболевания — это результат нарушения их в организме, который Парацельс сравнивал с большой ре-

тортой. Считая организм химическим «реактором», он начал использовать для лечения болезней минеральные воды и многочисленные химические препараты: соединения сурьмы, мышьяка, меди, свинца, ртути и других элементов. До сих пор актуально утверждение Парацельса о важности количества применяемого препарата: «Всё есть яд, ничто не лишено ядовитости, и всё есть лекарство. Лишь только доза делает вещество ядом или лекарством».

А что у нас, в России? Из древних рукописей известно, что в 1547 г. царь Иван Грозный (1530—1584) направляет посла в немецкую землю, чтобы привезти «мастера для изготовления квасцов», применявшихся для лечения огнестрельных ран, различных болезней и опухолей. При царе Михаиле Фёдоровиче (1613—1645) врачебный персонал царского двора составляли 7 докторов, 13 лекарей, 4 аптекаря и 3 алхимиста. Доктора и лекари определяли болезнь и способ её лечения, аптекари продавали простые лекарства и по указанию лекарей изготавливали сложные. Алхимики готовили обычные лекарства в химической лаборатории по указанию аптекарей, принимали участие в «надкушивании» — своеобразной экспертизе и проверке новых лекарств. Через 100 лет названия «алхимист» заменили на «химик».

ОБЕЗБОЛИВАЮЩИЕ ПРЕПАРАТЫ. АЛКАЛОИДЫ. К XIX в. значительно усовершенствовались методы получения, очистки и анализа химических веществ. Всё новыми фактами подтверждались идеи Парацельса о химической природе биологических процессов. Так, Г. Дэви, изучая оксид азота(I) N_2O , обнаружил, что вдыхание небольших количеств этого газообразного вещества вызывает опьянение, беспричинное веселье и судорожный смех, вдыхание больших количеств (вспомните

идеи Парацельса о важности дозы!) снимает зубную боль. Ещё большие количества оксида азота(I) вводят человека в состояние наркоза — полной потери чувствительности и сознания. Открытие Дэви анестезирующих, т. е. обезболивающих, свойств этого вещества позволило применить его в хирургической практике. Химики же до сих пор называют оксид азота(I) «веселящим газом». Развитие идей Галена и поиск «действующих начал» — активных компонентов лекарственных растений, отвечающих за их целебные свойства, — увенчались успехом.

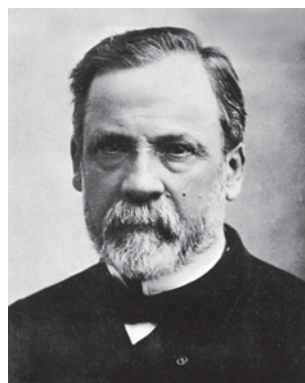
В начале XIX в. были открыты первые **алкалоиды**.

Алкалоиды — это биологически активные азотсодержащие органические соединения растительного происхождения.

В 1803 г. были открыты алкалоиды опия (от лат. *opium*, от греч. *opion* — маковый сон) — высушенного млечного сока опийного мака. Из этой смеси алкалоидов в 1806 г. был выделен в чистом виде один из них — морфин, названный так по имени бога сна Морфея. По своему болеутоляющему и снотворному действию на организм он сходен с опиумом. Немного позже из листьев чайного дерева был выделен алкалоид, обладающий стимулирующим действием, — кофеин, который содержится также в плодах (бобах) кофейного дерева и в семенах дерева кола, а в 1820 г. из коры хинного дерева был выделен алкалоид хинин — эффективное средство для борьбы с малярией. Из листьев кустарника кока был получен кокаин, проявляющий анестезирующие свойства, а из корня красавки — атропин, купирующий (т. е. прекращающий) приступы бронхиальной астмы.

Выделенные алкалоиды стали всё шире применяться в качестве лекарственных, в том числе обезболивающих, средств. Работы химиков-органиков позволили установить строение алкалоидов и разработать способы их получения. Были синтезированы и применены для врачебной практики хлороформ (трихлорметан) CHCl_3 , серный (диэтиловый) эфир $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$, нитроглицерин (тринитрат глицерина), облегчающий страдания при стенокардии, и салициловая (*o*-гидроксibenзойная) кислота, обладающая противовоспалительным действием.

ВАКЦИНЫ. Во второй половине XIX в. в работах выдающегося французского учёного **Л. Пастера** (1822—1895) нашли блестящее подтверждение идеи Авиценны о «мельчайших животных», вызывающих и перенося-



Луи Пастер

щих заболевания. В наши дни даже ребёнку знакомы слова «бактерия», «микроб», «вирус». Учитель химии и физики по образованию, Пастер существенно продвинул вперёд науку — он изучал симметрию молекул органических веществ (мы бы сказали: пространственную изомерию и стереохимию) и брожение, открыл анаэробные (не нуждающиеся в кислороде) бактерии и способ обеззараживания и сохранения пищевых продуктов, названный в его честь пастеризацией, разработал пути формирования иммунитета, создал необходимые для этого лекарственные средства — *вакцины*.

Французские врачи пренебрежительно относились к открытиям «какого-то химика Пастера», пока он на практике не доказал, что заражение неизлечимой в то время сибирской язвой и смерть от неё могут быть предотвращены с помощью созданной человеком вакцины. Триумфом лекарственных препаратов — вакцин и вакцинации как способа предупреждения заболеваний и их последствий стало спасение в марте 1885 г. мальчика, искусанного бешеной собакой. Других способов избежать смерти при заражении бешенством медицина не знает до сих пор. Вакцинация позволяет избежать кори, оспы, полиомиелита, других болезней и их осложнений. Однако, к сожалению, далеко не всегда организм способен самостоятельно справиться с заболеванием или инфекцией даже с помощью вакцин. Медицина нуждалась не только в средствах, мобилизующих защитные силы организма, но и в препаратах, способных самостоятельно справиться с болезнью.

ХИМИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ И АНТИБИОТИКИ. В 1909 г. немецкий учёный *П. Эрлих* (1854—1915) получил соединение мышьяка — сальварсан, первое эффективное средство против сифилиса. Работы Эрлиха заложили основы *химиотерапии* — лечения инфекционных, паразитарных заболеваний и опухолей лекарствами, подавляющими жизнедеятельность возбудителя болезни или опухолевых



Пауль Эрлих

клеток. В отличие от *фармакотерапии* — лечения препаратами, влияющими на функции организма или симптомы болезней, химиотерапия является *причинной терапией*, т. е. её воздействие направлено на причину, возбудителя болезни. Поэтому химиотерапевтические препараты характеризуются направленностью, специфичностью и избирательностью своего действия.

Идеи Эрлиха получили развитие в работах русского химика-органика *А. Е. Чичибабина* (1871—1945) и английского бактериолога *А. Флеминга* (1881—1955).

А. Е. Чичибабин в годы Первой мировой войны, когда в госпиталях тысячи людей страдали от отсутствия или нехватки болеутоляющих, антисептических и противовоспалительных препаратов, разработал методы получения атропина, кодеина, кофеина, опия и морфина из отечественного сырья, создал в России технологии производства аспирина, фенацетина и салола.

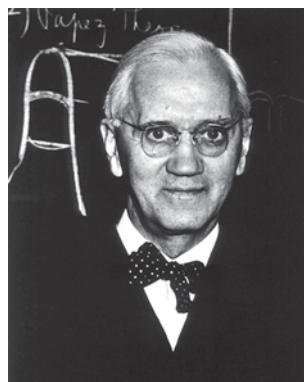
Открытие А. Флемингом в 1928 г. пенициллина — группы **антибиотиков** грибка *Penicillium* стало триумфом учения об *антибиозе* — явлении антагонизма и смертельной борьбы микроорганизмов друг с другом: одни виды бактерий, грибков подавляют (в прямом смысле слова — травят!) жизнедеятельность других с помощью выделяемых микроорганизмами в окружающую среду специфических веществ — антибиотиков.

Антибиотики — органические вещества, образуемые микроорганизмами и обладающие способностью убивать микробов (или препятствовать их росту).

Антибиотики — мощное оружие, и, порой попадая в организм, они уничтожают не только патогенные, но и полезные микроорганизмы, например микрофлору кишечника. Кроме того, болезнетворные микробы, в свою очередь, приобретают устойчивость к «знакомым» им антибиотикам, а они, активно помогая организму бороться с болезнью, позволяют ему «расслабиться», постепенно снижая уровень иммунитета, ослабляя собственные защитные реакции организма. Поэтому очевидно, что нельзя заниматься самолечением антибиотиками.



Алексей Евгеньевич
Чичибабин



Александр Флеминг

Лабораторный опыт

Возьмите таблетку ампициллина и измельчите её. Поместите порошок в пробирку, налейте туда 5 мл дистиллированной воды и закройте пробкой. Полученную смесь встряхивайте в течение 1—2 мин, а затем профильтруйте.

В пробирку налейте 1 мл полученного раствора ампициллина и столько же 5—10% -го раствора NaOH. В полученную смесь добавьте 2—3 капли 10% -го раствора CuSO₄. Встряхните пробирку. Появляется фиолетовое окрашивание, характерное для биуретовой реакции, при-

сущей веществам с белковой природой. Постепенно окраска изменяется на бурую.

НАРКОТИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ. Вещества, влияющие на психику человека, вовсе не изобретение наших дней. Уже в древности жрецы готовили дурманные ритуальные напитки из различных трав и грибов, некоторые из них используются шаманами и сейчас (например, настойка мухомора), а рецепты других вошли в обиходную речь — вспомните характерное выражение «белены объелся». Издревле известны и опиум, и гашиш.

Можно с большой долей уверенности сказать, что человек научился производить и потреблять опий раньше, чем писать. Опиум получали из сока незрелых коробочек опийного мака (рис. 97). Из опия, в свою очередь, можно получить и основное его действующее вещество — морфин. С незапамятных времён опий, а затем и морфин использовался врачами как обезболивающее, снотворное и успокаивающее средство, но с тех же пор было хорошо известно, что применять его надо с большой осмотрительностью. Морфин не только снимает боль, но и вызывает чувство особого наслаждения, приятные (поначалу) галлюцинации. У человека, несколько раз принимавшего морфин, возникает привыкание к нему, он уже не может обходиться без наркотика. Это привыкание носит двойственный характер: различают привыкание психологическое — тяга наркомана к ощущениям, вызываемым морфином, и физическое — следствие патологических изменений в организме наркомана, и прежде всего в нервной системе, при которых неполучение в срок очередной дозы наркотика ведёт к мучительным страданиям. Постепенно организм адаптируется к наркотику, для достижения желаемого эффекта дозы приходится увеличивать... Недавно ещё цветущий молодой человек превращается в беспомощную и страшную в своей жажде наркотика развалину.



Рис. 97. *Сун Сэм Парк. Тосканское лето. Конец XX в.*

Особенно быстро и прочно развивается пристрастие к синтетическому производному морфина — диацетилморфину, или героину. Во многих случаях объективные признаки привыкания наблюдаются уже после одной-двух доз. Несчастный молодой человек или девушка, часто ещё школьники, получают эти две первые дозы от розничного торговца вообще бесплатно, с тем чтобы уже до конца своей недолгой и кошмарной жизни отдавать

ему всё, что имеют, всё, что сумеют достать любыми средствами, вплоть до грабежей и убийства.

И морфин, и героин действуют на так называемые центры положительных эмоций в мозге. Почему? Мозгом вырабатывается ряд веществ, управляющих различными его функциями. Особая их группа — *эндорфины* и *энкефалины* — выполняет, в частности, роль активатора центра положительных эмоций. Морфин же взаи-

модействует именно с этими веществами. Поэтому такие вещества даже стали называть опиатными. Даже сам термин «эндорфины» произошёл от синтеза двух слов — «ЭНДОгенные моРФИНЫ».

В последнее время всё чаще внедряют в сознание заблуждение, легенду о существовании «лёгких» наркотиков. Любой (!) наркотик формирует физиологическую и психическую зависимость от него. «Лёгкие» наркотики лишь более коварны, они медленнее и незаметнее (но также необратимо!) подчиняют себе сознание человека.

Кайф, состояние эйфории,
диктовать нам будет свои законы.
Наркоманы прицепят себе погоны.
Шприц повесят вместо иконы
Спасителя и Святой Марии.

И. Бродский



ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ. Познакомившись с историей развития науки о лекарственных средствах, вы уже знаете, что лечебный эффект лекарственного средства зависит от многих факторов. К ним относится *доза*, терапевтический диапазон которой индивидуален для каждого лечебного средства. Меньшая доза не вызывает лечебного действия, слишком большая повлечёт побочные эффекты и отравление организма (вспомните идеи Парацельса). Обычно дети и пожилые люди более чувствительны к лекарствам — им назначают меньшие терапевтические дозы. Крайне важны *режим приёма* и *способы применения* (проглотить, разжевать, до еды, после и т. п.) лекарственных препаратов. Режим (частота) приёма определяется длительностью действия и особенностями циркуляции, накопления и выведения лекарства из организма. Кроме того, необходимо учитывать возможное *взаимное влияние* назначаемых препаратов друг на друга и их действие. Немаловажную роль при приёме лекарств играет *состояние организма*. Так, например, нарушение функции печени и почек может вызывать токсичность безвредного в других случаях препарата. Некоторые лекарства резко усиливают токсичное действие алкоголя, вызывая тем самым тяжёлые отравления даже небольшим количеством спиртного. Иногда при этом они теряют своё лечебное действие. Особой осторожности требует назначение и приём лекарств беременными женщинами и кормящими матерями — терапевтическая для женщины доза лекарства может отравить плод или новорождённого.

Очевидно, что в одном параграфе невозможно рассмотреть всё многообразие лекарственных средств, их действие на организм, особенности применения и лекарственные формы этих препаратов. Однако вам понятно, что знакомство с этим миром будет невозможно без комплекса естественно-научных знаний.



В следующем параграфе пойдёт разговор об образе жизни, о том, как сохранить здоровье по возможности без лекарств и что для этого нужно делать.

Теперь вы знаете

- ▶ как возникла и развивалась фармакология
- ▶ как были получены первые химиотерапевтические препараты, антибиотики
- ▶ что такое алкалоиды, вакцины, химиотерапия, антибиотики
- ▶ губительные последствия наркомании
- ▶ факторы, влияющие на эффективность применения лекарственных препаратов

Теперь вы можете

- ▶ сформулировать, что такое алкалоиды и для чего они применяются
- ▶ объяснить, что представляют собой эндорфины
- ▶ назвать учёных, создавших вакцины, химиотерапевтические препараты (сальварсан), пенициллин
- ▶ перечислить факторы, которые влияют на эффективность лекарственных препаратов

Выполните задания

1. Объясните, что такое «галеновые препараты», как их получали в старину и как изготавливают сейчас. Приведите примеры «галеновых препаратов» из вашей домашней аптечки.
2. Дайте определения терминов: «наркоз», «анестезия», «алкалоид», «пастеризация», «антибиоз», «антибиотики», «причинная терапия».
3. Сравните химиотерапию и фармакотерапию.
4. Опишите, на чём основано лечебное действие антибиотиков, каковы возможные побочные действия неграмотного применения этих препаратов.

5. Перечислите, что обязательно должно входить в состав автомобильной аптечки и почему.
6. Прочитайте рассказ М. Булгакова «Морфий». Что вы можете сказать о судьбе главного героя?
7. Напишите синквейн об одном из лекарственных препаратов по своему выбору.

☉ Темы для рефератов

1. История великих открытий в фармакологии.
2. «Канон врачебной науки» Ибн Сины — энциклопедия теоретической и клинической медицины.
3. Парацельс — один из основоположников ятрохимии.
4. Из истории вакцинации.
5. Магические грибы и религиозные ритуалы у древних народов.

§ 23. Здоровый образ жизни

1. Назовите произведения русских классиков, в которых подробно описаны завтраки, обеды, ужины, вообще — застолье.
2. Приведите примеры произведений мирового искусства, иллюстрирующие красоту человеческого тела, эмоциональность и душевное состояние человека.
3. Опишите чрезвычайную экологическую ситуацию в Москве в августе 2010 г., когда в связи со смогом концентрации загрязняющих веществ были превышены до 16 раз, а число смертей возросло в 2 раза.

ФИЗИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ. Встречаясь, люди говорят друг другу: «Здравствуйте», т. е. желают здоровья. По Уставу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), *«здоровье — это не отсутствие болезни как таковой или физических недостатков, а состояние полного физического, душевного и социального благополучия»*. В «Толковом словаре русского языка» под здоровьем понимается нормальное состояние правильно функционирующего, неповреждённого организма.

Различают три вида здоровья: физическое, психическое и нравственное (социальное).

Физическое здоровье — это такое состояние органов, систем органов и всего организма в целом, при котором он оптимально функционирует и развивается.

Ещё в Древней Греции и Древнем Риме красивое, сильное, здоровое тело было возведено в культ. Посмотрите на скульптуры греческих мастеров Поликлета (вторая половина V в. до н. э.) «Дорифор» («Копьеносец») (рис. 98), Мирона (конец VI — начало V в. до н. э.) «Дискобол» (рис. 99). Они отражают физическое развитие человека в гармонии с его внутренним миром, а «Дорифор» являлся ещё и образцом пропорций человеческого тела. Эллина говорили: «Хочешь быть здоровым — бегай; хочешь быть красивым — бегай; хочешь быть умным — бегай!» Именно из стремления к здоровью и родились Олимпийские игры, девиз которых «Быстрее, выше, сильнее». В мрачное Средневековье физическое здоровье отступило на второй план, и только в эпоху Возрождения красота человеческого тела снова стала эталоном совершенства и нашла своё отражение в бессмертных творениях великих скульпторов и художников. Например, во фреске Микеланджело (1475—1564) «Страшный суд» (рис. 100) разнообразнейшее положение фигур даёт возможность оценить всю гамму движений тела и, по оценке искусствоведов, является своеобразным анатомическим атласом, по которому можно изучать мышечную систему человека. Примерами античных представлений о соответствии физической красоты и мощи силы духа может служить его же скульптура «Давид».



Рис. 98. Поликлет. Дорифор (Копьеносец). Копия с оригинала. 450—440 гг. до н. э.



Рис. 99. Мирон. Дискобол. Копия с оригинала. V в. до н. э.



Рис. 100. Микеланджело Буонарроти. Страшный суд. Фреска на алтарной стене Сикстинской капеллы в Ватикане. 1537—1541

Биологическими параметрами физически здорового человека являются следующие показатели: частота сердечных сокращений — 60—90 в минуту, артериальное давление — в пределах 120/80 мм рт. ст., частота дыхательных движений — 16—18 в минуту, температура тела — от 35,5 до 37 °C (в подмышечной впадине).

После физических нагрузок у тренированного человека данные биологические параметры возвращаются к норме гораздо быстрее, чем у физически неподготовленного.

ПСИХИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ. Психическое здоровье — ещё одна составляющая здоровья человека.

Психическое здоровье — это состояние благополучия, при котором человек может реализовать свой собственный потенциал, справляться с обычными жизненными стрессами, продуктивно и плодотворно работать, а также вносить вклад в жизнь общества.

Такое определение даётся этому виду здоровья в Уставе ВОЗ. Эта авторитетная организация выделяет следующие критерии психического здоровья:

- осознание и чувство непрерывности, постоянства и идентичности своего физического и психического «я»;
- чувство постоянства и идентичности переживаний в однотипных ситуациях;
- критичность к себе и своей собственной психической продукции (деятельности) и её результатам;
- соответствие психических реакций (адекватность) силе и частоте средовых воздействий, социальным обстоятельствам и ситуациям;
- способность управлять поведением в соответствии с социальными нормами, правилами, законами;



Рис. 101. Леонардо да Винчи.
Джоконда (Мона Лиза). 1503—1514

- способность планировать собственную жизнедеятельность и реализовывать эти планы;
- способность изменять способ поведения в зависимости от смены жизненных ситуаций и обстоятельств.

Психическое здоровье зависит от состояния головного мозга, оно характеризуется уровнем и качеством мышления, развитием внимания и памяти, степенью эмоциональной устойчивости, развитием волевых качеств.

Психическое здоровье является предметом пристального внимания корифеев мирового искусства. Например, знаменитая «Джоконда» (рис. 101) Леонардо да Винчи, по мнению психолога З. Фрейда, — образец неисчерпаемых размышлений о состоянии женской души: «...в выражении лица прекрасной флорентийки...

самое совершенное изображение антагонизма, управляющего любовной жизнью женщины, сдержанности и обольщения, жертвенной нежности и безоглядно-требовательной чувственности, поглощающей мужчину как нечто постороннее». В русской литературе проблема психического здоровья и психического состояния человека является предметом глубочайших исследований великих писателей — Л. Н. Толстого, Ф. М. Достоевского, Н. В. Гоголя и др. Разумеется, традиция создания живых характеров, наделённых неповторимыми чертами, берёт начало в творчестве А. С. Пушкина, в произведениях которого психологизм неразрывно связан с российской действительностью. Энциклопедия русской жизни — это прежде всего роман «Евгений Онегин». Здесь раскрываются психологические черты национального характера главных героев — Евгения и конечно же Татьяны, «русскую душу».

НРАВСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ. И последней, третьей составляющей здоровья человека является нравственное здоровье.

Нравственное здоровье — это способность человека соблюдать нравственные законы и моральные принципы, которые являются основой жизни человека в обществе.

Основу нравственного компонента здоровья составляет система ценностей, установок и мотивов поведения отдельного человека в социальной среде, она является фундаментом духовности человека и связана с его понятиями о добре и зле, совести и любви, красоте и долге. Недаром А. П. Чехов подчёркивал: «В человеке должно быть всё прекрасно: и душа, и тело, и одежда, и мысли». Именно низким уровнем нравственного здоровья объясняются сложные социальные проблемы — курение, алкоголизм, наркомания, проституция, рост криминальной обстановки. И наоборот, высокий уровень нравственного здоровья лежит в основе подвига, патриотизма, гуманизма, понятия красоты и любви. Очень высоко оценивал нравственное воспитание Л. Н. Толстой: «Из всех наук, которые должен знать человек, главная есть наука о том, как жить, делая как можно меньше зла и как можно больше добра». А русский педагог, основоположник педагогики в России К. Д. Ушинский писал: «Конечно, образование ума и обогащение его познаниями много принесёт пользы, но увы, я никак не полагаю, чтобы ботанические или зоологические познания... могли сделать гоголевского городничего честным чиновником, и совершенно убеждён, что будь Павел Иванович Чичиков посвящён во все тайны органической химии или политической экономии, он останется тем же, весьма вредным для общества пронырой...»

Нравственное здоровье — основа взаимоотношений между мужчиной и женщиной. Лучшие произведения мировой живописи, архитек-



Рис. 102. Рафаэль Санти.
Донна Велата. 1515—1516

туры, литературы, поэзии, музыки посвящены любви к женщине! Например, на одном из известнейших портретов Рафаэля (1483—1520) изображена прекрасная, царственной красоты молодая женщина, полная какой-то необыкновенной духовности (рис. 102).

ТРИ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ.

На 50% состояние нравственного, психического и физического здоровья зависит от образа жизни. Другие факторы, определяющие общее здоровье человека: наследственность — 20%, окружающая среда — 20%, уровень медицинской помощи — 10%.

Здоровый образ жизни — это такой способ жизни, который обеспечивает гармоничное развитие и укрепление здоровья, повышение работоспособности людей, душевный комфорт, продление их творческого долголетия.

Здоровый образ жизни предполагает оптимальный режим труда и отдыха, правильное питание, достаточную двигательную активность, личную гигиену, закаливание, профилактику заболеваний, искоренение вредных привычек, любовь к близким, позитивное восприятие жизни.

Соблюдение правильного **режима дня** существенно влияет на здоровье человека. В режиме дня нужно отводить минимум 8 часов для полноценного ночного сна, время для личной гигиены. Необходимо чередование умственной и физической работы, нагрузок и отдыха. Должно быть трёх-, четырёхразовое питание, промежутки между приёмами пищи не должны быть слишком большими (не более 5—6 часов), при трёхразовом питании самым сытным должен быть обед, а самым лёгким — ужин.

Полноценное питание также является неотъемлемой частью здорового образа жизни. Конечно, полноценное питание будет зависеть от многих факторов, индивидуальных для каждого человека: рода деятельности, наличия того или иного заболевания, места жи-

тельства, образа жизни и т. д. Питание должно быть разнообразным и сбалансированным.

Врачи-диетологи рекомендуют раз в неделю есть рыбу и два раза в неделю — мясо (лучше нежирные сорта птицы — курицу или индейку). Эти продукты — важные поставщики в организм белков, жиров, витаминов, микроэлементов и минеральных веществ, которые в таком качестве и количестве не содержатся в других продуктах питания.

Действительно, от правильного питания зависят слагаемые привлекательной внешности человека — чистая кожа, блестящие пышные волосы, ясный взгляд, звонкий смех, ухоженные руки, а в конечном счёте — бодрость и здоровье.

В произведениях А. С. Пушкина, Н. В. Гоголя, Л. Н. Толстого, А. П. Чехова, А. И. Куприна и других писателей можно почерпнуть немало сведений о культуре питания того времени, процессах приготовления и потребления пищи (сервировка стола, кухонные принадлежности, вина, яства, застольные речи).

Длительные и обильные застолья нередко приводят к перееданию, что плохо сказывается на здоровье человека. Переедание является одной из причин атеросклероза, ишемической болезни сердца, гипертонии, сахарного диабета, целого ряда других недугов. Подчеркнём, что более трети россиян, включая детей, имеют лишний вес. И наоборот, стройная фигура, культивируемая в современном обществе как идеал красоты, вызывает желание у многих, особенно у молодых девушек, привести своё тело к желаемым параметрам с помощью разнообразных диет. Но, прежде чем сесть на любую диету, необходимо проконсультироваться с врачом, иначе вместо стройной фигуры можно получить целый букет заболеваний.

Для соблюдения режима правильного питания любому современному человеку необходимо знать энергопотребление организма и уметь составлять суточный пищевой рацион. Этому вы научитесь при выполнении соответствующих практических работ.

Физическая активность и занятия спортом, несомненно, полезны для здоровья человека, так как они предупреждают ряд болезней, которые развиваются в пожилом возрасте (атрофия костей, боли в спине, сердечно-сосудистые проблемы), укрепляют лёгкие, спасают от повышенного артериального давления, нарушения обмена веществ. Кроме того, занятия спортом повышают качество жизни человека, поскольку спортивные люди более активны и уверены в себе. Однако, чтобы получать от физических занятий удовольствие и радость, необходимо избегать перегрузок и тренироваться по индивидуальной программе. Основное правило при спортивных занятиях — это регулярность! Даже небольшие, но регулярные физические нагрузки дают свой положительный эффект, включая такие тривиальные, как утренняя гимнастика, ежедневные прогулки или посещение бассейна, вечерняя пробежка или поездка на велосипеде.



Рис. 103. Занятия лечебной физкультурой

Здоровому человеку полезно ходить по лестнице, не пользуясь лифтом. По утверждению американских врачей, каждая ступенька дарит человеку 4 секунды жизни, а 70 ступенек сжигают 28 калорий. Нормы общей двигательной активности точно не определены. Некоторые отечественные и японские учёные считают, что взрослый человек должен в день делать минимум 10—15 тыс. шагов.

Если человек страдает каким-либо хроническим заболеванием, то это не означает, что ему нужно забыть о физических занятиях. Просто эти занятия должны соответствовать характеру заболева-

ния и способствовать улучшению состояния. Разумеется, характер физических упражнений, а иногда и целый курс лечебной физкультуры (рис. 103) определит врач. Совет врача будет не лишним и для здорового человека. С медицинской точки зрения самыми полезными видами спорта считаются те, что развивают выносливость: велосипед, плавание, бег трусцой. А вот к тем видам спорта, которые требуют экстремального напряжения (например, тяжёлая атлетика, бодибилдинг, марафонский бег и спортивная ходьба), нужно подходить с осторожностью. Очевидно, заниматься можно любым видом спорта, но при одном условии: чтобы это не вредило здоровью.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА. Состояние окружающей среды, профилактическая вакцинация, вредные



Рис. 104. В. Д. Поленов.
Золотая осень. 1893

привычки и возможные стрессы, несомненно, сильно влияют на состояние здоровья людей. Как благотворны для человека идиллический деревенский пейзаж (рис. 104), шум деревьев, пение птиц, звон ручья, сверкающая гладь озера! А различные формы облучения, шум, загрязнение воды и воздуха, наоборот, влияют на самочувствие человека отрицательно (рис. 105). Необходимо по мере возможности избегать этих воздействий, особенно актуальных для городской среды. Для этого нужно, чтобы в квартире были качественные современные окна, системы вентиляции воздуха и очистки воды. Нельзя долго находиться под прямыми солнечными лучами, поскольку это резко увеличивает вероятность раковых заболеваний кожи.

Профилактическая вакцинация играет немаловажную роль в защите здоровья человека. Благодаря ей побеждены коклюш, дифтерия, столбняк, полиомиелит,

Рис. 105. Загрязнённые атмосфера и вода — угроза здоровью человека



гепатит В, корь, свинка, краснуха. Большинство прививок человеку делают ещё в детском возрасте, примерно до 10—11 лет.

Кроме документов, удостоверяющих личность, современному человеку необходимо иметь медицинский сертификат о прививках, где зафиксировано, когда и от каких болезней они сделаны.

Существует и профессиональная профилактическая вакцинация: инфекционным врачам делают прививки от гепатита А и В, врачам, работающим в туберкулёзных диспансерах, — от туберкулёза, ветеринарам — от бешенства, лесникам и геологам — от менингоэнцефалита. Многих людей, которые постоянно находятся в больших коллективах (школьники, учителя, сотрудники больших офисов), ежегодно вакцинируют от гриппа.

Перед посещением экзотических стран необходимо заранее проконсультироваться о рекомендуемых вакцинациях для данной страны. В странах с жарким климатом вы рискуете заразиться различными вирусными заболеваниями (гепатиты А и В, столбняк и дифтерия, бешенство и тиф).

Вредные привычки и стрессы — факторы, губительные для здоровья человека. По данным Всемирной организации здравоохранения, проблемы, связанные с употреблением алкоголя, никотина, наркотиков, сегодня перестали быть медицинскими или моральными проблемами отдельных лиц, они влияют на здоровье, благополучие, безопасность всего населения и нации в целом.

Курение табака приводит к сокращению жизни курильщика на 7—15 лет, к смерти от рака лёгкого — в 90% случаев, от бронхита (так называемый бронхит курильщика) — в 75% и от ишемической болезни сердца у мужчин в возрасте до 65 лет — в 25%. Оно вызывает увеличение риска заболеваний желудочно-кишечного тракта (язва желудка, гастрит). Курение вредно сказывается не только на состоянии здоровья курильщика, но и на здоровье тех, кто его окружает дома, на работе, в общественных местах. В США пассивное курение — вдыхание окружающего воздуха с содержащимися в нём продуктами курения табака другими людьми — убивает 53 тысячи некурящих ежегодно, что делает пассивное курение третьим по значению предотвратимым фактором смертности среди взрослых и детей. Неудивительно, что в Нью-Йорке запретили курение не только в общественных местах, но и в парках, скверах, на улицах.

Длительное злоупотребление алкоголем приводит к необратимым изменениям внутренних органов.

Алкоголизм — заболевание, вызываемое систематическим употреблением спиртных напитков, характеризующееся влечением к ним и приводящее к психическим и физическим расстройствам.

На фоне хронического алкоголизма развиваются такие заболевания, как гастрит, панкреатит, гепатит, цирроз печени, различные типы анемии, нарушения иммунной системы, возрастает риск онкологических заболеваний различных отделов пищеварительной системы, кровоизлияния в мозг.

Наркомания (от греч. *nark* — оцепенение и *mania* — безумие, страсть) — заболевание, выражающееся в физической и (или) психической зависимости человека от наркотиков, постепенно приводящей к разрушению его организма.

Общая деградация личности в результате приёма наркотиков наступает в 10—15 раз быстрее, чем от алкоголя. Наркоманы чаще всего не доживают даже до среднего возраста, умирая от передозировки, от различных болезней или кончая жизнь самоубийством. Среди наркоманов широко распространены гепатит (в 15—20 раз чаще, чем среди остальных людей) и СПИД (они — примерно треть всех носителей ВИЧ).

Наркомания стимулирует рост преступности. Спрос на наркотики в условиях запрета на торговлю ими порождает развитие нелегального наркобизнеса и наркомафии. Ради дозы наркоман готов на любое правонарушение.

Стресс (от англ. *stress* — давление, нажим, нагрузка) — эмоциональное напряжение, которое возникает в результате неприятных переживаний.

Стрессы могут возникать из-за переутомления на работе, длительной концентрации внимания и сил. Более опасные стрессы связаны с комплексом неполноценности, боязнью неудач, различными конфликтами (в коллективе, межличностными, скрытыми или явными). Любой стресс связан с отношением человека к жизни — некоторые начинают волноваться по любому поводу, а другие сохраняют спокойствие даже в трудных ситуациях. Советы по преодолению стрессовых состояний довольно просты: регулярные занятия спортом, сбалансированное и богатое витаминами питание, анализ конфликтной ситуации и оптимальное решение по выходу из неё, принятое самостоятельно или с помощью близких людей.



Заключительный параграф этой главы будет посвящён различным физическим приборам и аппаратам, которые применяются в медицине для диагностики и лечения (от обычного термометра и тонометра до лазеров и рентгеновских установок), а также всевозможным методам обследования с помощью ультразвука, электрического тока и т. д.

☉ Теперь вы знаете

- ▶ в чём заключается физическое, психическое и нравственное здоровье
- ▶ три составляющие здорового образа жизни
- ▶ факторы, влияющие на состояние здоровья человека

☉ Теперь вы можете

- ▶ сформулировать, что такое физическое, психическое и нравственное здоровье, и проиллюстрировать это примерами классических произведений литературы и искусства
- ▶ объяснить, в чём состоит здоровый образ жизни и какие факторы влияют на состояние здоровья человека
- ▶ перечислить заболевания, которые были побеждены благодаря профилактической вакцинации
- ▶ показать на примерах с помощью цифр, как губят и убивают людей курение, наркомания, алкоголь

☉ Выполните задания

1. Дайте свои рекомендации по поддержанию физического, психического и нравственного здоровья.
2. Объясните, нужно ли человеку, имеющему хроническое заболевание, поддерживать физическую активность и зачем.
3. Опишите оптимальный режим питания.
4. В психологии существует такой способ разрешения конфликтов, как «взрыв», когда каждая сторона высказывает свои претензии другой. Назовите положительные и отрицательные моменты такого метода разрешения конфликтов.
5. Сформулируйте свою точку зрения по поводу высказывания: «Не можешь изменить ситуацию, измени отношение к ней». Является ли она рекомендацией для выхода из стрессового состояния?
6. Назовите факторы окружающей среды, опасные для здоровья человека, выскажите свои предложения, как уменьшить их влияние.

☉ Темы для рефератов

1. Вегетарианство и диеты — за и против.
2. Душевное состояние — основа здоровья человека.
3. Психозмоциональное перенапряжение — как с ним бороться.
4. Роль искусства и литературы в процессе формирования нравственного здоровья.
5. Эмоции и психическое здоровье.

§ 24. Физика на службе здоровья человека

1. Назовите температурные шкалы, которые вы знаете, и формулы для перевода показателей одной шкалы в другую.
2. Вспомните произведения научной фантастики, в которых описаны прототипы современных приборов и аппаратов, применяемых сегодня в медицине и других областях.

АНТРОПОМЕТРИЯ. Среди многообразных и сложных процессов, протекающих в организме человека, можно выделить некоторые процессы, имеющие физическую природу. Например, дыхание связано с движением газа, которое изучает такой раздел физики, как аэродинамика, с теплоотдачей, которую рассматривает термодинамика, с испарением, которое является предметом физики фазовых превращений веществ.

Большинство измерений, проводимых с целью диагностики и исследования организма человека, являются физическими измерениями или измерениями физико-химических величин. Нередко физические факторы применяются для воздействия на организм с целью лечения. И в том, и в другом случае используются особые физические приборы.

Антропометрия — это измерение основных физических показателей человека (взвешивание, измерение длины тела, основных показателей дыхания и т. д.).

Для измерения длины тела используют **ростомер**, представляющий собой вертикальную планку с нанесённой на ней сантиметровой шкалой, укреплённую на площадке. На рост человека влияют многочисленные социальные и экологические факторы, наследственность, болезни, возраст, пол, а также принадлежность к той или иной группе народов. Так, средний рост китайцев-горожан — 170 см (у мужчин) и 158 см (у женщин), средний рост россиян составляет 176 см и 164 см соответственно, голландцев — 184,8 см и 168,7 см.

Измерение массы тела производят на **медицинских весах**. Для определения оптимального веса человека предложен ряд формул. Часто используют весоростовые индексы, характеризующие нормальный вес человека в сравнении с длиной тела. Например, **индекс Брока**, который определяют, вычитая 100 из значения длины тела L (в см):

$$P = L - 100, \text{ где } P — \text{масса тела (в кг).}$$



Рис. 106. Определение жизненной ёмкости лёгких с помощью спирометра

Для измерения основных показателей дыхания используют специальный прибор **спирометр**. Человек делает глубокий вдох и, зажав нос, выдувает воздух через **спирометр** (рис. 106). Специальная шкала показывает, какой объём воздуха выдыхает человек.

При спокойном вдохе и выдохе через лёгкие проходит сравнительно небольшой объём воздуха. Это дыхательный объём, который у взрослого человека составляет примерно 500 мл. Акт вдоха проходит несколько быстрее, чем акт выдоха. Обычно за одну минуту совершается 16—18 дыхательных циклов.

При форсированном (глубоком) вдохе человек может дополнительно вдохнуть ещё определённый объём воздуха. Этот резервный объём вдоха, максимальный объём воздуха, который способен вдохнуть человек после спокойного вдоха, равен примерно 1,8—2,0 л.

Жизненная ёмкость лёгких — это объём воздуха, выдохнутого из лёгких после максимального вдоха при максимальном выдохе, который составляет в среднем у мужчин 3,5—5,0 л, у женщин — 3—4 л.

ТЕПЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕПЛОТЕРАПИЯ. Точные измерения температур — это неотъемлемая часть медицинской диагностики. С этой целью используют специальные устройства — **термометры**. Температура тела человека является показателем теплового состояния организма и остаётся относительно постоянной. В норме температура тела человека, измеренная в подмышечной впадине, колеблется в пределах 35,5—37 °С.



Рис. 107. Ртутный и электронный термометры

Кроме хорошо известного всем **ртутного** термометра в практику всё более входят современные термометры, например **электронный** (рис. 107). Такой термометр измеряет температуру тела при помощи специального встроенного чувствительного датчика, а результат измерений отображает в цифровом виде на дисплее. Электронный термометр имеет ряд преимуществ по сравнению с ртутным: он безопасен (не содержит ртути), его невозможно разбить, времени на измерение температуры уходит меньше, его можно использовать даже в темноте, он имеет память с последними измерениями (от 1 до 25).

Повышенные и низкие температуры широко применяются в медицинской практике. Для лечения используют нагретую воду до $+45^{\circ}\text{C}$, торф и грязи (до $+50^{\circ}\text{C}$), парафин (до $+60\text{—}70^{\circ}\text{C}$). Такой диапазон нагрева объясняется различной теплоёмкостью этих веществ. Как универсальное охлаждающее средство в медицине используется лёд. Применение низких температур для лечения носит название **криогенного метода**.

УЛЬТРАЗВУК. ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ. Ультразвук используют для диагностики заболеваний человека.

Механические колебания и волны с частотами более 20 кГц называются **ультразвуком**.

Метод определения опухолей и отёков головного мозга называется **энцефалографией**. Измерение размеров сердца в динамике производят с помощью метода **ультразвуковой кардиографии**. При операциях ультразвук применяют как своеобразный скальпель, способный рассекать и мягкие, и костные ткани. Способность ультразвука измельчать лекарственные вещества, помещённые в жидкость, используется для получения аэрозолей, которые применяют для лечения туберкулёза, бронхиальной астмы, катара верхних дыхательных путей.

Органом, который создаёт непрерывное движение крови по сосудам, а следовательно, и давление в них, является сердце. Этот удивительный орган, неустанно работающий на протяжении всей жизни человека, во все времена восхищал поэтов и вдохновлял их на замечательные стихи.

Как вы уже знаете, **артериальное давление** — это давление крови в крупных артериях человека. Оно складывается из двух показателей: *верхнего*

(*систолического*) давления — показывает уровень давления крови в момент максимального сокращения сердца и *нижнего (диастолического)* — показывает уровень давления крови в момент максимального расслабления сердца. Артериальное давление измеряется в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). Напомним, что оптимальное значение величины артериального давления у человека составляет 120/80. Это означает, что величина верхнего давления равна 120 мм рт. ст., а нижнего — 80 мм рт. ст. Вы уже знаете, что нарушения артериального давления характеризуются гипертонией и гипотонией.

Гипертония — стойкое повышение артериального давления от 140/90 мм рт. ст. и выше. Симптомами гипертонической болезни по-

Что такое сердце?
Камень твёрдый?
Яблоко с багрово-красной кожей?
Может быть, меж рёбер и аортой
Бьётся шар, на шар земной похожий?
Э. Межелайтис





Рис. 108. Разные виды тонометров

мимо резкого повышения артериального давления (криза) являются головные боли, головокружение, тошнота, нарушение слуха. Часто гипертония является следствием патологий сердца, почек и т. д. Повышение давления на каждые 10 мм рт. ст. увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний на 30%. У людей с повышенным давлением в 7 раз чаще развиваются нарушения мозгового кровообращения (инсульты), в 4 раза чаще бывает ишемическая болезнь сердца, в 2 раза чаще — поражение сосудов ног.

Гипотония — низкое артериальное давление от 100/60 мм рт. ст. и ниже. Она приводит к недостаточному кровоснабжению и кислородному голоданию головного мозга, в результате чего появляются слабость, вялость и утомляемость.

Измерение артериального давления связано с именем русского хирурга **Н. С. Короткова** (1874—1920), который предложил для этой цели простой прибор — **тонометр**, состоящий из механического манометра, манжеты с грушей и фонендоскопа. Метод основан на полном пережатии манжетой плечевой артерии и выслушивании тонов, возникающих при медленном выпуске воздуха из манжеты. Для измерения артериального давления в настоящее время применяются также и электронные полуавтоматические и автоматические тонометры (рис. 108).

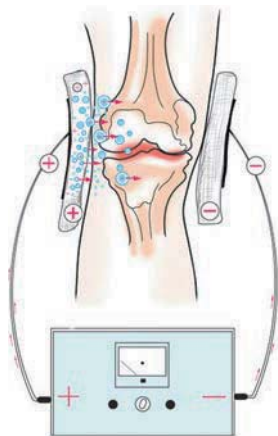


Рис. 109. Схема действия электрофореза

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И ЛАЗЕРОВ В МЕДИЦИНЕ. Постоянный ток используется в лечебной практике для введения через кожу или слизистые оболочки организма человека лекарственных средств, этот метод, как вы знаете, называется **электрофорезом** (рис. 109). С использованием электрического тока работают такие медицинские приборы, как электростимуляторы и дефибрилляторы, позволяющие спасти жизнь пациенту.

Электростимуляторы генерируют гармонические и импульсные электромагнитные колебания низких частот (например, кардио-

стимуляторы, которые предназначены для воздействия на ритм сердца), а высоких — **дефибрилляторы**, кратковременно подают ток высокого напряжения (порядка 4000—7000 В) и приводят к восстановлению нормальной деятельности сердца (рис. 110).

Лазер — устройство, преобразующее различные виды энергии (электрическую, световую и др.) в энергию когерентного (согласованного) электромагнитного излучения с высокой направленностью луча.

Лазеры могут давать излучение в весьма широком диапазоне длин волн — от 100 нм (ультрафиолетовый свет) до 1,2 мкм (инфракрасное излучение) и работать как в непрерывном, так и в импульсном режиме. Само слово «лазер» составлено из первых букв английского словосочетания *light amplification by stimulated emission of radiation* — усиление света посредством вынужденного излучения. В отличие от других источников света, лазер генерирует световые лучи, способные гравировать, сваривать, резать материалы, передавать информацию, осуществлять измерения, контролировать процессы, получать особо чистые вещества, направлять химические реакции. Недаром прототип лазера был положен в основу романа А. Н. Толстого «Гиперболоид инженера Гарина».

Развитие лазерной медицины идёт по трём основным направлениям: *лазерная хирургия, лазерная терапия и лазерная диагностика*.

Лазерный луч, используемый в качестве скальпеля, например в хирургии глаза (рис. 111) и пластической хирургии, делает относительно бескровный разрез, так как одновременно с рассечением ткани коагулирует края раны, как бы приваривая встречающиеся на пути разреза кровеносные сосуды.

В основе лазерной терапии лежит влияние направленного светового потока (лазера) на живую ткань, клетки которой обновляются, восстанавливают свою жизнедеятельность. Лазерный луч расширяет капилляры, улучшает циркуляцию крови, питание тканей, а всё это вместе приводит к тому, что ускоряются процессы заживления в поражённых местах. Лазерная терапия благотворно влияет на иммунитет, умень-



Рис. 110. Реанимация с помощью дефибриллятора

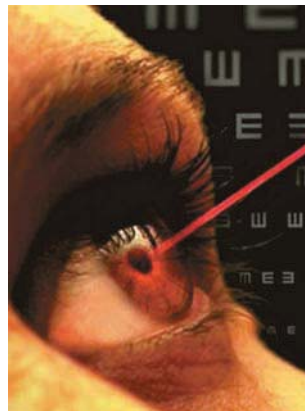


Рис. 111. Операция на сетчатке глаза при помощи лазера

шает вязкость крови, усиливает лимфоток, снижает холестерин, обезболивает, обладает антимикробным, антивирусным и противоаллергенным эффектом. В лазерной терапии низкоинтенсивные лучи применяют для лечения трофических язв, ишемической болезни сердца, для уменьшения размеров опухолей. Особенно эффективна лазерная терапия для лечения ЛОР-заболеваний: гайморитов, ринитов, синуситов, тонзиллитов и связанных с ними заболеваний дыхательного аппарата, например бронхиальной астмы.

Лазерная диагностика позволяет быстро и точно установить диагноз при заболеваниях глаз, пищеварительной, кровеносной систем и предложить эффективную программу их лечения.

МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС И РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКА. Для исследований организма человека используют метод магнитного резонанса — избирательного поглощения электромагнитных волн объектом, помещённым в магнитное поле. Постепенно, послойно сканируя исследуемый орган, врачи получают *магнитно-резонансную томографию (МРТ)*. На снимке можно различать кости, сосуды, ткани с различными повреждениями. Например, с помощью этого метода можно отличить серое вещество мозга от белого (рис. 112), опухолевые клетки от здоровых даже в том случае, если размеры повреждённых участков составляют доли миллиметра.

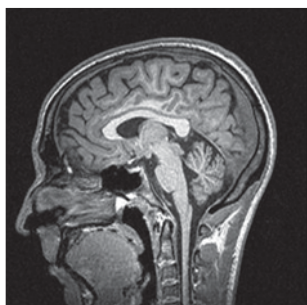


Рис. 112. МРТ — снимок головного мозга



Рис. 113. Снимок кисти жены В. К. Рентгена фрей-фрау Берты

В 1896 г. весь мир обошёл рентгеновский снимок кисти жены **В. К. Рентгена** (1845—1923). На нём ясно были видны все кости и даже кольца (рис. 113). Так в медицину вошёл метод, который в честь автора называют *рентгеном*. Просвечивание внутренних органов с диагностической целью называют *рентгенодиагностикой*. Используют для этого фотоны с энергией 60—120 кэВ. Существенное различие в поглощении разными тканями рентгеновских лучей позволяет в теневой проекции видеть изображения внутренних органов и скелета человека. Если исследуемый орган и окружающие ткани примерно одинаково задерживают рентгеновское излучение, то используются специальные контрастные вещества. Например, при рассмотрении кишечника и желудка пациентам наносят кашеобразную массу сульфата бария — «баритовую кашу». Яркость изобра-

жения зависит от интенсивности рентгеновского излучения. Чтобы уменьшить нежелательные биологические последствия для организма, снижают интенсивность такого излучения, используют другой вариант рентгенографии — **флюорографию**, при которой на чувствительной плёнке фиксируется изображение с большого рентгеновского экрана. Рентген используется также для получения послойного, объёмного изображения тела — **томографии**.

Теперь вы знаете

- ▶ что такое антропометрия
- ▶ для чего проводят теплотерапию
- ▶ как измеряют артериальное давление
- ▶ области применения электрического тока и лазера в медицине
- ▶ что такое магнитный резонанс и рентгенодиагностика

Теперь вы можете

- ▶ перечислить некоторые аппараты, используемые в медицине для диагностики и лечения
- ▶ объяснить, что такое жизненная ёмкость лёгких и её средние показатели
- ▶ дать определение ультразвука, электрофореза, антропометрии
- ▶ назвать заболевания, которые успешно диагностируются и лечатся с помощью лазера

Выполните задания

1. Запишите в тетради некоторые свои антропометрические показатели: рост, вес, жизненную ёмкость лёгких, температуру. Как эти показатели соотносятся с нормой? Сделайте вывод и в случае необходимости предложите соответствующие рекомендации по приведению показателей в норму.
2. Объясните, какое применение в медицине находят ультразвук, электрофорез, лазеры, магнитный резонанс и рентгеновское излучение.
3. Расскажите, как создаётся кровяное давление, как оно измеряется, как называется прибор для его измерения. Назовите оптимальные значения величины артериального давления.
4. Перечислите симптомы гипертонии и гипотонии.
5. Опишите принцип работы стимуляторов и дефибрилляторов и их назначение в медицинской практике.
6. Проведите сравнительный анализ рентгенограммы и снимка магнитно-резонансной томографии.

1. Лазерная терапия при воспалительных заболеваниях ЛОР-органов.
2. Ионогальванизация и фарадизация. Показания к применению.
3. Озокеритотерапия — один из видов теплотерапии.
4. Нобелевский лауреат В. К. Рентген: научная деятельность и открытие икс-лучей.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

5 Создай лицо ребёнка

Цель работы: нарисовать лицо ребёнка на основе упрощённой модели наследования некоторых доминантных и рецессивных признаков черт лица человека.

Оборудование: монетка, цветные карандаши.

Ход работы

1. Определите пол ребёнка, подбросив монету: генотип девочки ХХ (решка), мальчика ХУ (орёл).

2. Определите черты лица ребёнка, используя приложение и монету (орёл — доминантный признак, решка — рецессивный; первый ген — от мамы, второй — от папы). Полученные данные занесите в таблицу.

Признак	Ген от мамы	Ген от папы	Генотип	Фенотип
1. Форма лица				
2. Очертание подбородка				
3. ...				

3. Нарисуйте лицо «получившегося» ребёнка.

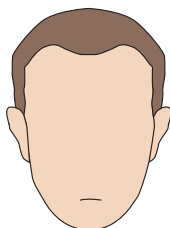
4. Рассчитайте в процентах, сколько доминантных признаков генетически привнёс каждый из родителей.

5. Сделайте вывод о проделанной работе.

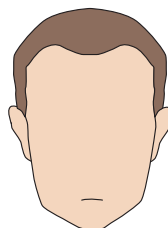
Приложение

1. Форма лица:

круглая (RR ; Rr)

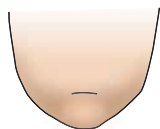


квадратная (rr)

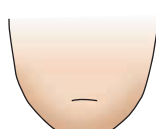


2. Очертание подбородка:

очень выдающийся
(VV ; Vv)

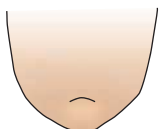


менее выдающийся
(vv)

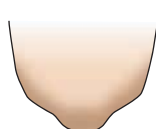


3. Форма подбородка наследуется только в том случае, если подбородок очень выдающийся, и не наследуется, если менее (так как имеет место результат супрессии генов, называемый эпистазом):

круглый
(RR ; Rr)

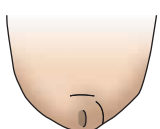


квадратный
(rr)

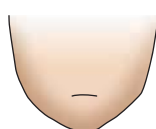


4. Ямочка на подбородке:

присутствует
(AA ; Aa)



отсутствует
(aa)



5. Цвет кожи наследуется полимерными генами A , B , C , которые обладают аддитивным эффектом. За каждого родителя подбрасываем монету три раза для определения генотипа каждого из генов. Например, первая пара может иметь следующие генотипы: AA ; Aa ; aa — соответственно такие же пары образуются для генов B и C .

Чем больше доминантных генов присутствует в геноме, тем более активно проявляется пигментация кожи:

6 доминантных генов — очень чёрная кожа;

5 доминантных генов — очень коричневая кожа;

4 доминантных гена — тёмно-коричневая кожа;

3 доминантных гена — коричневая кожа;

2 доминантных гена — светло-коричневая кожа;

1 доминантный ген — смуглая кожа;

0 доминантных генов — белая кожа.

6. Цвет волос — подобно цвету кожи наследуется полимерными генами. Принимая во внимание, что в образовании цвета волос участвуют четыре гена — A , B , C , D , подбрасываем монету четыре раза за каждого родителя.

8 доминантных генов — чёрные волосы;

7 доминантных генов — тёмно-коричневые волосы;

- 6 доминантных генов — тёмно-каштановые;
- 5 доминантных генов — каштановые;
- 4 доминантных гена — светло-русые;
- 3 доминантных гена — светло-рыжеватые;
- 2 доминантных гена — блондин (блондинка);
- 1 доминантный ген — очень светлый блондин (блондинка);
- 0 доминантных генов — белые (альбинос).

7. Рыжие волосы определяются единственным геном, представленным двумя аллелями Red (R) и red (r), и проявляются только в сочетании с доминантным геном.

RR — ярко-рыжие; Rr — светло-рыжие; rr — отсутствие рыжих волос.

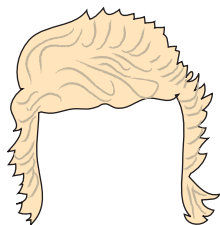
Рыжие волосы проявляются, только если у вашего ребёнка меньше шести доминантных генов.

8. Тип волос:

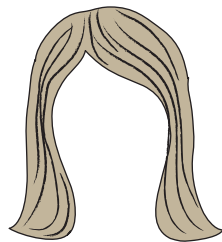
курчавые (CC)



вьющиеся (Cc)

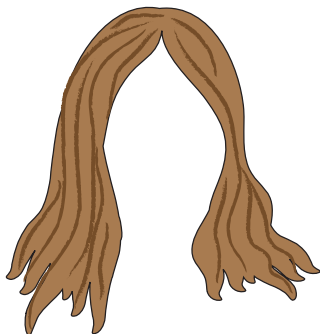


прямые (cc)



9. Волосы на лбу сходятся впереди в центре:

есть признак (Ww)



нет признака (ww)



10. Цвет бровей:

очень тёмный (HH), тёмный (Hh), светлый (hh).

Помните, что цвет бровей может быть иным, чем цвет волос.

11. Толщина бровей:

густые (BB ; Bb)



тонкие (bb)



12. Расположение бровей:
не соединяются (NN ; Nn)



соединяются (nn)



13. Цвет глаз.

Определяется результатом действия двух пар генов, доминантные аллели формируют пигмент, рецессивные — снижают представительство цвета. Первый ген представляет переднюю часть сетчатки, а второй — заднюю. Детерминируют первый ген A , а затем второй — B .

$AABV$ — тёмно-карие; $AABv$, $AaBV$ — карие; $AaBv$ — светло-карие; $AAbb$, $aaBV$ — тёмно-синие; $Aabv$, $aaBv$ — голубые; $aabv$ — светло-голубые.

Примечание: в действительности цвет глаз определяет намного более сложная система, чем предложенная.

14. Расстояние между глазами:

близко
посаженные
(TT)



среднее
расстояние
(Tt)



широко
расставленные
(tt)



15. Размер глаз:

большие (EE)



средние (Ee)



маленькие (ee)



16. Форма глаз:

удлинённая (AA , aa)



круглая (aa)



17. Расположение:

горизонтальное (HH , Hh)



угол поднят кверху (hh)



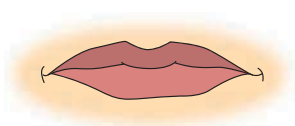
18. Ресницы:
длинные (*LL, Ll*)



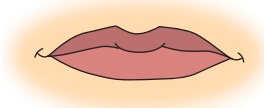
короткие (*ll*)



19. Размер рта:
большой (*MM*)



средний (*Mm*)



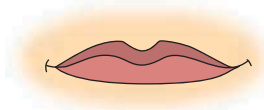
маленький (*mm*)



20. Толщина губ:
полные (*LL, Ll*)



тонкие (*ll*)

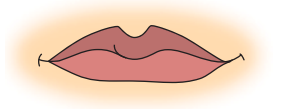


21. Выпуклость губ:

очень
пухлые (*HH*)



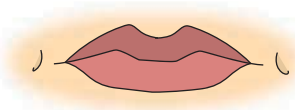
умеренно
пухлые (*Hh*)



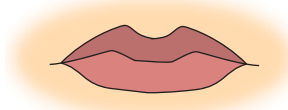
не пухлые
(*hh*)



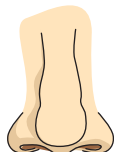
22. Ямочки на щеках:
есть (*SS, Ss*)



нет (*ss*)



23. Размер носа:
большой (*NN*)



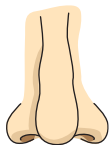
средний (*Nn*)



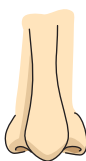
маленький (*nn*)



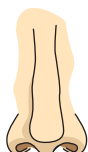
24. Форма носа:
круглый (Rr)



заострённый (rr)



25. Форма ноздрей:
круглые (RR, Rr)



узкие (rr)



26. Мочка уха:
свободная (FF, Ff)



сросшаяся (ff)



27. Дарвиновская точка:
есть (DD, Dd)



нет (dd)



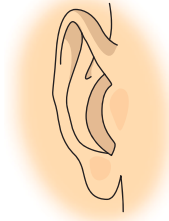
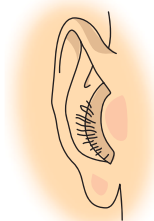
28. Ямка на мочке:
есть (PP, Pp)



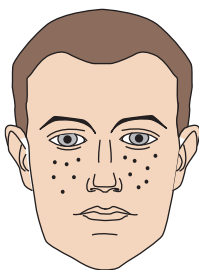
нет (pp)



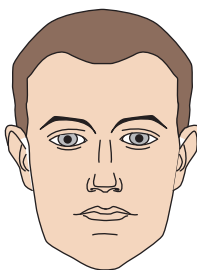
29. Волосы на ушах (волосы на ушах — признак, сцепленный с полом, локализуется в Y-хромосоме и проявляется только у мужчин):
 есть (HH, Hh) нет (hh)



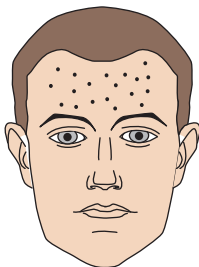
30. Веснушки на щеках:
есть (FF, Ff)



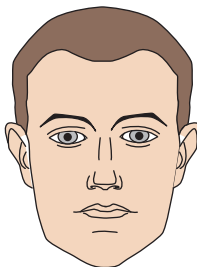
het (*ff*)



31. Веснушки на лбу:
есть (ZZ, Zz)



HeT (zz)



6 Оценка биологического возраста

Цель работы: оценить собственный биологический возраст.

Оборудование: секундомер, тонометр, спирометр.

Ход работы

1. Определите индекс самооценки здоровья (СОЗ). На 27 вопросов анкеты дайте ответ «да» или «нет», на последний (28-й) — «хорошее», «удовлетворительное», «плохое», «очень плохое». Ответ «да» на пер-

вые 24 вопроса и ответ «нет» на вопросы 25—27 оценивается в 1 балл; прибавьте ещё 1 балл, если на последний вопрос дан ответ «плохо» или «очень плохо».

Анкета «Самооценка здоровья»

- 1) Беспокоит ли вас головная боль?
 - 2) Можно ли сказать, что вы легко просыпаетесь от любого шума?
 - 3) Беспокоит ли вас боль в области сердца?
 - 4) Считаете ли вы, что у вас ухудшилось зрение?
 - 5) Считаете ли вы, что у вас ухудшился слух?
 - 6) Стараетесь ли вы пить только кипячёную воду?
 - 7) Уступают ли вам место младшие по возрасту в городском транспорте?
 - 8) Беспокоит ли вас боль в суставах?
 - 9) Влияет ли на ваше самочувствие перемена погоды?
 - 10) Бывают ли периоды, когда из-за волнений вы теряете сон?
 - 11) Беспокоит ли вас боль в области печени?
 - 12) Бывает ли у вас головокружение?
 - 13) Стало ли вам труднее сосредоточиться, чем в прошлые годы?
 - 14) Беспокоит ли вас ослабление памяти, забывчивость?
 - 15) Ощущаете ли вы в различных областях тела жжение, покалывание, мурашки?
 - 16) Беспокоит ли вас шум или звон в ушах?
 - 17) Держите ли вы для себя в домашней аптечке валидол, нитроглицерин, сердечные капли?
 - 18) Бывают ли у вас отёки на ногах?
 - 19) Пришлось ли вам отказаться от некоторых блюд?
 - 20) Бывает ли у вас одышка при быстрой ходьбе?
 - 21) Беспокоит ли вас боль в области поясницы?
 - 22) Приходится ли вам употреблять в лечебных целях какую-либо минеральную воду?
 - 23) Можно ли сказать, что вы стали легко плакать?
 - 24) Бываете ли вы на пляже?
 - 25) Считаете ли вы, что сейчас вы так же работоспособны, как и прежде?
 - 26) Бывают ли у вас такие периоды, когда вы чувствуете себя радостно возбуждённым, счастливым?
 - 27) Как вы оцениваете состояние своего здоровья?
- Запишите ваш индекс СОЗ, он может быть от 0 баллов при идеальном до 28 баллов при очень плохом самочувствии.

2. С помощью тонометра измерьте своё артериальное давление.

3. По формуле определите пульсовое артериальное давление:

$$\text{АДП} = \text{АДВ} - \text{АДН},$$

где АДП — артериальное давление пульсовое; АДВ — артериальное давление верхнее; АДН — артериальное давление нижнее.

4. Определите жизненную ёмкость лёгких (ЖЕЛ) в положении сидя.
5. Определите продолжительность задержки дыхания в секундах после глубокого вдоха ($ЗД_{вд}$) и глубокого выдоха ($ЗД_{выд}$).

6. Определите длительность статической балансировки (СБ) при стоянии на левой ноге без обуви с закрытыми глазами и руками, опущенными вдоль туловища, без предварительной тренировки. Берите наилучший результат из двух попыток.

7. Вычислите свой биологический возраст (БВ) по формулам:

для мужчин:

$$БВ = 44,3 + 0,63 \cdot СОЗ + 0,40 \cdot АДВ - 0,22АДН - 0,22 \cdot АДН - \\ - 0,004 \cdot ЖЕЛ - 0,11 \cdot ЗД_{вд} + 0,08 \cdot ЗД_{выд} - 0,13 \cdot СБ;$$

для женщин:

$$БВ = 17,4 + 0,82 \cdot СОЗ - 0,005 \cdot АДВ + 0,16 \cdot АДН + \\ + 0,35 \cdot АДП - 0,004 \cdot ЖЕЛ + 0,04 \cdot ЗД_{вд} - 0,06 ЗД_{выд} - 0,11 \cdot СБ.$$

8. Оцените результаты исследования. Чтобы судить, в какой степени старение соответствует вашему календарному возрасту (КВ), надо сопоставить вашу величину БВ с величиной БВ (ДБВ), которая характеризует возрастной стандарт и вычисляется по формулам:

$$ДБВ = 0,661 \cdot КВ + 16,9 \text{ (для мужчин);}$$

$$ДБВ = 0,629 \cdot КВ + 15,3 \text{ (для женщин).}$$

Вычислите индекс старения (ИС) по формуле:

$$ИС = \frac{БВ}{ДБВ}.$$

При $ИС > 1$ индивидуальная степень старения выше календарного возраста, при $ИС < 1$ — меньше календарного возраста.

9. Занесите полученные результаты в протокол исследования.

10. Оцените индивидуальную степень старения. Укажите факторы образа жизни, существенно влияющие на биологический возраст.

7 Оценка индивидуального уровня здоровья

Цель работы: оценить индивидуальный уровень собственного здоровья и здоровья близких родственников.

Оборудование: секундомер, ростомер, весы.

Ход работы

Оценка ведётся в условных единицах — баллах или очках — по следующим критериям.

1. *По возрасту.* Каждый год до 20 лет даёт 1 балл. От 20 до 40 лет баллы не прибавляются. После 40 лет за каждый прожитый год отнимается 1 балл от 40. Например, для возраста 50 лет даётся оценка 30 баллов (40—10). Оцените в баллах собственный возраст и возраст одного из близких родственников (родителей, бабушки, дедушки).

2. *По соотношению роста и массы тела.* Согласно формуле: нормальный вес = рост – 100. Если истинный вес (ваш или родственника) превышает нормальный более чем на 5 кг, то от оценки здоровья отнимается 30 баллов. Если же истинный вес меньше нормального на 5—10 кг, то оценка увеличивается на 5 баллов.

3. *По фактору риска — курению.* Некурящие получают дополнительно 30 баллов.

4. *По пульсу.* Если пульс в состоянии покоя меньше 90 ударов в минуту, то за снижение его на один удар в минуту к общей сумме всех показателей прибавляется 1 балл. Если пульс в состоянии покоя превышает 90 ударов в минуту, то за каждый лишний удар из оценки здоровья вычитается 1 балл.

5. *По скорости восстановления пульса после дозированных нагрузок.* Необходимо подсчитать пульс в покое и после интенсивных приседаний в течение минуты — через четыре минуты отдыха. Если пульс восстановился, к оценке здоровья приплюсовывается 30 баллов. Если пульс выше исходного — значит, восстановление не полное, резервы сердечно-сосудистой системы невелики, и от 30 отнимается избыточное число ударов, а остаток прибавляется к общей оценке здоровья.

6. *По загруженности активной физической деятельностью и выносливости организма.* Если вы регулярно занимаетесь оздоровительным бегом, ходьбой, плаваете в бассейне или ездите на велосипеде, выполняете утреннюю гигиеническую гимнастику, то к общей сумме прибавляется 10 баллов. Если вы ведёте малоподвижный образ жизни, привыкли ездить на машине и не ходите пешком, словом, у вас гиподинамия, то необходимо уменьшить общую сумму на 20 баллов.

Теперь сложите все 6 полученных показателей. Оценку уровня здоровья можно сделать по модифицированной классификации состояния человека, показанной в таблице 12.

ТАБЛИЦА 12

Уровень здоровья	Количество баллов
Оптимальный уровень здоровья и адаптации, отличное состояние здоровья	101 и более
Хороший уровень здоровья и адаптации, состояние здоровья среднее или хорошее	61—100
Удовлетворительный уровень здоровья с нарушением механизмов адаптации, состояние здоровья удовлетворительное	41—60
Неудовлетворительный уровень здоровья с недостаточной адаптацией, практически здоров	21—40
Неудовлетворительный уровень здоровья со срывом адаптации, предболезнь	20 и менее
Болезнь	< 0

Запишите полученные результаты (отдельно для себя и родственника), оцените индивидуальный уровень здоровья. При неудовлетворительных результатах проведите анализ причин отклонения вашего здоровья от нормы.

8 Определение суточного рациона питания

Цель работы: составить свой суточный рацион питания.

Оборудование: таблица химического состава и калорийности основных пищевых продуктов, калькулятор.

Ход работы

Суточная энергетическая потребность подростков в возрасте 15—17 лет составляет 13 440—14 700 кДж. Единицей измерения энергии является джоуль (Дж). Однако в физиологии и медицине используют внесистемную единицу — калорию или килокалорию. Взаимосвязь этих единиц: 1 ккал = 4,19 кДж.

1. Пользуясь таблицей 13, рассчитайте свой суточный рацион питания за один (вчерашний) день

Таблица 13

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЛОРИЙНОСТЬ ОСНОВНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ
(В РАСЧЁТЕ НА 100 г)

Продукт	Количество, г			Калорийность, ккал
	белков	жиров	углеводов	
Хлеб ржаной	6,6	1,2	35,5	181
Хлеб пшеничный	7,6	0,8	49,4	238
Масло сливочное	0,8	72,5	1,3	661
Сыр голландский	23,5	30,9	—	380
Колбаса полукопчёная	16,5	34,0	—	376
Колбаса варёная	12,8	22,2	1,5	257
Шпроты	17,4	32,4	0,4	364
Салат из капусты	1,0	4,7	8,9	84,6
Винегрет	1,0	2,4	7,4	57,5
Борщ (порция)	5,8	23,1	34,9	270
Суп рисовый с мясом (порция)	10,2	9,6	25,6	232

Продукт	Количество, г			Калорий- ность, ккал
	белков	жиров	углеводов	
Котлета домашняя	14,6	11,8	13,6	220
Свинина жареная	20,0	24,2	—	298
Сосиски отварные	11,2	24,9	—	270
Сардельки свиные	10,2	31,6	—	332
Рыба жареная	15,9	5,1	—	122
Курица жареная	26,3	11,0	—	204
Каша гречневая (порция)	9,5	7,9	56,0	334
Картофель жареный (порция)	4,4	30,6	58,8	544
Оладьи со сметаной (порция)	11,8	19,1	62,6	482
Яичница с колбасой (порция)	15,9	24,9	1,0	301
Блинчики с творогом (порция)	25,8	33,1	55,2	640
Яйца варёные	12,8	11,6	0,8	159
Сметана	2,8	20,0	3,2	206
Творог	16,7	9,0	2,0	159
Сырки творожные	7,1	23,0	27,5	341
Молоко	2,8	2,5	4,7	52
Кефир	2,8	3,2	4,1	56
Яблоки	0,4	—	11,3	46
Апельсины	0,9	—	8,4	38
Бананы	1,5	—	22,4	91
Изюм	1,8	—	69,1	262
Пирожное	4,1	29,0	34,8	417
Сдобная булочка	7,6	5,8	56,4	288
Мороженое сливочное	3,3	10,0	19,8	178
Печенье сдобное	10,4	5,2	76,8	458
Крекеры	9,8	14,1	66,2	439
Конфеты шоколадные	6,9	35,7	54,4	550

Продукт	Количество, г			Калорий- ность, ккал
	белков	жиров	углеводов	
Конфеты леденцы	Следы	0,1	95,7	370
Мармелад	0,4	Следы	76,6	293
Зефир	0,8	Следы	78,5	304
Чай с сахаром (стакан)	—	—	19,6	74,8
Кофе с молоком (стакан)	2,5	2,6	14,9	150
Сок яблочный (стакан)	1,0	—	18,2	76

2. Результаты расчётов суточного пищевого рациона этого дня занесите в таблицу 14.

ТАБЛИЦА 14

СУТОЧНЫЙ ПИЩЕВОЙ РАЦИОН ПРЕДЫДУЩЕГО ДНЯ

Режим питания	Продукт	Масса, г	Содержание в данном количестве продукта, г			Калорий- ность, кДж
			белков	жиров	углеводов	
1-й завтрак						
2-й завтрак						
Обед						
Ужин						

3. Сравните данные расчётного суточного пищевого рациона с нормативом, сделайте вывод об их соответствии.

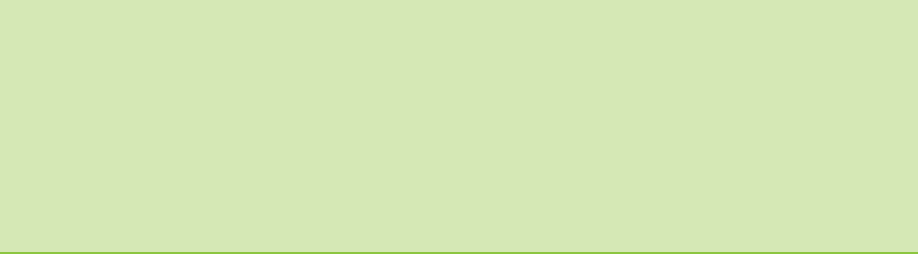
4. Предложите оптимальный состав суточного пищевого рациона на учебный день в соответствии с нормативом.

глава



Естествознание на службе человека





§ 25. Элементарны ли элементарные частицы?

1. Назовите известные вам из курсов физики, химии, естествознания элементарные частицы.
2. Перечислите фамилии учёных, предложивших ту или иную теорию строения атома.
3. Какие модели строения атома вам известны?

ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ. Вам хорошо известно, что атомы состоят из положительно заряженного *ядра* и *электронной оболочки*. **Ядро атома** — тоже сложное образование. Оно состоит из *протонов*, несущих положительный заряд, и *нейтронов*, не имеющих заряда. А можно ли разложить протон на более мелкие частицы? Если да, то являются ли эти мелкие частицы, в свою очередь, неделимыми? И вновь, как во времена Демокрита, научная мысль, отвечая положительно на этот вопрос, опережала экспериментальные доказательства гипотез и математических расчётов. Эксперимент блестяще подтверждал одни предположения, опровергал другие, давая пищу для новых поисков ответа на вопрос: как устроены известные в настоящее время человеку самые мельчайшие частицы материи?

Как связаны между собой вопросы тончайшего устройства наномира с проблемами мегамира — рождения Вселенной? Для чего была построена самая большая в мире и самая дорогая экспериментальная установка — Большой адронный коллайдер?

Выслушай то, что скажу я, и ты, несомненно, признаешь,
Что существуют тела, которых мы видеть не можем...
Стало быть, ветры — тела, но только незримые нами...
Далее запахи мы обоняем различного рода,
Хоть и не видим совсем, как в ноздри они проникают...
И наконец, на морском берегу, разбивающем волны,
Платье сыреет всегда, а на солнце вися, оно сохнет;
Видеть, однако, нельзя, как влага на нём оседает,
Да и не видно того, как она исчезает от зноя.
Значит, дробится вода на такие мельчайшие части,
Что недоступны они совершенно для нашего глаза...
Нам очевидно, что вещь от стирания становится меньше,
Но отделение тел, из неё каждый миг уходящих,
Нашим глазам усмотреть запретила природа ревниво.

Лукреций Кар



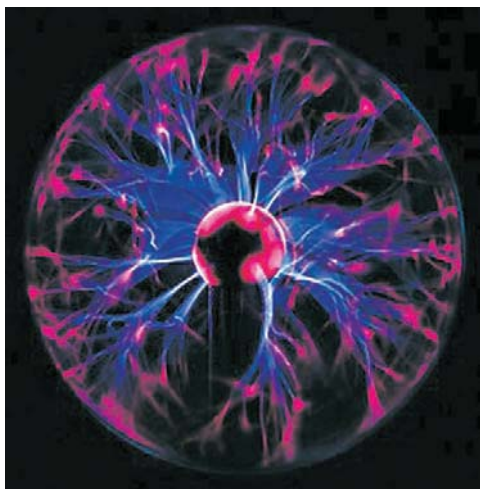


Рис. 114. Шаровидная плазменная лампа, принцип действия которой основан на ионизации заполняющего её газа

Если вещество нагреть до температуры в несколько миллионов градусов, то от его атомов оторвутся электроны и вещество, как вы уже знаете, перейдёт в новое, четвёртое агрегатное состояние — плазму — ионизованный газ. Однако ядра атомов при этом не разрушатся, так как даже при такой большой энергии преодолеть силы ядерного притяжения не получится. Плазма, полученная таким путём, называется высокотемпературной в отличие от низкотемпературной плазмы, получить которую можно действием электрического поля на вещество. На свойствах низкотемпературной плазмы основана работа плазменных панелей телевизоров, мониторов и некоторых других приборов (рис. 114).

ДЕЛЕНИЕ АТОМНОГО ЯДРА. ПРОТОНЫ, НЕЙТРОНЫ. Для того чтобы разделить ядро атома на ещё более мелкие частицы, необходима очень большая энергия, гораздо больше той энергии, которую можно передать веществу путём нагревания.

Учёные предположили: если столкнуть ядро атома с частицей, несущейся с огромной скоростью и, следовательно, обладающей очень высокой энергией, ядро может распасться на составляющие его части.

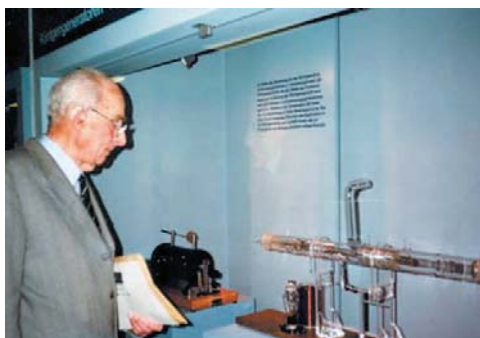


Рис. 115. Один из разработчиков линейного ускорителя Р. Видероз у модели прибора в лаборатории-музее В. К. Рентгена (Вюрцбург, Германия)

По осколкам можно будет воссоздать первоначальное строение ядра, установить, из каких более мелких частиц оно состоит. В качестве частиц-«снарядов» для бомбардировки атомных ядер решили использовать ионы или заряженные элементарные частицы. Почему заряженные? Потому что в электромагнитном поле им можно придать направленное движение с огромной скоростью. Электрическая составляющая электромагнитного поля разгоняет частицу, придавая ей всё боль-

шую скорость и кинетическую энергию, а магнитная направляет частицу по заданной траектории. Установка для проведения подобных экспериментов называется **линейным ускорителем элементарных частиц**. Первые линейные ускорители были сконструированы в 20-х гг. XX в. (рис. 115).

В 1932 г. английский физик **Дж. Чедвик** (1891—1974), бомбардируя ядра атома бериллия α -частицами (ядрами атома гелия), выбил из них элементарную частицу нейтрон, наличие которого в составе ядра предсказывали за несколько лет до экспериментального доказательства его существования. Таким образом, было доказано, что в состав атомных ядер входят два типа элементарных частиц — **протоны** и **нейтроны**. Именно потому, что эти частицы составляют ядро атома, их называют общим термином **нуклоны** (от лат. *nucleus* — ядро).

ДЕЛЕНИЕ ПРОТОНОВ И НЕЙТРОНОВ. Установив, что ядро атома состоит из нуклонов, учёные задались вопросом: быть может, протон и нейтрон тоже представляют собой комбинацию более мелких частиц? Для экспериментального подтверждения этой гипотезы нужно было ещё больше увеличить энергию сталкивающихся элементарных частиц. Как это сделать? Один из вариантов — увеличить длину пробега в линейном ускорителе частицы-«снаряда», чтобы в момент столкновения она обладала достаточным запасом энергии.

Любые макроскопические аналогии процессов, происходящих в мире элементарных частиц, не вполне корректны, но позволяют лучше представить себе суть происходящего. Чтобы её понять, вспомним некоторые основные законы механики.

Представьте, что яблоко с яблони упало вам на голову. Ничего страшного не произойдёт, а в случае с Ньютоном, если верить легенде, такое падение принесло даже пользу — был открыт закон всемирного тяготения. Но в нашем примере яблоко под действием гравитационных сил двигалось с ускорением свободного падения ($9,8 \text{ м/с}^2$) всего несколько метров, поэтому не успело приобрести значительную кинетическую энергию.

А теперь поднимем яблоко массой 200 г на высоту 100 м. Его потенциальная энергия составит:

$$E_{\text{п}} = mgh,$$

где m — масса яблока, g — ускорение свободного падения, h — высота.

Отпустим яблоко. Оно устремится вниз, набирая всё большую скорость. В момент падения на землю, по закону сохранения энергии, потенциальная энергия яблока полностью перейдёт в кинетическую:

$$E_{\text{п}} = E_{\text{к}}.$$

Из курса физики основной школы вы знаете, что:

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}.$$

Приравняем выражения для кинетической и потенциальной энергии и найдём скорость движения яблока в момент падения на землю:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh, v = \sqrt{2gh} = 44,3 \text{ м/с.}$$

Это примерно 160 км/ч. Кинетическая энергия яблока в этом случае будет составлять:

$$E_k = \frac{0,2 \cdot 44,3^2}{2} = 196 \text{ Дж.}$$

Получается довольно большое значение энергии, достаточное, чтобы даже пробить крышу автомобиля.

Вернёмся к линейному ускорителю. Расчёты показали, что для достижения желаемого результата увеличивать длину разгона элементарных частиц технически невозможно: ускоритель в этом случае должен иметь размеры, равные расстоянию от Москвы до Новосибирска.

Решение проблемы оказалось, как всегда, простым и гениальным. Надо обеспечить движение заряженных частиц не по прямой, а по окружности! Тогда разгонять частицы до момента столкновения можно сколь угодно долго.

Циклический ускоритель заряженных частиц получил название **циклотрон**.

Эксперименты, проведённые на циклических ускорителях, подтвердили расчёты учёных-физиков: протоны и нейтроны представляют собой сложные частицы. Из чего же они состоят? Какие силы удерживают мельчайшие единички материи вместе? Попробуем разобраться в этих вопросах, а для начала рассмотрим классификацию частиц по нескольким признакам.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЧАСТИЦ В ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ. Согласно современным представлениям, все частицы можно разделить на две группы — **фермионы** и **бозоны**. Из частиц-фермионов состоит материя, т. е. любое вещество во Вселенной, а частицы-бозоны отвечают за взаимодействие частиц друг с другом.

Частиц-фермионов всего 12: шесть *лептонов*, к которым среди прочих относится электрон, и шесть *кварков*. Все эти частицы обладают массой.

Интересный факт: до сих пор остаётся неясным происхождение слова «кварк» и его связь с физикой высоких энергий. По одной из версий слово было заимствовано **М. Гелл-Манном** (1929—1969), предсказавшим в 1964 г. существование кварков, из романа Дж. Джойса «Поминки по Финнегану», где оно обозначает крик чаек (*quark*).

Вторая группа частиц — бозоны — обеспечивает все известные на сегодняшний день типы взаимодействия: электромагнитное, гравитационное и так называемые слабое и сильное. Бозоны — это в большей степени математическое явление, чем физическая реальность, поскольку их до сих пор никто никогда не видел. Однако в разных экспериментах

физики могут заметить следы их существования, поскольку оно, увы, весьма недолговечно. Бозоны рождаются только в момент какого-либо взаимодействия, после чего или распадаются, или поглощаются какой-нибудь из фундаментальных частиц. Считается, что они как бы переносят взаимодействие, т. е., контактируя с фундаментальными частицами, изменяют их характеристики, благодаря чему взаимодействие, собственно говоря, и происходит.

Так, например, при электромагнитных взаимодействиях, которые изучены лучше всего, электроны постоянно поглощают и испускают один из типов бозонов, которые называются **фотонами**, в результате чего проявляются свойства самих электронов. В частности, они способны перескакивать с одного энергетического уровня атома на другой (при поглощении или испускании энергии).

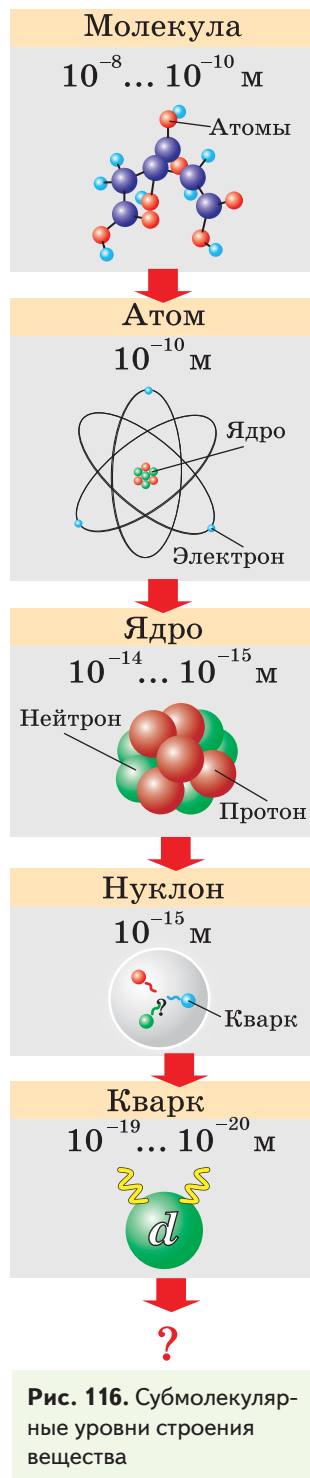
За счёт обмена бозонами другого типа кварки, например, удерживаются в составе протона или нейтрона.

Упомянув протоны и нейтроны, мы подошли к классификации частиц по другому признаку — «сложности» их строения. С этой точки зрения, как фермионы, так и бозоны бывают **фундаментальными** и **составными**.

Считают, что фундаментальные частицы не состоят из более мелких. К ним, как к бесструктурным частицам, относят кварки, лептоны, фотоны.

Само название, составные, указывает на то, что частицы построены из нескольких составляющих. Среди бозонов к составным частицам относится пи-мезон. Хорошо известные вам протон и нейтрон — это тоже составные частицы, их составными частями являются кварки. Кстати, частицы, состоящие из кварков, называют **адронами**. Этот термин вам наверняка знаком по выражению «адронный коллайдер». А если нет, то вы познакомитесь с ним в следующем параграфе.

И ещё одна классификация частиц, которая не имеет аналогий в макромире: частицы делятся на те, которые *имеют массу*, и ...



безмассовые. Если с первыми более-менее всё понятно (к ним относятся, как мы уже говорили, все фермионы), то представить себе частицу, не обладающую массой, сложно. Тем не менее безмассовой частицей является фотон.

Почти у всех частиц (за редким исключением, к которому относится тот же фотон) есть **античастицы**. Оправдывая собственное название, античастицы всегда имеют заряд, противоположный заряду частицы. Так, заряд позитрона, античастицы электрона, равен $+1$.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ПУТИ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИИ. Исследовательский азарт заставлял учёных всё дальше и дальше «разбирать матрёшку» мироздания: вещество — молекула — атом — ядро — нуклон — кварк... (рис. 116).

А что дальше? Как спуститься на следующий, более глубинный уровень организации материи? Как вы догадываетесь, для этого необходимо достичь ещё более высоких значений энергии сталкивающихся частиц. Каким образом?

Заряженная частица, движущаяся по окружности, обладает импульсом, значение которого прямо пропорционально радиусу окружности и модулю вектора магнитной индукции поля.

Чем больше импульс частицы, тем больше её энергия.

Увеличение индукции магнитного поля ограничено проводимостью материалов ускорителей, они должны обладать сверхпроводимостью. Итак, первый путь решения задачи — создание сверхпроводящих материалов, желательно работающих при температурах много выше нуля.

Второй путь — увеличение радиуса траектории движения частиц. Осуществить это можно только за счёт увеличения размеров ускорителя. Кроме того, учёные предложили ещё один простой способ увеличения энергии столкновения: бомбардировать не покоящуюся частицу движущейся, а сталкивать два встречных потока частиц, летящих навстречу друг другу. При такой «лобовой атаке» энергия столкновения удваивается!

В 2001 г. в подземном тоннеле на границе Франции и Швейцарии, вблизи Европейского центра ядерных исследований Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, CERN — в русской аббревиатуре ЦЕРН), началось строительство самой грандиозной и дорогостоящей за всю историю человечества экспериментальной установки — Большого адронного коллайдера.



Именно о Большом адронном коллайдере пойдёт речь в следующем параграфе.

Теперь вы знаете

- ▶ что изучает физика высоких энергий
- ▶ из чего состоят протоны и нейтроны

- ▶ что такое фотоны, бозоны, античастицы
- ▶ каковы дальнейшие пути исследования материи

☉ Теперь вы можете

- ▶ объяснить, что представляет собой ускоритель элементарных частиц
- ▶ перечислить элементарные частицы и дать их краткую характеристику

☉ Выполните задания

1. Дайте характеристику протонов, нейтронов и электронов по следующему плану: а) обозначение частицы; б) заряд частицы; в) масса частицы; г) взаимосвязь числа этих частиц в атоме с положением химического элемента в Периодической системе Д. И. Менделеева.
2. Объясните, чем характеризуется каждое агрегатное состояние вещества, что такое плазма, какие виды плазмы существуют.
3. Назовите частицы, из которых состоят протоны и нейтроны, а также фундаментальные частицы, которые образуют вещества Вселенной.
4. Охарактеризуйте фермионы и бозоны. Определите, какова роль бозонов в мире элементарных частиц.
5. Определите, что такое кварки и адроны и с помощью каких установок учёные могут «разглядеть» их.

☉ Темы для рефератов

1. Научная деятельность нобелевского лауреата М. Гелл-Манна.
2. Фермионы — базовые «кирпичики» всей материи.
3. Гипотетические частицы.
4. Кварки, их типы и свойства.
5. История открытия основных элементарных частиц.
6. Двенадцать фундаментальных частиц и вся Вселенная.

§ 26. Большой адронный коллайдер

1. Сравните теории происхождения Вселенной и древние легенды и мифы разных народов о сотворении мира.
2. Назовите основные этапы возникновения и эволюции Вселенной.

МОНТАЖ И УСТАНОВКА КОЛЛАЙДЕРА. Проект создания Большого адронного коллайдера (от англ. *collide* — сталкиваться, циклический ускоритель на сталкивающихся пучках), который должен был заме-



Рис. 117. Аэросъёмка участка земной поверхности, под которой расположен Большой адронный коллайдер

нить менее мощные установки, появился в 1984 г. Поскольку расчётная стоимость проекта значительно превышала расходы полёта на Луну, понадобилось долгих 10 лет, чтобы убедить ведущие державы в необходимости финансирования самого дорогостоящего физического эксперимента в истории человечества. Подумать только: в строительные работы, изготовление, монтаж и запуск коллайдера необходимо

было направить около 9,8 миллиарда долларов! Тем не менее в 2001 г. реализация проекта была начата.

К проектным, конструкторским и научным исследованиям по созданию коллайдера было привлечено более 10 тыс. учёных из 100 стран мира.

В качестве площадки для размещения циклического ускорителя был выбран тоннель длиной 27 км, расположенный на глубине от 50 до 175 м на границе Франции и Швейцарии, недалеко от Женевы (рис. 117).

В подземном тоннеле были установлены два полых кольца — трасса для движения заряженных частиц. Для разгона протонных пучков и удержания их на круговой орбите на коллайдере были установлены 1624 сверхпроводящих магнита. Магниты приобретают сверхпроводимость при охлаждении до температуры 1,9 К ($-271\text{ }^{\circ}\text{C}$). Это лишь чуть выше температуры абсолютного нуля, ниже температуры открытого космоса. Такое глубокое охлаждение достигается за счёт использования нескольких тонн жидкого гелия, температура кипения которого составляет всего 4 К.

На всём протяжении трассы в точках столкновения встречных потоков частиц были установлены 6 детекторов различной конструкции и назначения, способных регистрировать всё происходящее (рис. 118).



Рис. 118. Монтаж одного из детекторов коллайдера — «ATLAS»



Рис. 119. Участок кольца коллайдера в тоннеле

Во второй половине 2008 г. пусконаладочные работы на коллайдере были завершены, и 21 октября состоялось официальное открытие ускорителя.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ КОЛЛАЙДЕРА. Принцип действия ускорителя заключается в следующем. В коллайдер вводятся протоны, которые собираются в 2808 пучков, по $1,15 \cdot 10^{11}$ частиц в каждом пучке. Под действием электромагнитного поля положительно заряженные протоны разгоняются по круговым орбитам во встречных направлениях до фантастической скорости — лишь на 0,000002% меньше скорости света. При таких скоростях 27 км тоннеля (рис. 119) протоны пролетают менее чем за 0,0001 с, т. е. за 1 с они делают около 11 тыс. оборотов.

После выхода коллайдера на максимальную проектную мощность энергия каждого протона достигнет 7 ТэВ (тераэлектронвольт). Много это или мало? Для начала напомним, что возрастание какой-либо физической величины на каждые 3 порядка (в тысячу раз) обозначается приставками: «кило-», «мега-», «гига-», «тера-». Например, тактовая частота процессора вашего компьютера составляет порядка 2,5 ГГц. Наверное, вы бы не отказались «превратить» её в терагерцы, т. е. увеличить в 1000 раз.

Итак, энергия движущегося с максимальной скоростью протона составляет 7 ТэВ ($7 \cdot 10^{12}$ эВ), или 10^{-6} Дж. Эта величина сравнима с кинетической энергией летящего комара. Всего-то? Не торопитесь с оценками. Вспомните, какое громадное количество протонов сталкивается в коллайдере. А теперь подсчитаем их суммарную энергию:

$$\begin{aligned} 2808 \text{ пучков} \cdot 1,15 \cdot 10^{11} \text{ протонов} \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = \\ = 323 \cdot 10^6 \text{ Дж, или } 323 \text{ МДж.} \end{aligned}$$

Получается, что при соударении такого количества протонов выделяется энергия, эквивалентная взрыву 100 кг тротила, а суммарная кинетическая энергия протонов сравнима с кинетической энергией летящего реактивного самолёта! В результате резкого возрастания температуры при соударении протоны должны распасться на минимально возможные составляющие, образуя вещество в первозданном состоянии — так называемую *кварк-глюонную плазму*.

Таким образом, благодаря Большому адронному коллайдеру человечество проникает так глубоко внутрь структуры материи, как никогда раньше.

ЗАДАЧИ, КОТОРЫЕ ЖДУТ РЕШЕНИЯ. На какие вопросы мы получим ответы с помощью экспериментов на коллайдере? Какие теоретические гипотезы будут подтверждены или опровергнуты? Почему в средствах массовой информации высказываются сомнения относительно безопасности проведения экспериментов на коллайдере? Сначала определимся с задачами, которые ждут решения.

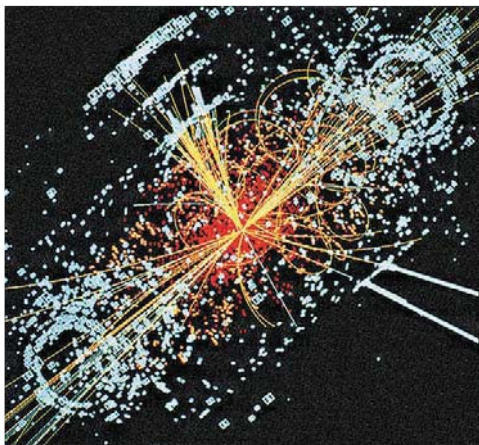


Рис. 120. Моделирование, демонстрирующее рождение бозона Хиггса

1. Происхождение массы.

Казалось бы, парадоксальная постановка вопроса. Тем не менее такое знакомое нам всем понятие, как «масса», ещё мало изучено. Согласно теории А. Эйнштейна, масса и энергия связаны соотношением:

$$E = mc^2.$$

Мы уже говорили, что, по мнению учёных, все известные взаимодействия обеспечиваются особыми частицами, в частности бозонами. В 1960 г. шотландский физик **П. Хиггс** (р. 1929) высказал предположение, что всё

окружающее нас пространство заполнено полем, впоследствии получившим название *хиггсовского*. В результате взаимодействия с этим полем, которое проходит через всю Вселенную, любая элементарная частица приобретает энергию, а следовательно, в соответствии с формулой Эйнштейна, и массу. Взаимодействие поля с частицей происходит благодаря так называемым **бозонам Хиггса**. Получается, что таинственный бозон Хиггса является как бы творцом всего во Вселенной. Именно поэтому нобелевский лауреат **Л. М. Ледерман** (р. 1922) назвал этот бозон «частицей-богом». В средствах массовой информации такое название трансформировалось в не совсем корректные «божественная частица», «частица Бога». Результаты экспериментов, проведённых на БАК, с большой вероятностью подтвердили существование бозона Хиггса (рис. 120).

2. Происхождение Вселенной.

Эксперимент на Большом адронном коллайдере позволит смоделировать состояние вещества в первые мгновения рождения Вселенной.

Учёные полагают, будто давным-давно Вселенная была сжата в очень незначительном объёме. Более 14 млрд лет назад произошёл Большой взрыв, в результате чего частицы начали разлетаться в разные стороны, охлаждаться, взаимодействовать между собой и объединяться в более сложные образования. В первые мгновения из кварков образовались адроны (в том числе протоны и нейтроны). Через секунду после Большого взрыва температура Вселенной понизилась до 10^9 К, из протонов и нейтронов начали образовываться ядра атомов. Спустя 300 тыс. лет в основном сформировались атомы всех известных химических элементов, а также состоящие из них вещества, и начали образовываться планеты и галактики. За счёт расширения на протя-

жении 14 млрд лет своего существования Вселенная остыла до температуры около 2,7 К и приобрела такие колоссальные размеры. При этом расстояния между галактиками продолжают увеличиваться — Вселенная расширяется.

Столкновение элементарных частиц позволяет в миниатюре воссоздать картину мироздания в первые мгновения после Большого взрыва — в состоянии кварк-глюонной плазмы. И учёные, пытаясь таким образом проникнуть в глубь элементарных частиц, с помощью коллайдера решают ещё и загадку рождения Вселенной.

3. Исчезновение античастиц.

Согласно всем теоретическим представлениям в момент Большого взрыва Вселенная была симметрична, т. е. наряду с частицами вещества в равном количестве должны были образоваться частицы антивещества — их зеркального отражения. Однако сегодня во Вселенной удаётся обнаружить только вещество. Получается, что вероятность рождения частиц (например, протонов и электронов) оказалась чуть выше, чем античастиц (соответственно антипротонов и позитронов). При столкновении частиц с античастицами происходит их взаимное уничтожение, превращение в иные частицы, при этом выделяется колоссальное количество энергии. Это процесс называется **аннигиляцией**. Полагают, что ускоритель БАК даст уникальную возможность зафиксировать и изучить асимметрию процессов рождения и аннигиляции вещества и антивещества.

В конце лета 2008 г. завершился длительный, продолжавшийся несколько месяцев процесс охлаждения электромагнитов, которым предстояло ускорять, направлять и фокусировать пучки протонов в вакуумных трубах. Охлаждение обмоток этих электромагнитов до перевода их в сверхпроводящее состояние необходимо для того, чтобы выдержать токи, требуемые для создания мощнейшего магнитного поля. Всё было готово для проведения экспериментов с реальными пучками протонов, однако неожиданный инцидент отодвинул ожидания учёных более чем на год.

На Большом адронном коллайдере 19 сентября 2008 г. произошла серьёзная авария. Поломка одной из деталей повредила систему охлаждения, и тонна жидкого гелия вылилась прямо в тоннель. Как



Непонятны
голоса галактик,
различимые едва-едва.
Непонятно,
кто и как наладит
производство антивещества.
Смотрит в небо жерло телескопа,
от земных волнений отстранясь.
Звёзды
мы поймём ещё не скоро, —
слишком далеко
они
от нас!

Р. Рождественский

вы знаете, гелий — это простое вещество, относящееся к семейству благородных газов. Этот газ вполне оправдывает прежнее название родственных веществ, образованных элементами главной подгруппы VIII группы Периодической системы Д. И. Менделеева, — инертные газы. Гелий настолько индифферентен к атомам остальных химических элементов, что до сих пор не удалось получить ни одного соединения гелия. Именно поэтому гелий относительно безвреден для организма человека и животных. Ни один специалист, работавший в то время на коллайдере, не пострадал. Технические же поломки оказались достаточно серьёзными. Выяснилось, что замене подлежало более 20 сверхпроводящих магнитов, масса некоторых из них достигала 30 т. На ремонт и восстановление коллайдера ушло больше года.

Первые столкновения пучков протонов удалось осуществить в ноябре 2009 г. Энергия соударений была в полтора десятка раз меньше максимальной, но начало перехода на новую ступень в исследовании вещества было дано. Год спустя были получены первые научные результаты. Коллайдер заработал ещё не в полную мощность, но столкновения протонов с энергией 3,5 ТэВ привело к образованию частиц, косвенно свидетельствующих о том, что существование бозонов Хиггса не миф, а реальность.

Наконец, в июне 2011 г. мир облетело сообщение, что учёным удалось получить и в течение 16 мин удерживать атомы антиводорода — частиц, образованных отрицательно заряженным ядром и положительно заряженным позитроном.

ВОПРОС БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ КОЛЛАЙДЕРА. Насколько безопасны эксперименты на коллайдере? Опасения некоторых учёных, подхваченные средствами массовой информации, рисуют следующую апокалиптическую картину. Искусственное получение бозонов Хиггса приведёт к неуправляемому скачкообразному росту массы, в результате появится чёрная дыра, куда затянет всю материю если не Вселенной, то, по крайней мере, нашей планеты. Всё живое прекратит своё существование, и вся материя вновь соберётся в мельчайшую песчинку, затем вновь последует Большой взрыв.

Учёные, отвечающие за безопасность работы коллайдера, утверждают: пророчества скептиков не могут сбыться, потому что все физические явления, которые учёные надеются провести на коллайдере, происходят в природе постоянно. Дело в том, что энергия в 7 ТэВ для элементарных частиц во Вселенной не является необычной. На самом деле частицы такой и даже большей энергии каждую секунду врезаются в скафандр космонавта, вышедшего из космического корабля. С той же частотой они бы бомбардировали и наши тела, не будь у Земли атмосферы. Воздушная оболочка спасает нас от этих частиц, которые зовутся космическими лучами.

Вывод учёных однозначен: бояться нечего. Вероятность гибели человечества в результате удара астероида, вспышки ближайшей к Земле сверхновой звезды или новой мировой войны существенно больше, чем шансы уничтожить Вселенную при работе Большого адронного коллайдера.

Сто́ят ли научные результаты, которые надеются получить на Большом адронном коллайдере, таких огромных средств? Вложения в науку тем и отличаются от вклада в банке, что заранее неизвестно, какой доход вы будете иметь. Постепенно, шаг за шагом научные открытия изменяют нашу повседневную жизнь, подарив нам радио, телевидение, компьютеры, Интернет, новые методы лечения и диагностики. Уже сегодня физика высоких энергий в этом смысле «чиста» перед обществом — она окупил вложенные в неё средства сполна. В экспериментах на Большом адронном коллайдере принимают участие самые яркие, самые талантливые молодые люди со всего мира, которых привлекает эта фундаментальная область науки, работающая на краю знания и незнания.

Теперь вы знаете

- ▶ в чём заключается принцип действия коллайдера
- ▶ задачи, которые ждут решения
- ▶ как решаются вопросы безопасности при работе коллайдера

Теперь вы можете

- ▶ подсчитать суммарную энергию протонов, сталкивающихся в коллайдере
- ▶ перечислить вопросы, которые могут быть решены только с помощью экспериментов, проводимых на Большом адронном коллайдере
- ▶ доказать, что коллайдер безопасен для окружающего мира и предположения об апокалипсисе — конце света — в связи с ним несостоятельны

Выполните задания

1. Опишите, как устроен Большой адронный коллайдер, за счёт чего достигается сверхпроводимость установленных на нём магнитов, в чём состоит принцип его работы.
2. Длина окружности Большого адронного коллайдера составляет 26 659 м. Рассчитайте его радиус и диаметр.

3. Во время аварии на Большом адронном коллайдере в тоннель вылилась 1 т жидкого гелия. Рассчитайте количество вещества потерянного гелия и объём, который это количество вещества занимает при нормальных условиях.
4. Математики обнаружили интересный факт: отношение массы протона к массе электрона равно $6\pi^5$. Ответьте, во сколько раз протон тяжелее электрона.

☉ Темы для рефератов

1. Бозон Хиггса и его значение для науки. 2. Антивещество и антимир. 3. Тайна рождения Вселенной. 4. Участие российских учёных в работе Большого адронного коллайдера.

§ 27. Атомная энергетика

1. Назовите природные и полученные искусственным путём радиоактивные элементы, а также имена учёных, занимавшихся исследованием радиоактивности.
2. Перечислите достоинства и недостатки атомной энергетики.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА. Год от года в мире растёт потребление электроэнергии. Это и понятно: развивается промышленное производство, увеличивается выпуск энергоёмкой продукции, даже в быту мы используем всё больше и больше электроприборов, делающих нашу жизнь удобной и комфортной. При этом нас больше волнует стоимость «потраченного» киловатта, нежели проблемы производства электроэнергии и её передачи на колоссальные расстояния от производителя до потребителя. Мы полагаем, что потребляем уже произведённую электроэнергию, значит, по нашим представлениям, выгоднее её продавать, чем экономить. Вместе с тем всё нарастающий спрос на электроэнергию при непрерывном истощении природных ресурсов для её производства постепенно превращается в глобальную проблему человечества.

Для начала давайте вспомним, что же такое **электрический ток** и каким образом он образуется в металлических проводниках.

Электрический ток — это упорядоченное движение заряженных частиц.

В этом параграфе мы будем рассматривать электрический ток в металлах.

Заставить электроны совершать направленное движение в металлическом проводнике можно различными способами: под действием магнитного поля (электрогенераторы), за счёт протекания химической реакции (химические источники тока), преобразованием солнечной энергии в электрическую (солнечные батареи) и т. д.

В 1831 г. английский физик *М. Фарадей* (1791—1867) открыл явление **электромагнитной индукции**. Он изготовил из мягкого железа кольцо, обмотал его изолированной медной проволокой, по которой пропускал ток от гальванического элемента. Вокруг обмотки появлялось магнитное поле, которое пронизывало железное кольцо и индуцировало в нём направленное движение электронов, т. е. электрический ток. При этом обязательным было условие: магнитное поле, которое пронизывает кольцо, должно быть не постоянным, а изменяющимся. Только при изменении магнитного поля, пронизывающего поверхность, ограниченную замкнутым контуром, в нём возникает электрический ток.

» **Напомним**, что свободными заряженными частицами в металлах являются электроны.

Электромагнитная индукция — это явление возникновения электрического тока в замкнутом проводнике при изменении магнитного поля, проходящего через него.

Для получения электрического тока можно использовать и постоянный магнит, только для того, чтобы пронизывающее рамку магнитное поле изменялось, она должна в магнитном поле вращаться (рис. 121). На этом рисунке схематично показана конструкция устройства, которое позволяет получать электрический ток, — **электрогенератора**. Только в реальном генераторе металлическая рамка не одна, а множество, но все они имеют одну ось вращения (подвижная часть генератора называется ротором, а неподвижная часть с постоянным магнитом — статором). Остаётся только решить вопрос, кто же будет вращать ротор электрогенератора за условную ручку, показанную на рисунке 121, чтобы в промышленном масштабе преобразовывать механическую энергию в электрическую.

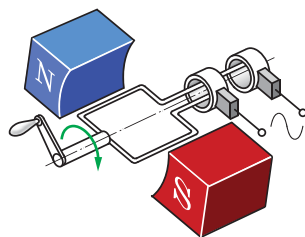


Рис. 121. Схема устройства электрического генератора

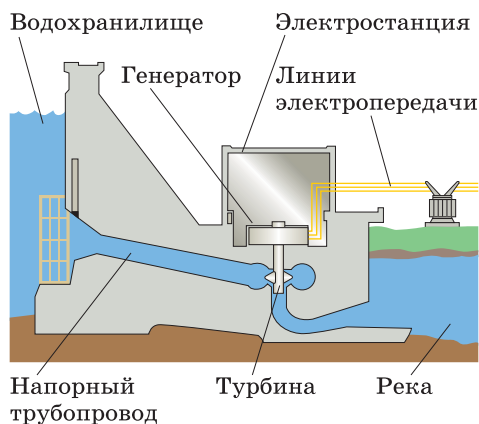


Рис. 122. Схема устройства гидроэлектростанции

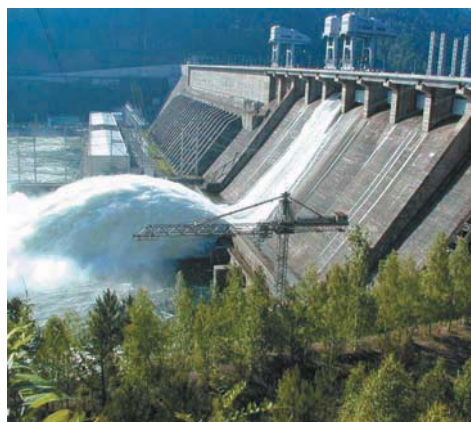


Рис. 123. Внешний вид Красноярской ГЭС

ВИДЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ. В зависимости от того, какие силы «вдыхают жизнь» в электрогенерирующее устройство, — иначе говоря, в зависимости от источника энергии, — различают гидроэнергетику, тепловую энергетику, атомную энергетику, а также альтернативную (нетрадиционную) энергетику (ветровую, геотермальную, водородную и др.).

На **гидроэлектростанциях** (ГЭС) (рис. 122) лопасти турбин вращает поток падающей воды (рис. 123). Для строительства ГЭС необходимо перекрывать русло, обеспечивать значительный перепад высот между уровнем водохранилища и «продолжением» реки, тем самым серьёзно вторгаясь в естественные природные процессы.

На **тепловых электростанциях** (ТЭС) за счёт сжигания органических природных ископаемых (природный газ, каменный уголь) или продуктов нефтепереработки (мазут) нагревают воду, получают водяной пар или раскалённые газы, которые вращают лопасти турбины, соединённой с электрогенератором (рис. 124). Помимо электрической энергии, ТЭС вырабатывает тепло, которое подаётся в наши дома в виде горячей воды для потребления и отопления. Понятно, что для работы тепловой электростанции требуется огромное количество топлива, а при его сжигании образуются дымовые газы, загрязняющие атмосферу.

Конечно, каждый из вас знает, что одним из самых современных способов получения электроэнергии является превращение энергии радиоактивного распада (ядерной энергии) в электрическую на **атомных электростанциях** (АЭС). Проблему атомной энергетики сегодня активно обсуждают все — от домохозяек до руководителей ведущих держав. Объяснение этому очень простое: с одной стороны, альтерна-

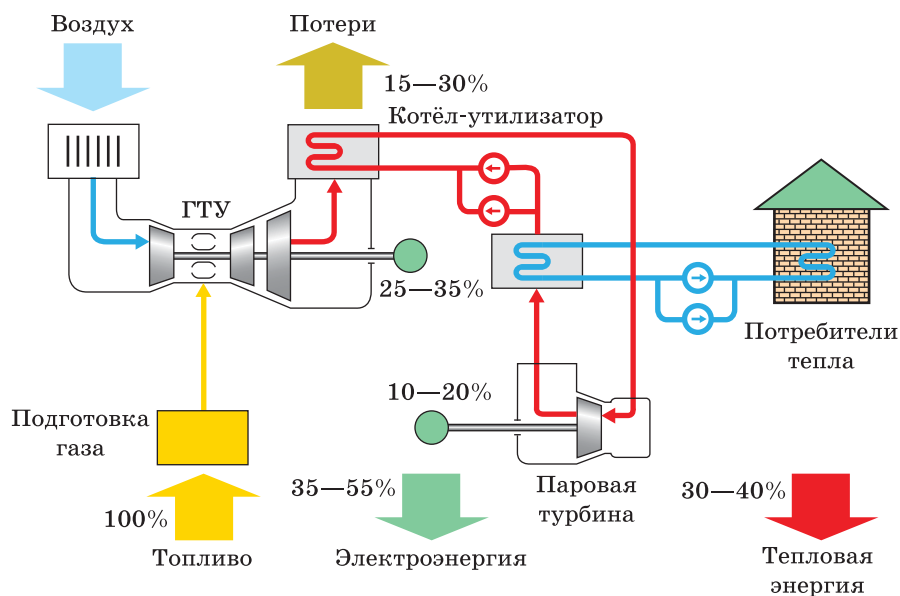


Рис. 124. Схема устройства тепловой электростанции

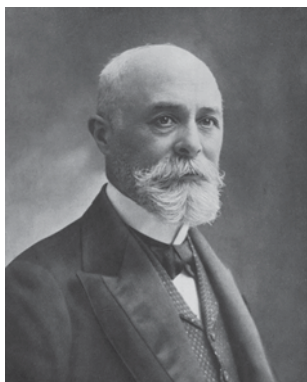
тивы атомной энергетике для промышленно развитых стран в настоящее время нет, с другой стороны, ужасные катастрофы Чернобыля и Фукусимы — весомые аргументы противников строительства и эксплуатации АЭС.

РАДИОАКТИВНОСТЬ, ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ. Чтобы составить своё собственное, аргументированное и обоснованное мнение по проблеме атомной энергетики, вам необходимо знать основополагающие принципы использования энергии **ядерных реакций**.

Атомы большинства химических элементов могут существовать сколь угодно долго, т. е. являются *стабильными*. Однако в природе встречаются элементы, атомы которых самопроизвольно распадаются, при этом образуют «осколки» меньшей атомной массы (это атомы других химических элементов) и выбрасывают β - и (или) α -частицы. Такие элементы (как и вещества, их содержащие) называют **радиоактивными**.

Превращение атомов одних элементов в другие называют **ядерной реакцией**, в ходе таких реакций выделяется огромное количество энергии.

Например, к природным радиоактивным элементам относятся технеций (Tc), радий (Ra), уран (U), а также все расположенные в периодической таблице за ураном элементы (их называют *трансурановые*). Кроме того, искусственным путём с помощью ядерных реакций полу-



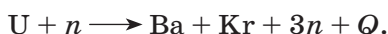
Антуан Анри Беккерель

чены элементы, никогда не встречающиеся в природе, например элемент № 101 менделевий (Md).

Явление радиоактивности было открыто в 1896 г. французским физиком, лауреатом Нобелевской премии **А. А. Беккерелем** (1852—1908) при исследовании природного минерала урана — уранита (или урановой смолки). Два годами позже **М. Склодовская-Кюри** (1867—1934) открыла ещё два радиоактивных элемента — радий (Ra) и полоний (Po). Для получения 1 г радия Марии Кюри пришлось вручную переработать 8 т руды!

Протеканию ядерной реакции может способствовать внешнее воздействие на атом, например бомбардировка его нейтронами.

В 1939 г. произошло открытие, положившее начало использованию энергии радиоактивного распада. Австрийский физик **Л. Мейтнер** (1878—1968) и немецкий химик **О. Ганн** (1879—1968) обнаружили, что при поглощении атомом урана одного нейтрона ядро распадается на два «осколка» — атомы более лёгких элементов (бария (Ba) и криптона (Kr)), при этом снова выбрасывается 2—3 нейтрона и выделяется гигантское количество энергии — в 50 млн раз больше, чем при сжигании такого же количества угля! Упрощённо уравнение протекающей ядерной реакции можно записать так:



Высвобождающиеся нейтроны способны инициировать распад новых атомов урана. При достаточном количестве радиоактивного вещества (его масса называется *критической массой*) протекает неуправляемая ядерная реакция, приводящая за доли секунды к выбросу гигантского количества энергии, т. е. *ядерному взрыву*. Помимо огромной разрушительной силы ядерный взрыв приводит к заражению больших территорий радиоактивными продуктами распада, губительными для всего



Мария
Склодовская-Кюри



Лиза Мейтнер

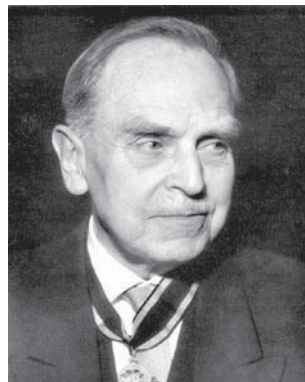
живого. Так выдающееся открытие положило начало созданию самого изуверского оружия XX в. — *атомной бомбы*.

В те годы мир стоял на пороге Второй мировой войны. К счастью, фашистская Германия до 1945 г. не смогла создать ядерное оружие, вероятность применения которого была бы чрезвычайно велика. Но, к несчастью, создать атомную бомбу и испытать её 6 августа 1945 г. на японском городе Хиросима, а 9 августа того же года — на Нагасаки смогли Соединённые Штаты Америки. Монополизм США в создании ядерного оружия длился недолго: 29 августа 1949 г. на полигоне в Семипалатинске Советский Союз провёл первые испытания собственной атомной бомбы. Был достигнут паритет, значительно уменьшивший вероятность повторного применения ядерного оружия.

Но для наработки радиоактивной «начинки» для атомной бомбы необходимо было построить реактор, в котором протекает контролируемая ядерная реакция. Запуск первого ядерного реактора состоялся в декабре 1942 г. под трибунами стадиона университета в Чикаго.

ПРИНЦИП РАБОТЫ АТОМНОЙ СТАНЦИИ. Уже в ходе первых экспериментов на ядерном реакторе выяснилось, что энергию, которая выделяется в ходе ядерной реакции, можно использовать не только в военных, но и в мирных целях, в частности для превращения её в энергию электрическую. Неудивительно, что именно в СССР, познавшем все тяготы войны и выступавшем за запрет применения ядерного оружия, в 1954 г. была запущена первая в мире атомная электростанция в г. Обнинске Калужской области.

Сердцем АЭС (рис. 125) является атомный реактор, в котором протекает контролируемая ядерная реакция, например деление урана. Ещё раз взгляните на приведённое выше уравнение ядерной реакции. Чтобы замедлить её скорость и контролировать процесс, необходимо «выключить из



Отто Ганн



Рис. 125. Внешний вид Балаковской АЭС

игры» лишние выделяющиеся нейтроны. С этой целью используют так называемые замедлители нейтронов — графитовые стержни. Они тормозят скорость движения нейтронов до такой степени, что те становятся неспособными вызывать деление урана. Чем глубже введены стержни в зону реакции, тем ниже её скорость.

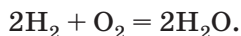
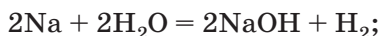
Ядерное топливо находится в тонкостенных металлических трубках, собранных в батарею. Энергия, выделяющаяся в ходе реакции, нагревает воду, омывающую трубки. Вода закипает, превращается в пар. Подавать такой пар непосредственно на турбину, соединённую с электрогенератором, опасно, поскольку он радиоактивен, поэтому его нежелательно выводить за защитную оболочку реактора. Полученный пар нагревает и испаряет воду во втором водяном контуре, именно этот вторичный теплоноситель вращает лопасти паровой турбины, соединённой с валом генератора. Затем пар охлаждается, превращается в воду и по замкнутому циклу вновь подаётся в реактор. Таким образом, большинство АЭС по принципу генерации электроэнергии мало чем отличаются от ТЭС и представляют собой своеобразную паровую машину.

Однако преимущества АЭС состоят в том, что они сжигают в сотни тысяч раз меньше горючего, чем ТЭС, не выбрасывают в атмосферу продукты сгорания, гораздо более производительны и экологичны, чем станции на органическом топливе.

АЭС НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ. Достаточно трудоёмкой и дорогостоящей процедурой является выработка ядерного топлива для АЭС, ведь изотопа урана с относительной атомной массой 235 в природной руде всего 0,7%. Урановую руду приходится обогащать. А вот урана-238 — 99,3%, однако под действием так называемых медленных нейтронов достичь его распада не удаётся. Физики, инженеры, конструкторы нашли способ заставить уран-238 делиться, для этого нужно использовать нейтроны, обладающие большой энергией, — быстрые нейтроны.

Быстрые нейтроны поглощаются атомами урана-238, которые после серии ядерных реакций превращаются в атомы плутония (Pu) — элемента с высокой радиоактивностью. В свою очередь, плутоний может быть использован в качестве ядерного горючего, а также служить «начинкой» атомного оружия. Получается, что реактор на быстрых нейтронах производит не только электроэнергию, но и новое ядерное топливо! Вот только теплоносителем в «быстрых» реакторах вода уже быть не может: наряду с графитом она является замедлителем нейтронов. Альтернативный вариант, который выбрали учёные, таков: в качестве теплоносителя в первичном контуре используется не газ, не вода, а расплавленный металл, чаще всего натрия (его температура

плавления составляет всего +97,8 °С). Металл, обладая очень высокой теплопроводностью, быстро нагревается и передаёт энергию теплоносителю смежного контура — воде. Но ведь натрий — очень активный щелочной металл, он энергично взаимодействует с водой с выделением водорода, который горюч, а в смеси с кислородом или воздухом взрывоопасен:



Значит, натриевый контур должен быть гарантированно изолирован от попадания влаги. Несмотря на высокую степень риска, эксплуатация «быстрых» АЭС очень выгодна. Главное их преимущество состоит в том, что они производят больше ядерного топлива, чем сжигают. Из каждых 100 кг урана после ядерной реакции образуется 120—140 кг радиоактивного плутония, который также можно использовать в качестве топлива для АЭС. Благодаря этой особенности такие реакторы называют *бридерами* (от англ. *breeder* — производитель). Кроме того, мировых запасов урана-238 в 140 раз больше, чем урана-235, их хватит на ближайшие 10 тыс. лет. Реакторы на быстрых нейтронах позволяют использовать в качестве топлива торий (Th), количество которого в земной коре в 4 раза больше, чем урана.

Первая советская АЭС на быстрых нейтронах была запущена в 1972 г. в г. Шевченко (ныне Актау, Казахстан). Россия и поныне является мировым лидером в этой области атомной энергетики. С 1980 г. без сбоев работает блок на быстрых нейтронах на Белоярской АЭС в Свердловской области.

АТОМНОЕ СУДОХОДСТВО. РИТЭГИ. Атомная энергия служит человечеству не только на АЭС. В 1954 г. в США была спущена на воду первая в мире атомная подводная лодка «Наутилус», а три года спустя — аналогичная субмарина К-3 «Ленинский комсомол» в Советском Союзе. Два атомных реактора, разместившихся в корпусе подлодки, вращают не только роторы электрогенераторов для обеспечения судна электроэнергией, но и валы гребных винтов.

Годом позже ходовые испытания прошёл первый отечественный атомный ледокол «Ленин». Три его реактора вырабатывали электроэнергию для электродвигателей, приводивших в действие три гребных винта. Всего в нашей стране было построено 9 атомных ледоколов, проложивших во льдах Северного Ледовитого океана пути для тысяч судов. Основное преимущество атомного судоходства состоит в том, что силовая установка расходует в десятки тысяч раз меньше топлива,

чем обычные суда, может автономно работать без пополнения топливных запасов месяцами и даже годами.

Этот факт стал основополагающим при создании долго живущих источников тока.

Вспомним явление, которое лежит в основе одного из типов источника тока. Возьмём два проводника из разных металлов и соединим их концы. В цепь включим прибор, позволяющий регистрировать наличие электрического тока. Одно из соединений металлов будем нагревать, а другое — охлаждать. Гальванометр покажет наличие тока в цепи. Такое устройство называется *термоэлементом*. А теперь представьте, что нагревать одно из соединений мы будем за счёт энергии ядерной реакции, а для охлаждения другого достаточно температуры окружающей среды. Поскольку ядерная реакция может продолжаться годами и десятилетиями, мы получим долго живущий источник тока! Именно на этом принципе и основана работа *радиоизотопных термоэлектрических генераторов* — РИТЭГов. Такие источники тока устанавливаются на навигационных маяках и радиомаяках, расположенных в тысячах километров от населённых пунктов, на космических аппаратах, десятки лет летящих к далёким планетам Солнечной системы, на глубоководных станциях.

ВОПРОС БЕЗОПАСНОСТИ. КРУПНЕЙШИЕ АВАРИИ НА АЭС. Одной из глобальных проблем человечества является ответ на вопрос: насколько безопасна атомная энергетика? Как велик риск ядерной катастрофы в результате техногенных аварий или природных явлений на атомных электростанциях? Стоит ли развивать атомный энергетический комплекс или необходимо искать альтернативные, более безопасные пути получения электрической энергии?

У противников АЭС есть весьма серьёзные аргументы — аварии на действующих электростанциях. Первый звоночек прозвенел 28 марта 1979 г. на АЭС «Тримайл-Айленд» в штате Пенсильвания (США). В результате отказа насосов системы охлаждения в реакторе стала резко повышаться температура. Были включены резервные насосы, но по роковой ошибке персонала задвижки на пути охлаждающей жидкости оказались закрыты. Температура поднялась до +2200 °С. Хотя ядерное топливо частично расплавилось, оно не прожгло корпус реактора, и радиоактивные вещества остались в основном внутри. Для снижения давления блока сработал аварийный клапан, и в атмосферу было выброшено большое количество радиоактивного пара, благородных газов и водорода. Территория станции также была загрязнена радиоактивной водой, вытекшей из первого контура. Эта авария считается одной из крупнейших в мире.

Семь лет спустя, 26 апреля 1986 г., произошла Чернобыльская катастрофа, потрясшая весь мир.

Примерно в половине второго ночи на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС произошёл взрыв, который полностью разрушил реактор (рис. 126). Здание энергоблока частично обрушилось, начался пожар. Смесь из расплавленного металла, песка, бетона и ядерного топлива растеклась по помещениям. В результате взрыва произошёл выброс в окружающую среду радиоактивных веществ, в том числе урана и плутония. Облако радиоактивных веществ прошло над большей частью территории Европы, выпадение радиоактивных осадков отмечено на значительных территориях Украины, Белоруссии и России.

Более 30 человек погибли в течение первых трёх месяцев после аварии. Отдалённые последствия облучения, выявленные за последующие 15 лет, стали причиной гибели десятков человек. Более 115 тыс. жителей были эвакуированы из 30-километровой зоны вокруг станции. В ликвидации последствий аварии принимало участие более 600 тыс. человек.

Чернобыльская авария расценивается как крупнейшая в своём роде за всю историю ядерной энергетики — как по предполагаемому количеству погибших и пострадавших от её последствий людей, так и по масштабам экономического ущерба.

Третья крупнейшая авария на АЭС по характеру развития напоминает американскую трагедию. 11 марта 2011 г. вблизи японского острова Хонсю произошло сильнейшее землетрясение магнитудой 9 баллов. Подземные толчки привели к сбоям в системе охлаждения нескольких энергоблоков атомной электростанции «Фукусима-1». Температура внутри реакторов начала быстро расти, перегретый водяной пар стал реагировать с металлом теплообменников с образованием водорода. Когда давление достигло критического значения, водород вырвался в атмосферу и, соединившись с кислородом воз-

Нуклиды, цезий, фон, Чернобыль...
Кружилась, никла голова.
И так нам нужно было, чтобы
Сном стали все эти слова.

В. Гущенко



Рис. 126. Разрушенный энергоблок Чернобыльской АЭС

духа, взорвался. Весь мир облетели кадры огненного столба над зданием станции, частично разрушившего строительные конструкции. Но сам реактор устоял. Расплавленное ядерное топливо стекло на дно корпуса. Для его охлаждения использовались все возможные силы и средства: энергоблок поливали из пожарных и военных машин, сбрасывали тонны воды с вертолётов. Удалось решить главную задачу — не допустить образования трещины в реакторе и расплавления его бетонного основания раскалённой лавой.

Приведённые примеры ярко показывают, насколько опасно халатное, не отвечающее правилам техники безопасности использование ядерной энергетики. Тем не менее, несмотря на серьёзную опасность, развитие общества уже немыслимо без использования энергии атома: масштабы применения радиоактивных веществ в энергетике, космической технике, медицине, биологии, геологии растут с каждым днём.

В 2011 г. атомные электростанции работали в 30 государствах мира, в общей сложности эксплуатируется 436 энергоблоков. В ближайшее время вступить в ядерный клуб собираются ещё 14 держав. Доля атомной энергетики в энергетическом комплексе России в 2011 г. составляла 16%, до 2030 г. эту цифру планируется увеличить до 30%. В энергобалансе Японии на атомную энергетику приходится 28%, Франции — 78%. Экономика развитых стран уже не в состоянии отказаться от атомного электричества. Выход один: повышать степень безопасности имеющихся, а особенно строящихся АЭС. После японской трагедии ряд стран приостановили свои ядерные программы. Правительство Германии приняло решение о запрете эксплуатации АЭС, построенных до 1980 г. Следующий шаг в решении вопроса, быть или не быть ядерной энергии на службе человечества, — за вашим поколением.

Теперь вы знаете

- ▶ как получают электрический ток с помощью электрогенератора
- ▶ какие существуют виды электростанций
- ▶ что такое радиоактивность, ядерные реакции
- ▶ принцип работы атомной станции
- ▶ как работает АЭС на быстрых нейтронах
- ▶ как решаются вопросы безопасности на АЭС

Теперь вы можете

- ▶ объяснить устройство и принцип работы электрогенератора
- ▶ дать сравнительную характеристику разных видов электростанций — ГЭС, ТЭС и АЭС

- ▶ перечислить трансурановые элементы таблицы Д. И. Менделеева
- ▶ описать принцип действия термоэлектрического генератора

☉ Выполните задания

1. Опишите явление электромагнитной индукции.
2. Опишите устройство ГЭС, ТЭС и АЭС.
3. Охарактеризуйте ядерный взрыв и контролируемый ядерный процесс.
4. Назовите области применения атомной энергии.

☉ Темы для рефератов

1. История открытия радиоактивности. 2. Ядерный клуб. 3. Развитие атомной энергетики в нашей стране. 4. Чернобыль и Фукусима — сравнительный анализ. 5. Мирный атом и атомная война в литературе и кинематографе. 6. Радиация: генетические последствия.

§ 28. Продовольственная проблема и пути её решения

1. Сравните голод в Поволжье в 1921—1922 гг. и голод в СССР в 1932—1933 гг., назовите их причины и масштабы.
2. Назовите страны с самым большим по численности населением, покажите их на карте.
3. Приведите примеры произведений литературы, искусства, кинематографа, в которых «главным героем» является голод.
4. Объясните, как вы понимаете слова Ф. Шиллера «любовь и голод правят миром».

ГЕОГРАФИЯ ГОЛОДА И ЕГО ПРИЧИНЫ. Вдумайтесь в страшные факты:

- более 1,5 млрд человек, а это каждый пятый житель планеты, страдают от хронического недоедания;
- около 650 млн человек находятся на грани голодной смерти;
- каждые 30 с на земном шаре от голода умирают десять детей.



Рис. 127. Голод — глобальная проблема человечества

Проблема мирового голода, нехватки продовольствия является одной из самых острых глобальных проблем человечества (рис. 127).

География голода достаточно обширна: на карте мира она охватывает большую территорию, включая почти всю Африку к югу от Сахары, Западную Азию, Южную и Юго-Восточную Азию, Карибский бассейн, часть Южной Америки. Подлинным «полюсом голода» давно уже являются африканские страны, лидирующие как по численности голодающих,

так и по остроте форм проявления голода. Именно в этом регионе в течение последних двух-трёх десятилетий наблюдалось беспрецедентное обострение продовольственной проблемы, явившееся последствием катастрофических засух. Более 150 млн человек в той или иной степени страдали от пищевой дистрофии и её последствий.

Давайте порассуждаем о причинах возникновения этой глобальной проблемы и путях её разрешения.

В мире есть царь: этот царь беспощаден,
Голод название ему.

Н. А. Некрасов

Из курса истории вы знаете, что первобытный человек начал заниматься сельским хозяйством примерно 12 тыс. лет назад. Только охотой и собирательством уже трудно было

обеспечить питание человеческой популяции, которая насчитывала тогда около 15 млн. Улучшение питания за счёт перехода к земледелию и развития сельского хозяйства способствовало увеличению численности людей к началу новой эры до 250 млн человек. К середине XVII в. население планеты удвоилось, достигнув 500 млн. Для следующего такого скачка, удвоения до 1 млрд, потребовалось всего 150 лет, — это произошло к началу XIX в. Ещё через 150 лет человечество перешагнуло двухмиллиардный рубеж. В прошлом веке ускорение темпов роста населения, несмотря на многочисленные разрушительные войны с многомиллионными потерями, продолжилось, и, по данным ООН, к 1974 г. оно достигло 4 млрд человек. Достижение отметки 8 млрд землян ожидается в 2025 г., на начало 2019 г. население Земли составляло 7 млрд 680 млн человек. В десятку самых многонаселённых стран мира в настоящее время входят Китай (более 1,3 млрд человек), Индия (1,2 млрд), США (313,2 млн), Индонезия (более 245 млн), Бразилия (196 млн), Пакистан (175 млн), Бангладеш (162,2 млн), Нигерия (154,7 млн), Россия (143 млн) и Япония (127,9 млн).

Согласитесь, что вслед за ростом населения такими же темпами должно возрастать и производство сельскохозяйственной продукции, однако оно ограничено естественными природными ресурсами, пре-

жде всего возможностью расширения пахотных земель. И не только. У мирового голода есть достаточно и других причин:

- *бедность и нищета* стран Африканского и Азиатского континентов, из-за которой население не имеет возможности приобрести семена, сельхозтехнику, удобрения, средства защиты растений;

- *губительные природные факторы* — жестокие засухи, наводнения, нашествия саранчи;

- *социальные бедствия* — вооружённые конфликты, войны, миграция, делающие невозможным мирный сельскохозяйственный труд;

- *экономические факторы* — стремление поддержать высокие цены на продовольствие, дискриминация мелких сельхозпроизводителей;

- *политические причины* — глобализация системы производства и торговли, борьба за сферы влияния, рынки сбыта продовольствия.

Сочетание всех этих факторов и является причиной возможной продовольственной катастрофы.

ТРИ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯ В РЕШЕНИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОБЛЕМЫ. Борьба с голодом, угрожающим сокращению человечества, представляет собой серьёзную научную проблему, и в первую очередь для таких естественных наук, как биология, химия, генетика.

Очевидно, что производство сельскохозяйственной продукции не может быть существенно увеличено просто за счёт освоения новых земель. В большинстве стран вся пригодная земля уже обрабатывается. Кроме того, расширение культивируемых площадей требует больших капиталовложений и ставит под угрозу местную экологию. Чтобы увеличить мировые пищевые ресурсы, необходимо усовершенствовать производство и хранение пищи, обеспечить сохранность питательных веществ в почве, снабдить производителя водой и топливом, повысить эффективность использования солнечной энергии в процессе фотосинтеза. Естественные науки играют в решении этих задач главную роль, поскольку позволяют разобраться в тех биохимических процессах, которые лежат в основе жизненных циклов. Мы начинаем понимать на молекулярном уровне роль тех факторов, которые можно контролировать с целью увеличения производства продуктов питания.

Естествознание предлагает три основных направления в решении проблемы мирового голода.

Первое направление — *использование химических веществ для повышения плодородия почв, урожайности сельскохозяйственных культур, защиты их от вредителей, для придания растениям и животным устойчивости к болезням.*

Второе направление — *получение пищевых продуктов и их заменителей альтернативным сельскохозяйственному производству путём, т. е. создание искусственных продуктов питания.*

Третье направление — принципиально новые методы создания высокопроизводительных сортов растений и пород животных путём генетических изменений, придания живым организмам новых качеств и свойств, нехарактерных для данного биологического вида.

Рассмотрим достижения современного естествознания в решении продовольственной проблемы по каждому из перечисленных направлений.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ. Химическая наука разработала вещества для эффективного повышения плодородия почв, средства для борьбы с вредителями сельского хозяйства, обеспечения сохранности поголовья скота, получения новых высокоурожайных культур и т. п. Вместе с тем под постоянным контролем находятся вопросы экологической и генетической безопасности, пренебрежение которыми может привести к не менее трагическим последствиям, чем нехватка продовольствия. Например, существенный ущерб урожайности наносят вредители. Ранее главная задача химиков состояла в получении химических соединений, которые должны уничтожать насекомых или других вредителей. Однако при этом существует риск нарушения природного баланса и привнесения в окружающую среду посторонних веществ. Сегодня ставится цель контролировать воздействие вредных насекомых на урожай, а не истреблять их, чтобы избежать опустошительных последствий грубого вмешательства в экологию. Исследуя биохимию организмов этих вредных насекомых, химики в состоянии ограничить наносимый вредителями урон новыми химическими средствами, которые уже не представляют опасности для природы при сколь угодно долгом их использовании.

В настоящее время в сельском хозяйстве применяются тысячи разнообразных химических веществ, примерная классификация которых приведена на схеме.



УДОБРЕНИЯ. Как вы думаете, долго ли проживёт растение, если вместо почвы его посадить в горшок с мелкими стеклянными шариками и при этом регулярно поливать? Ответ очевиден, ведь в процессе роста и развития растение вытягивает из земли не только влагу, но и самые разнообразные питательные вещества. Они содержат химические элементы, необходимые растительному организму в сравнительно больших количествах: макроэлементы — азот (N), фосфор (P), калий (K) и ми-

кроэлементы — бор (В), железо (Fe), медь (Cu), марганец (Mn), цинк (Zn) и др. Микроэлементы, как вы уже знаете, потому так и названы, что содержатся в организмах в незначительных количествах (менее тысячной доли процента), но совершенно необходимы для их нормальной жизнедеятельности.

Сельскохозяйственные культуры, выращиваемые на одних и тех же площадях, постепенно обедняют почву. Выдающийся немецкий химик **Ю. Либих** (1803—1873) говорил: «Продавая урожай со своего поля, крестьянин продаёт и само поле». Для поддержания плодородия почвы необходимо пополнять в ней запас питательных веществ. Такую подпитку проводят внесением органических и неорганических веществ, называемых удобрениями.

В зависимости от химического состава удобрения делятся на *органические* и *минеральные* (неорганические). Если удобрение содержит один питательный элемент, оно называется *простым*, если два и более — *комплексным*.

Природа питательного элемента определяет тип удобрения: *азотное, фосфорное, калийное, удобрение с микроэлементами*.

Удобрения, как правило, вносят в почву. Кроме того, раствором удобрений можно опрыскивать сами растения, обрабатывать семена.

При правильном применении удобрения улучшают питательный, водный, воздушный и тепловой режим почвы, её агрономические свойства, повышают урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции.

РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА. Они представляют собой химические соединения, которые в малых концентрациях оказывают влияние на размер, внешний вид и форму растений и животных. Это природные соединения, синтезируемые в организме, а также некоторые вещества естественного происхождения, попадающие в организм извне. Однако регуляторами роста являются также многие сходные соединения, полученные в лаборатории. Обычно их создают по природным образцам, и некоторые из них действуют не менее эффективно, но без нежелательных побочных эффектов. Как правило, регуляторы роста относятся к гормонам — природным химическим соединениям, обладающим регуляторным действием. Образно говоря, гормон — это химически закодированное сообщение, рассылаемое в органы и ткани организма как приказ к определённому действию.

ФЕРОМОНЫ. Химическая сигнальная система играет в жизни насекомых, в том числе и сельскохозяйственных вредителей, чрезвычайно важную роль. Выделяя во внешнюю среду особые химические вещества, одни особи оказывают влияние на поведение, а иногда на рост и

развитие других особей того же вида. Такие вещества называют феромонами. Например, с помощью феромонов, выделяемых самкой, самцы насекомых находят её за многие километры.

В сельском хозяйстве феромоны применяются в борьбе с вредителями, поскольку с их помощью можно управлять поведением насекомых. Феромоновые ловушки используются для регуляции численности вредителей. Они помогают точно определить сроки применения инсектицидов и, таким образом, сократить количество применяемых ядохимикатов. Другая их функция — заманивание насекомых. Например, в лесах Норвегии и Швеции было установлено более миллиона ловушек, дававших в течение 4 лет ежегодный «улов» в 4 млрд особей жучка, паразитирующего на коре хвойных деревьев. Синтетические феромоны распыляют на небольшой площади вдали от посевов сельскохозяйственных культур, что позволяет дезориентировать насекомых, сбить их с естественного пути следования и собрать в огромные массы. Если это вредные насекомые, то такое массовое скопление можно прицельно обработать ядохимикатами, при этом ограничивается площадь применения пестицидов, их количество, сохраняются от гибели полезные насекомые, например пчёлы.

ПЕСТИЦИДЫ. Так называют химические средства борьбы с сельскохозяйственными вредителями (рис. 128). В зависимости от того, что уничтожают пестициды, различают несколько их групп: *инсектициды* (средства уничтожения насекомых), *гербициды* (средства борьбы с сорняками), *фунгициды* (средства борьбы с грибами — возбудителями заболеваний растений), *зооциды* (вещества, уничтожающие вредных грызунов) и др. Кроме того, к пестицидам относят *дефолианты* (вещества, стимулирующие опадение листвы) и *десиканты* (вещества, вызывающие обезвоживание тканей растений, что ускоряет их созревание и облегчает уборку урожая). Пестициды используют не только как средства защиты растений, но и для уничтожения насекомых и грызунов, которые могут переносить различные болезни.



Рис. 128. Обработка посевов пестицидами

Как правило, пестициды — это синтетические органические вещества. Их использование строго регламентируется законодательством во всех странах, поскольку систематическое применение стойких высокотоксичных веществ, особенно с нарушением концентрации или технологии, может привести к загрязнению окружающей среды, гибели по-

лезных насекомых, птиц, рыб, зверей и даже отравлению людей непосредственно пестицидами или продуктами, в которых они способны накапливаться.

Несмотря на очевидную опасность применения ядохимикатов, полностью отказаться от их использования было бы равнозначно ежегодной потере от 10 до 20% выращенного урожая, что существенно осложнило бы продовольственную проблему не только развивающихся, но и развитых стран. Недаром говорят, что мы едим только то, что нам оставляют вредители сельскохозяйственных культур.

РЕПЕЛЛЕНТЫ. Представляют собой вещества, которые используются для защиты людей и животных от нападения кровососущих насекомых и профилактики переносимых ими заболеваний. Действие репеллентов основано на отпугивании насекомых.

В результате нападения гнуса увеличиваются потери животноводческой продукции из-за уменьшения надоев молока и замедления роста молодняка. Удой у коров могут снижаться на 15—30%, а привес молодняка — на 20—25%. Известны случаи, когда животные погибали от интоксикации в результате множества укусов. Вред, причиняемый гнусом, этим не ограничивается. Комары и другие кровососущие насекомые являются переносчиками многих заразных болезней, в частности малярии. На земном шаре ею ежегодно болеет более миллиона человек.

СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ. Это второе направление в решении продовольственной проблемы. Услышав термин «искусственная пища», многие полагают, что химики собираются готовить пищевые продукты примерно так же, как они производят бензин или пластмассы, — из нефти или природного газа. На самом же деле речь в основном идёт о том, чтобы придать одним пищевым продуктам вид и вкус других, более дефицитных.

Современная наука и технология пищевой промышленности позволяют выделять белки соевых бобов, из волокон которых получают ткани, схожие по структуре с мясом. После добавления жиров и компонентов, придающих вкус мяса, эти продукты становятся аналогами или заменителями мяса животных в рационе человека. В различных странах в продаже уже есть ряд аналогов мясных продуктов, например ломтики, имеющие вкус копчёной грудинки или имитирующие гамбургеры. Применение таких аналогов может дать колоссальный эффект. Ведь огромное количество зерновых и бобовых расходуется в настоящее время на корм скоту (около 80%) и лишь 20% идёт непосредственно в пищу человека. Превращение растительных белков в животные за счёт животноводства не превышает 12% и стоит весьма дорого. Растительные аналоги мясных продуктов сократили бы произ-

водственный цикл, повысили эффективность производства, удешевили конечную продукцию.

Выдающимся научным достижением конца XX в. считают производство микробиологического белка. В огромных ферментёрах (ёмкостях, заполненных сырьём и ферментами), управляемых ЭВМ, непрерывно выращивают нетоксичные микроорганизмы. Например, метанотрофы — микроорганизмы, основу питания которых составляет метан. Их перерабатывают в белок с помощью природного газа или отходов нефтепереработки. Полученная белковая масса является превосходным кормом для животных вместо зерновых и бобовых культур, которые можно высвободить для питания человека. Кроме того, из микробных клеток можно получать белковые волокна для изготовления аналогов мяса так же, как и из соевого белка.

Имеются реальные возможности вводить в пищевой рацион нетрадиционные продукты. На повестку дня встала переработка даров моря, и прежде всего криля — мелких морских ракообразных, запасы которого в Мировом океане фантастически огромны. По некоторым данным, человечество могло бы ежегодно добывать от 50 до 150 млн т криля. Высушенный криль более чем наполовину состоит из белка и богат витаминами, в особенности витамином А.

Большие потенциальные возможности заключаются в переработке отходов пищевой промышленности. Не нужно морщить нос при упоминании слова «отходы», поскольку эмоциональное восприятие терминов может быть ошибочным. Например, к отходам молочного производства относится молочная сыворотка, содержащая массу полезных веществ. Простейшая технология переработки молочной сыворотки заключается в получении из неё порошка. В 1955 г. в США 25% сырой сыворотки превращалось в продукты питания, а к 1975 г. эта цифра возросла до 75%. На основе углевода лактозы, содержащейся в сыворотке, в Японии производят напитки, фруктовые соки и сиропы, мороженое, пирожные, консервы и сгущённое молоко.

Большим потенциальным ресурсом для получения продуктов питания являются растительные отходы, содержащие целлюлозу: отруби, жмых, кукурузные початки, фруктовые корки, опилки и т. п. Наиболее распространённый способ их переработки — гидролиз целлюлозы до глюкозы, которая затем сбраживается в спирт. Из 100 кг отходов хвойных деревьев можно получить 25 л спирта и 4—5 кг сухих дрожжей, содержащих около 50% белка. Исследуются возможности утилизации целлюлозосодержащих отходов с помощью высших грибов. Уже научились выделять быстрорастущие грибы, которые повышают усвояемость и увеличивают содержание микробного белка в выжатом сахарном тростнике, рисовой соломе и в других отходах, содержащих целлюлозу.

Технология производства продуктов питания вскоре позволит получить новые виды кулинарных изделий, причём довольно необычных (например, пирожные из водорослей и пирожки из планктона). Но подобные фантастические блюда пока ещё в меню далёкого будущего.



Поистине безграничные возможности победы над мировым голодом предлагает современная область естествознания — биотехнология. Она достойна того, чтобы посвятить ей отдельный параграф.

☉ Теперь вы знаете

- ▶ в чём заключается проблема мирового голода и его причины
- ▶ три основных направления в решении продовольственной проблемы
- ▶ роль химических веществ для решения проблемы голода
- ▶ роль удобрений
- ▶ что такое регуляторы роста
- ▶ что такое пестициды
- ▶ что такое репелленты
- ▶ роль искусственных продуктов питания

☉ Теперь вы можете

- ▶ назвать регионы мира, где нехватка продовольствия является глобальной проблемой, а также причины голода там
- ▶ перечислить 10 стран, которые являются самыми многонаселёнными в мире
- ▶ объяснить, какие достижения современного естествознания помогают в решении продовольственной проблемы
- ▶ проанализировать, что означает термин «искусственная пища», и привести примеры её производства

☉ Выполните задания

1. Назовите цифры населения земного шара в начале XIX в., в 1974 г. и в настоящее время, а также прогнозируемую цифру на 2025 г.
2. Перечислите природные, социальные, экономические и политические факторы, составляющие причины мирового голода.
3. Объясните, какие химические вещества позволяют повышать эффективность сельскохозяйственного производства и какие проблемы возникают на пути их применения.

4. Дайте характеристику удобрений с точки зрения их химического состава и питательного элемента.
5. Определите, в чём суть пестицидов, почему их применение строго регламентировано, перечислите их группы.
6. Опишите, как получают аналоги мясных продуктов, микробиологический белок, как перерабатывают растительные отходы, содержащие целлюлозу, для производства продуктов питания.

☉ Темы для рефератов

1. Регуляторы роста и развития растений и животных. 2. Феромоны и их применение в сельском хозяйстве. 3. Репелленты и их применение в сельском хозяйстве. 4. Пестициды: за и против. 5. Меню далёкого будущего. 6. Мировой океан — кормилец человечества.

§ 29. Биотехнология

1. Вспомните, что такое искусственный отбор, селекция, гибридизация растений и животных. Приведите примеры гибридов среди растений и животных.
2. Назовите учёных, работавших в области селекции, чей вклад в науку невозможно переоценить.
3. Дайте определение мутации, перечислите факторы внешней среды, под влиянием которых происходят мутации живых организмов.

ТРИ ЭТАПА В РАЗВИТИИ БИОТЕХНОЛОГИИ. Термин «биотехнология» впервые в 1917 г. применил венгерский инженер *К. Эреки* (1865—1933).

Газета «Комсомольская правда» в 2001 г. так описывала колоссальные возможности биотехнологии:

«Японские медики приступили к беспрецедентному эксперименту по выращиванию человеческих органов из клеток зародышей — оплодотворённых яйцеклеток... Культивировать «запчасти» будут из так называемых эмбриональных стволовых клеток, из которых состоит зародыш любого живого существа на начальном этапе развития. Клетки обладают полной генетической информацией и являются предшественниками всех органов человека. Если поместить такую клетку в

необходимую питательную среду, из неё можно вырастить какой угодно орган — будь то сердце, печень или нервные волокна».

Биотехнология — это интеграция естественных и технических наук с целью использования живых организмов и биологических процессов в производстве, энергетике и охране окружающей среды.

Можно выделить три этапа становления биотехнологии как отрасли производства, а затем и науки: ранняя биотехнология, новая биотехнология и новейшая биотехнология.

Ранняя, или стихийная, биотехнология связана со знакомыми человеку с древнейших времён микробиологическими процессами. Издавна люди пекли хлеб, готовили сыры и кисломолочные продукты, заквашивали овощи, варили квас и пиво, делали вино. В основе технологии производства всех этих продуктов лежат процессы брожения.

Брожение — это анаэробное ферментативное расщепление органических веществ.

Как вы знаете, в живых организмах ферменты ускоряют множество биохимических процессов. Оказывается, многие ферменты сохраняют свою биологическую активность и вне живой клетки, что стало основой их использования на заре биотехнологии.

Период **новой биотехнологии** датируется началом XX в., когда впервые удалось вырастить вне живого организма клетки и ткани растений и животных. Начиная с середины 70-х гг. XX в. учёные нашли способы, а инженеры — технические решения по использованию биологических методов для борьбы с загрязнением окружающей среды, производства ценных биологически активных веществ (антибиотиков, ферментов, гормональных препаратов, витаминов и др.), для защиты растений от вредителей и болезней. На основе микробиологического синтеза были разработаны промышленные методы получения белков и аминокислот, используемых в качестве кормовых добавок.

Современный этап развития биотехнологии можно назвать **новейшей биотехнологией**. Специалистам-биотехнологам стали доступны методы изменения генотипа животных и растений с целью придания им новых свойств и качеств, методы выращивания тканей и органов вне живого организма, получения точных копий родительского организма из одной-единственной его клетки. Достижения новейшей биотехнологии базируются на интеграции таких биологических дисциплин, как физиология, микробиология, биохимия, биофизика, молекулярная генетика, иммунология.

ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ. В современной биотехнологии выделяют три раздела, три относительно самостоятельных направления: генная (или генетическая) инженерия, клеточная инженерия, биологическая инженерия.

Генная инженерия — это раздел биотехнологии, связанный с целенаправленным конструированием новых, не существующих в природе сочетаний генов, внедрённых в живые клетки, которые становятся способными синтезировать определённый продукт.

Когда мы хотим отметить какую-либо характерную особенность человека, унаследованную им от родителей, например склонность к творчеству, высокий интеллект или, напротив, вредную привычку, мы удивлённо восклицаем или сокрушённо вздыхаем: «Что поделаешь, это гены!» Что же это за таинственные гены, делающие нас похожими на своих родителей?

Напомним, что в ядрах клеток живых организмов содержатся хромосомы. Основу любой хромосомы составляет макромолекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) очень большой длины. Как вы знаете, полимерная молекула ДНК состоит из двух параллельных нитей-макромолекул, связанных друг с другом водородными связями. Каждая «нить» представляет собой последовательно соединённые друг с другом нуклеотиды и напоминает очень длинные бусы. Например, в молекулах ДНК хромосом человека насчитывается от 50 до 245 млн «бусинок»-нуклеотидов. Макромолекула ДНК скручена в спираль (рис. 129), поэтому её размер обычно не превышает 20 мкм, а в растянутом виде длина хромосомы человека может достигать 5 см. Помимо ДНК в состав хромосомы входят молекулы белков.

Вы знаете, что под влиянием факторов внешней среды у всех видов живых организмов происходят мутации.

Можно ли провести мутацию искусственным путём, т. е. внедрить в ДНК новый, несвойственный данному организму ген? Ведь таким образом можно «привить» живому организму полезное качество, которого у него не было. В 1973 г. американские учёные С. Коэн и Э. Чанг встроили в ДНК бактерии участок ДНК лягушки. Свершилось небывалое: бактерия стала вырабатывать белок, характерный для лягушки, и даже передавать лягушечью ДНК потомкам! Так была показана принципиальная возможность встраивать чужие гены в геном определённого организма.

Растения и животные, в геном которых введены синтезированные гены или гены других организмов, называются **генетически модифицированными организмами (ГМО)**, а продукты их переработки — **трансгенными продуктами**.

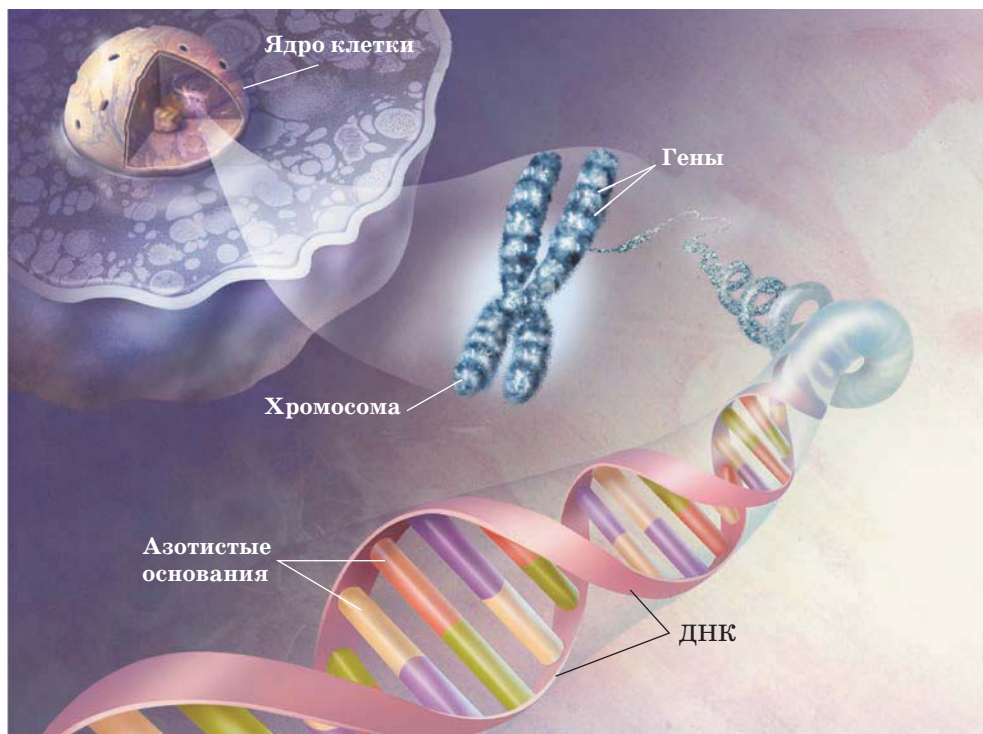


Рис. 129. Зашифрованная наследственная информация в геноме человека

Последние десятилетия генная инженерия поистине творит чудеса. Японским учёным удалось ввести в ДНК свиней ген шпината, в результате чего мясо стало менее жирным. Генетически модифицированные растения произрастают уже на миллионах гектаров сельскохозяйственных угодий. Они отличаются от своих «собратьев» большей урожайностью, устойчивостью к вредителям, болезням и засухе, большим содержанием полезных питательных веществ.

Трансгенная кукуруза добавляется в кондитерские и хлебобулочные изделия, безалкогольные напитки; модифицированная соя входит в состав рафинированных масел, маргаринов, жиров для выпечки, соусов для салатов, майонезов, макаронных изделий, варёных колбас, кондитерских изделий, белковых биодобавок, кормов для животных и даже в состав детского питания.

Создание генетически модифицированных растений, устойчивых к сорнякам и вредителям, в несколько раз уменьшает расход гербицидов и ослабляет тем самым химическую нагрузку на окружающую среду. В сельскохозяйственную практику входят трансгенные сорта с повышенными потребительскими свойствами, например гороха, сои, злаков с улучшенным составом белков. Созданы трансгенные помидоры без зёрнышек, на подходе бескосточковые черешня, цитрусовые.

Методами генной инженерии канадскими учёными получен виноград, которому пересажен ген морозоустойчивости от дикой капусты, и в Канаде появились виноградины.

В животноводстве с помощью генной инженерии получены высокопродуктивные породы животных — овец, свиней, кур.

В фармакологии методы генной инженерии дали возможность получить высокоэффективные вакцины против гепатита В, герпеса, туберкулёза, холеры; лекарственные препараты — инсулин, гормон роста человека; в нефтехимической промышленности — новые формы дрожжей и бактерий, способных уничтожать разливы нефти.

Государство, в свою очередь, осуществляет определённый правовой контроль за созданием, производством и распространением продуктов генной инженерии. В нашей стране действуют нормативные правовые акты, регулирующие деятельность в области генной инженерии. В Российской Федерации законодательно запрещено выращивание и разведение животных и растений, генетическая программа которых изменена с помощью генной инженерии, за исключением выращивания и разведения таких животных и растений для научно-исследовательских работ.

Клеточная инженерия — это метод конструирования клеток нового типа.

» **Вспомним**, что гены — это участки ДНК (несколько последовательно соединённых нуклеотидов), несущие информацию о строении одной молекулы белка или молекулы рибонуклеиновой кислоты (РНК), характерных для данного живого организма. Совокупность всех генов организма, содержащихся в хромосомах, называется геномом. По сути, геном — это зашифрованная информация об организме, инструкция по его рождению, росту, внешнему виду и поведению, размножению, старению и гибели. Представьте, что перед вами разобранный до мельчайших деталей игрушечный космический корабль. К нему придана инструкция по сборке — своеобразный «геном». Шаг за шагом, следуя инструкции, вы собираете космический аппарат. Естественно, в конечном счёте он должен выглядеть так, как показано на рисунке, а не превратиться в трактор или автомобиль. Если сборка проведена верно, ваш корабль будет представлять собой точную модель натурального объекта, который может взлететь и полностью выполнить программу космического полёта. Живой организм, в отличие от неодушевлённой конструкции, должен ещё оставить потомство, передав ему точную копию «технической характеристики» и «инструкцию по сборке» последующих поколений.

КЛЕТОЧНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ. В самом начале XX в. учёные-ботаники впервые высказали мысль о том, что если живую клетку извлечь из организма, то в питательной среде она сможет существовать, функционировать и даже размножаться. Спустя несколько лет эту гипотезу удалось экспериментально подтвердить на животных клетках, а в 30-х гг. прошлого столетия — на клетках растений.

Суть метода клеточной инженерии схематично можно описать так. От живого организма, например растения, берётся небольшой кусочек ткани, скажем, листовой пластинки. Мы помним, что каждая клетка хранит в себе полный набор генов (геном) этого растения, но функции клеток дифференцированы, т. е. клетки листочка отличаются от клеток стебля, корня или цветка. Следовательно, задача клеточной инженерии на первом этапе — сделать так, чтобы клетки листа «забыли» о своей миссии и превратились просто в набор растительных клеток. Полученная масса клеток делится, размножается, растёт их число, образуется целая клеточная колония, называемая *каллусной тканью*. Её можно разделить на несколько частей, а далее вновь превратить клетки каллусной ткани в клетки нужного органа растения: корня, листа или верхушечной почки. Достигается это введением в питательную среду особых химических веществ — *фитогормонов*. И вот уже каждый отдельный кусочек каллусной ткани приобретает вид маленького растения, способного к самостоятельному росту и развитию. Из небольшого кусочка листа мы получили десяток новых растений — точных копий родительского организма.

Вершиной достижений клеточной инженерии можно считать *клонирование* организмов — создание точной копии живого существа. Выведенные российским генетиком и селекционером академиком **В. А. Струнниковым** (1914—2005) клоны шелкопряда известны на весь мир: искусственно полученные насекомые трудятся над производством шёлковой нити куда лучше своих природных собратьев. Наиболее известный феномен клеточной инженерии — клонирование домашних животных. В 1997 г. весь мир облетела весть об овечке Долли — клоне своей матери (рис. 130). Долли появилась на свет в июле 1996 г. благодаря клеточной инженерии. Однако клонирование животных на сегодняшний день представляет главным образом научный интерес. А вот выращивание новых тканей организма из отдельных клеток — уже реальность. Из клеток почки человека можно вырастить новый полноценный



Владимир
Александрович
Струнников



Рис. 130. Клонированная овечка Долли — точная копия материнского организма

орган, который, в отличие от донорской почки, при пересадке не будет отторгаться организмом. Более того, появляется возможность производить «ремонт» повреждённого органа или выращивать запасной непосредственно в организме, а не в пробирке. Поистине клеточная инженерия способна творить чудеса!

Наиболее перспективным направлением сегодня является клонирование с использованием так называемых **эмбриональных стволовых клеток**. Все клетки эмбриона на ранних стадиях развития одинаковы.

Главным свойством таких клеток является то, что генетическая информация, заключённая в их ядре, находится как бы в состоянии покоя, т. е. эмбриональные стволовые клетки ещё не запустили программы дифференциации в ту или иную ткань или орган. Удивительная способность этих клеток стать любыми клетками организма продиктована наличием в их ДНК всех генов, отвечающих за рост зародыша на ранней стадии развития эмбриона, т. е. генома. После получения специального сигнала эмбриональные стволовые клетки начинают своё превращение в клетки мозга, печени, сердца и т. д. Уникальность эмбриональных стволовых клеток также позволяет использовать их для выращивания огромного массива тканей и, в принципе, любого человеческого органа.

В биотехнологическом производстве клоны клеток используют как своеобразные химические фабрики для промышленного получения биологически активных веществ. Например, гормона эритропоэтина, который стимулирует образование красных кровяных телец, а также используется для предотвращения образования тромбов в кровеносных сосудах. Методами клеточной инженерии получены факторы свёртываемости крови для лечения страшного заболевания — гемофилии, инсулин для лечения диабета.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ. Вам хорошо известно, что все встречающиеся в природе живые организмы содержат ферменты — биологические катализаторы белковой природы, ускоряющие и регулирующие протекание миллионов биохимических реакций.

Биологическая инженерия — направление науки, заключающееся в применении инженерных принципов в биологии и медицине.

Задача биологической инженерии состоит в разработке технологии промышленного получения практически важных веществ или осуществления промышленных процессов при участии ферментов, как содержащихся в микроорганизмах, так и выделенных в свободном состоянии.

Ферментативные процессы сегодня используются во многих отраслях промышленности:

- в пищевой — для выпечки хлеба, получения кисломолочных продуктов, производства сыров, осветления соков и др.;

- в кожевенной и текстильной — для отделения шерсти от шкур и выделки кожи;

- в фармацевтической — для получения лекарственных препаратов;

- в сельском хозяйстве — для защиты растений от вредителей и профилактики заболеваний.

Микробиологические технологии используют сегодня в такой необычной для биотехнологии сфере, как металлургия. Например, известно, что более 75% запасов золота находится в природе не в виде самородков или золотого песка, а в виде вкраплений внутри кристаллических решёток сульфидных минералов — пирита (FeS_2) и арсенопирита (FeAsS). Такое золото совершенно невозможно увидеть невооружённым глазом, а для его извлечения требуется химическое разрушение кристаллической решётки минерала — так называемое вскрытие породы. Как правило, вскрытие сульфидных минералов проводят обжигом руды. Но при этом в атмосферу выбрасывается огромное количество оксидов серы, потенциально опасных для окружающей среды и человека. Как альтернатива обжигу была разработана технология *микробиологического вскрытия пород*. Для этого руду измельчают и помещают в раствор кислоты с добавлением особых микроорганизмов. Они окисляют ионы двухвалентного железа до трёхвалентного, а атомы серы — до анионов серной кислоты. Продукты окисления растворяются в воде, а в нерастворимом осадке остаётся чистое золото. Процесс протекает с минимальными энергозатратами при комнатной температуре и значительно более эффективен, чем химические технологии. В Канаде, ЮАР и Португалии практикуется аналогичное извлечение урана из урансодержащих руд.

Стоит отметить также законченную в Институте микробиологии РАН работу над новым способом удаления метана в шахтах с использованием метанотрофных (питающихся метаном) бактерий. Нужно ли говорить об актуальности этой работы на фоне сообщений средств массовой информации о трагедиях на угольных шахтах!

Наиболее перспективным направлением биологической инженерии является создание **иммобилизованных ферментов**.

Иммобилизованными ферментами называются искусственно получаемые препараты ферментов, молекулы которых связаны полимерным носителем, нерастворимым в воде.

Такие ферменты широко применяются на производстве. Например, получаемая из дрожжей (рис. 131) инвертаза используется для изготовления искусственного мёда, лактаза — для производства концентрированных кисломолочных продуктов без консервантов, а уреазы — для очистки крови в аппарате «искусственная почка». К им-

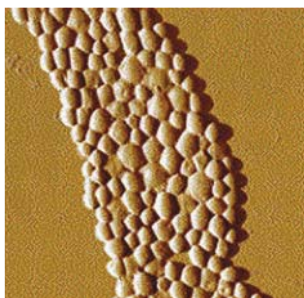


Рис. 131. Мембрана с иммобилизованными клетками дрожжей

мобилизованным ферментам относятся бактериальные протеазы, которые применяются для производства синтетических моющих средств (энзимы, содержащиеся в них, позволяют удалять с тканей пятна крови, чая и т. д.), в кожевенном производстве (для удаления шерсти и дубления кож), резинотехнической промышленности (для получения губчатого латекса путём ферментативного разложения пероксида водорода).

Поистине прав был М. В. Ломоносов, сказав: «Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие!»



В следующем параграфе вы познакомитесь с таким растительным сообществом, или фитоценозом (от греч. *phyton* — растение и *kionos* — общий), как лес.

🕒 Теперь вы знаете

- ▶ три этапа в развитии биотехнологии
- ▶ задачи генной инженерии
- ▶ что такое клеточная инженерия
- ▶ задачи биологической инженерии

🕒 Теперь вы можете

- ▶ дать определение процесса брожения
- ▶ охарактеризовать генетически модифицированные организмы и трансгенные продукты, а также способы их получения

- ▶ объяснить, что такое клонирование и в чём уникальность эмбриональных стволовых клеток
- ▶ описать технологию микробиологического вскрытия пород и перечислить области применения иммобилизованных ферментов
- ▶ дать определение иммобилизованных ферментов и перечислить области их применения

🕒 Выполните задания

1. Назовите биологические дисциплины, на интеграции которых базируются достижения новейшей биотехнологии.
2. Дайте характеристику этапов становления биотехнологии как отрасли производства.
3. Сформулируйте, что такое генная инженерия, клеточная инженерия и биологическая инженерия, иммобилизованные ферменты.
4. Приведите примеры генетически модифицированных растений и животных, в чём их преимущества.
5. Объясните, что такое каллусная ткань и фитогормоны и в каких процессах они задействованы.
6. Проанализируйте процесс выращивания новых тканей организма из отдельных клеток и сделайте вывод о его перспективах для человечества.
7. Перечислите химические элементы, которые входят в состав минералов пирита и арсенопирита, упомянутых в параграфе, расскажите об их местоположении в Периодической системе химических элементов, рассчитайте массовую долю каждого элемента в составе данных минералов.

🕒 Темы для рефератов

1. Генная инженерия: успехи и перспективы.
2. Генно-модифицированные продукты: за и против.
3. Клеточная инженерия: чудеса современной медицины.
4. Биологическая инженерия в металлургии.
5. Стволовые клетки на службе человека.

§ 30. Лес и лесоводство

1. Вспомните из курса географии основной школы и из курса естествознания 10 класса, какие природные зоны различают в Российской Федерации.
2. Вспомните, какие типы лесов имеются в нашей стране.

ЛЕС КАК ФИТОЦЕНОЗ. Если взглянуть на нашу планету из космоса, то нетрудно заметить, что на ней преобладают два цвета, которые как бы делят поверхность Земли условно на два океана: голубой и зелёный. Голубой — это воды Мирового океана, зелёный — растительный мир Земли.

Растительный мир Земли образует **фитоценозы**.



Рис. 132. Самое высокое дерево в мире, достигающее 110 м — высоты 25-этажного дома

Фитоценоз — это растительное сообщество или естественная группировка растений в природе, находящихся в тесном взаимодействии между собой и с условиями внешней среды (лес, степь и т. д.).

Лес является одним из основных типов фитоценоза на Земле. Как вы уже знаете, лес состоит из трёх ярусов:

— *верхний ярус*, или *полог*, образуют кроны деревьев;

— *средний ярус* составляют более низкие деревья и кустарники (падубы, ивы, рябина, и др.);

— *нижний*, или *травянистый*, *ярус* включает в себя папоротники, цветковые растения и мхи.

Леса появились на нашей планете более 300 млн лет назад и постепенно освоили большую часть суши. Однако в результате деятельности человека за последние 10 тыс. лет исчезло более $\frac{2}{3}$ первобытных лесов Земли. Остались лишь небольшие островки и представители древних лесов — *реликты*: секвойи (рис. 132), тис, каменная берёза и др.

Лесами занято примерно 30% суши нашей планеты. Чётко прослеживаются два огромных по протяжённости лесных пояса: северный — леса с преобладанием хвойных пород деревьев и южный, состоящий на 97% из широколиственных лесов — в основном это влажные экваториальные и тропические леса.

В зависимости от части света и преобладающего климата леса делятся на различные типы, каждый из которых характеризуется своими видами животных и растений. Можно выделить два основных типа мировых лесов: *тропических* и *умеренных поясов*. Название первого типа лесов чаще всего уточняют дополнительным определением — влажные тропические леса.

Влажные тропические леса расположены в экваториальном поясе. Южноамериканские тропические леса называют *сельвой*. Они находятся в бассейне реки Амазонки, на севере Южной Америки и распространены на атлантическом побережье Бразилии. В Африке такие леса простираются от побережья Гвинейского залива до бассейна реки Конго; расположены также на Мадагаскаре. В Азии они занимают территории на юге Индии, Мьянмы и Китая, где их называют *джунглями* (рис. 133). Такие леса имеются в Австралии, Индонезии и Новой Гвинее.

В лесах умеренных поясов выделяют **широколиственные, мелколиственные, таёжные и смешанные** типы леса.

Широколиственные леса умеренного пояса, расположенные в Российской Федерации, произрастают в горных районах Крыма, Кавказа и на Дальнем Востоке. От бывшего величия таких лесов остались только небольшие зелёные островки в заповедниках и сильно пересечённых районах. В них растут дубы, вязы, липы, каштаны, платаны и грабы.

Мелколиственные леса составляют значительную часть лесов России. Основу таких лесов составляют различные породы берёз, ольха, тополь, осина, ива.

Таёжные леса (тайга) с хвойными породами деревьев занимают самый обширный ареал. В них входит большая часть лесов Сибири.

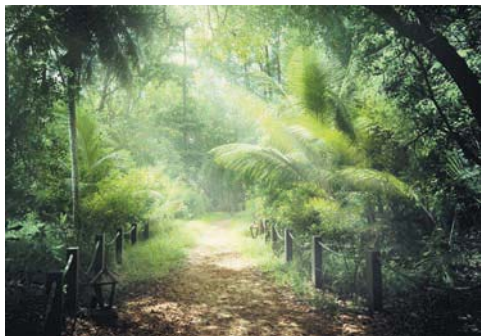


Рис. 133. Джунгли



Кедры, сосны корабельные — я не знаю почему —
Пели песни колыбельные беспокойству моему.
Хвойный воздух душу связывал и темнел и вечерел,
Но щавель мне путь указывал наконецниками стрел.

Новелла Матвеева

Смешанные леса (рис. 134) распространены на всей площади Восточно-Европейской равнины, а также за Уралом и состоят из широколиственных, хвойных и мелколиственных пород деревьев (рис. 135).

РОЛЬ ЛЕСА В БИОСФЕРЕ И ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА. Леса в природе и в жизни человека имеют огромное значение.

Леса — это лёгкие планеты, они определяют уровень кислородного и углеродного баланса, энергично участвуя в процессе фотосинтеза. Около 50% возобновляемого атмосферного кислорода вырабатывается тропическими лесами Амазонии.

Леса выполняют также водоохранную, почвозащитную, рекреационную (рекреационная функция заключается в благоприятном физиологическом и психологическом влиянии леса на людей) и другие функции, наиболее полно сберегают генетическое разнообразие биосферы, предохраняют воздушный бассейн от загрязнения, в значительной степени формируют климат.

Лес — источник дикорастущих плодов и ягод, орехов и грибов, ценных видов лекарственных трав.

Лес — поставщик разнообразного сырья для лесоперерабатывающей, химической, пищевой, фармацевтической промышленности и других отраслей хозяйства.



Рис. 134. Смешанный лес Восточно-Европейской равнины



Рис. 135. И. И. Шишкин.
«Утро в сосновом лесу». 1889

Россия — крупнейшая лесная держава, она занимает первое место в мире, обладая более чем 20% площади мировых лесов и запасов древесины.

ЛЕСОВОДСТВО. Изучением, выращиванием, разведением и рациональным использованием лесных ресурсов занимается **лесоводство** — особая отрасль растениеводства. Теоретической основой лесоводства является **лесоведение** (от рус. *лес* и *ведать*) — наука о лесе, его формировании, составе и биологических особенностях древесных пород, связи со средой, методах восстановления и ухода.

Лесоводство решает очень важную народно-хозяйственную задачу — повышение продуктивности лесов, улучшение их состава и борьба с потерями при эксплуатации лесов. Лесоводство решает эту задачу, предлагая способы лесного хозяйства в различных природных условиях в зависимости от особенностей климата (леса степные, горные, таёжные, субтропические), а также от назначения (леса промышленные, водоохранные, пригородные, курортные). Специалисты этой отрасли растениеводства занимаются восстановлением и разведением новых лесов, ведут учёт лесных ресурсов, решают вопросы организации и экономики лесного хозяйства.

В настоящее время очень актуальна проблема охраны лесов от вредителей и болезней, вызываемых насекомыми, вредными грибами и бактериями. Не менее важна проблема охраны лесов от такого страшного бедствия, как лесные пожары.

Лесной пожар — стихийное, неконтролируемое распространение огня по лесным площадям (рис. 136). Различают естественные и антропогенные причины возникновения пожаров. К первым относятся прежде всего молнии. На сегодняшний день доля пожаров от молний составляет около 7—8%. Следовательно, возникновение большей части лесных пожаров носит антропогенный характер, т. е. является результатом безответственного поведения человека: брошенный в лесу оку-

Вернулись. У каждого полно лукошко,
А сколько рассказов! Попался косой,
Поймали ежа, заблудились немножко
И видели волка... у, страшный какой!
<...>

Грибная пора отойти не успела,
Гляди — уж чёрнёхоньки губы у всех,
Набили оскому: черница поспела!
А там и малина, брусника, орех!

Н. А. Некрасов



Рис. 136. Лесной пожар

рок, непогашенный костёр, поджигание сухой травы и др. И это при том, что освободившиеся после пожаров территории, засаженные молодым лесом, будут готовы к коммерческому использованию лишь через десятки лет (от 30 до 200). Результаты лесных пожаров плачевны:

— уничтожаются тысячи тонн ценной древесины, гибнут лесные обитатели;

— тратятся огромные средства для тушения пожаров и их последствий;

— загрязняется атмосфера, резко ухудшается здоровье людей, страдающих заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой систем и др.

ЛЕСНЫЕ ПИТОМНИКИ. Для восстановления и разведения лесов, для озеленения городов и посёлков лесоводы выращивают деревья и кустарники. В лесных питомниках имеется два отделения: посевное и школьное.

В *посевном отделении*, как понятно из названия, высеивают семена деревьев и кустарников и высаживают черенки. Сеянцы растут в этом отделении 2—3 года. Затем их переводят также на 2—3 года в *школьное отделение* для доращивания: сеянцы становятся саженцами. Вот их и отправляют для озеленения населённых пунктов и разведения новых лесов.



В следующем параграфе вы познакомитесь с синергетикой — междисциплинарным направлением науки.

🕒 Теперь вы знаете

- ▶ что представляет собой лес как фитоценоз
- ▶ какие типы лесов различают
- ▶ значение лесов в жизни человека
- ▶ что такое лесоводство
- ▶ как устроен лесопитомник

🕒 Теперь вы можете

- ▶ предложить классификацию лесов
- ▶ объяснить причины возникновения пожаров
- ▶ сформулировать правила противопожарного поведения человека в лесу
- ▶ охарактеризовать негативные последствия лесных пожаров

☉ Выполните задания

1. Объясните ярусность расположения растений в лесу.
2. Назовите обитателей леса: птиц, млекопитающих, рептилий, насекомых и др.
3. Охарактеризуйте географическое местоположение влажных тропических лесов и покажите их на карте.
4. Охарактеризуйте географическое местоположение лесов умеренного пояса и покажите их на карте.
5. Дайте характеристику лесоводства как отрасли растениеводства и как научному разделу.
6. Расскажите об устройстве лесопитомника.

☉ Темы для рефератов

1. Деревья-реликты.
2. Леса каменноугольного периода.
3. Образ леса в произведениях русских поэтов.
4. Русский лес в произведениях художественной литературы.
5. Лесные пожары: причины возникновения, классификация, тушение и профилактика.

§ 31. Синергетика

1. Перечислите миры, в которых мы живём, приведите примеры объектов каждого мира.
2. Вспомните, что такое самосборка и какую роль она играет в живой природе и нанотехнологиях.
3. Дайте определение понятия «энтропия».

В течение почти двух лет на уроках естествознания вы осваивали наиболее общие законы природы. И наверняка задавались вопросом: для чего? Что нам даёт знание основных закономерностей протекания физических, химических, биологических процессов, их сочетание в реальных природных явлениях, в окружающей действительности? Очевидно, совместно с учителем вам удалось найти ответы на эти вопросы.

Знание законов естествознания нам необходимо для прогнозирования результатов того или иного явления, использования этих законов для получения практической пользы или выгоды. Например, понимание закономерностей протекания окислительно-восстановительных реакций и овладение законами электродинамики позволило создать целый спектр химических источников тока и несметное множество устройств и механизмов, работающих на аккумуляторах или батарейках.

Предсказывать конечный результат процессов в несложных системах нам помогает знание того факта, что многие эти процессы протекают самопроизвольно в направлении увеличения *энтропии* (наибольшего беспорядка, хаоса), в направлении выравнивания параметров состояния отдельных частей системы, что в конечном счёте приводит неравновесную систему в положение равновесия. Проиллюстрируем сказанное несколькими примерами.

Пример первый. В закрытом помещении разбился флакон с духами. Давайте спрогнозируем последствия. Легколетучие жидкости, образующие композицию духов, достаточно быстро испарятся. Вначале концентрация их паров над местом разлива будет больше, чем в отдалённых углах помещения. С течением времени под действием градиента (разности) концентрации веществ в воздухе молекулы компонентов духов равномерно распределятся по всему объёму комнаты, энтропия достигнет максимального значения, система придёт в состояние равновесия. Как долго продлится это равновесие? Ответ опять же несложен: бесконечно долго, до тех пор, пока система не перестанет быть закрытой и испытает воздействие извне, например пока кто-то не откроет дверь или форточку.

Пример второй. Раскалённую сковороду убрали с плиты. Нетрудно предположить, что произойдёт в течение ближайших одного-двух часов. Самопроизвольно металл начнёт остывать, его температура уменьшится, а окружающий воздух будет нагреваться. Процесс идёт в направлении выравнивания ключевого параметра — температуры — до тех пор, пока значение этого параметра для сковороды и окружающего воздуха не станет одинаковым: система придёт в состояние равновесия.

Пример третий, более сложный. Вы посадили во дворе саженец берёзы. С большой долей вероятности вы можете предсказать его дальнейшую судьбу. Поначалу деревце расти будет медленно — по 20—25 см в год. Через 3—4 года его коричневый ствол покроется нарядной белой корой — берёстой. Каждую весну, примерно в апреле, на ветвях вашей берёзки будут появляться пушистые серёжки — мужские и женские цветки. А каждую осень яркая зелень листвы будет сменяться прекрасным золотистым кружевом, облетающим с наступлением

холодов. Через десять лет дерево обретёт силу и мощь, начнёт быстро расти и развиваться. К закату своей жизни, лет через 120, достигнет высоты около 35 м, ствол увеличится в диаметре до 45—50 см, а нижняя часть ствола станет почти чёрной.

Неужели в природе, в окружающей нас действительности всё так предсказуемо и скучно, остаётся только ждать «выравнивания параметров» и «достижения бесконечно длящегося равновесия»?

Оглянитесь вокруг, и вы поймёте, что это не так. На самом деле реальная жизнь удивительна и непредсказуема! К счастью, озоновый слой планеты, вопреки «желаниям» энтропии, не растворяется во всей массе атмосферы, а потому продолжает играть спасительную роль защитного экрана от ультрафиолетового излучения Солнца. За миллиарды лет температура на Земле, не говоря уже о всей Вселенной, не выровнялась: в январе жители Северного полушария по-прежнему кутаются в шубы, а жители Южного спасаются от зноя в прохладных водах морей и океанов. Берёзовая роща может не одно столетие радовать глаз, а может исчезнуть с лица земли за неделю под визг бензопил и рёв бульдозеров.

Почему же не удаётся точно предопределить события окружающей действительности, явления природы? Почему одни виды живых организмов вымирают и попадают в Красную книгу, а с увеличением численности других человечество борется всеми доступными средствами? Как научиться предсказывать стихийные бедствия до их наступления? Какие законы управляют развитием человеческого общества?

Дело в том, что большинство изученных нами естественно-научных законов применимы лишь для сравнительно несложных систем, часто закрытых (т. е. таких, которые не могут обмениваться с окружающей средой веществом или энергией), в которых протекают простые процессы и явления, условно называемые *линейными*.

Реальные объекты природы, а тем более человеческое общество — несравненно более сложные системы. Их состояние не просто далеко от состояния равновесия, а может самопроизвольно от такого состояния удаляться. Здесь могут протекать процессы с уменьшением энтропии, существенную роль играют влияния извне, случайности (флуктуации).

Означает ли это, что познание окружающего мира в принципе невозможно, что не существует объективных законов развития и попытки создать единую естественно-научную картину мира обречены на провал?

Лишь в XX в. учёные дали ответ на этот непростой вопрос. В 80-х гг. прошлого века возникла наука, которая получила название **синергетика** (в переводе с греч. «совместная деятельность»).

Синергетика — междисциплинарное направление науки, изучающее общие закономерности явлений и процессов в сложных неравновесных системах (физических, химических, биологических, экологических, социальных и др.) на основе присущих им принципов самоорганизации.

Как следует из определения, синергетика носит интегрирующий характер, объединяя общими законами разные науки: физику, химию, биологию, психологию, социальные науки, астрономию, философию и т. д. Синергетика впервые сформулировала универсальные законы эволюции, справедливые как для неодушевлённого, так и для живого мира и социума.

Автор термина «синергетика» — немецкий учёный **Герман Хаккен** (род. 1927) — исследовал механизмы процессов, происходящих в лазерах, и обнаружил, что частицы, составляющие активную среду такой его части, как резонатор, под воздействием внешнего светового поля начинают колебаться с ним в одной фазе. В результате устанавливается согласованное взаимодействие, приводящее в конце концов к коллективному поведению (т. е. самоорганизации).

В приведённом выше определении встретилось ещё одно незнакомое вам слово — *самоорганизация*. Что же понимается под самоорганизацией сложных систем?

Казалось бы, те многочисленные нелинейные процессы, тот хаос, который царит в неравновесной системе, должны рано или поздно привести к её распаду. Однако этого не происходит. Парадоксально, но хаос рождает прямую противоположность себе — порядок.

Самоорганизация — это процесс упорядочения элементов сложной неравновесной системы за счёт внутренних факторов без внешнего воздействия.

Не очень корректной, но показательной моделью самоорганизации может служить обыкновенный муравейник. На первый взгляд движение насекомых сумбурно и беспорядочно, но каждый муравей выполняет строго определённую функцию, и хаос рождает самоорганизующуюся систему.

Одним из основоположников синергетики по праву считается бельгийский физик и химик, лауреат Нобелевской премии (1977), выходец из России **Илья Романович Пригожин** (1917—2003). С детства он хорошо знал французский язык, учился музыке, увлекался биологией. Ещё в юности Пригожин понял, что биологию нельзя понять без химии, а химию без физики. В 1940 г. после окончания Брюссельского

университета стал заниматься научными исследованиями в области неустойчивых процессов. Зная, что неравновесие всегда переходит в равновесие, в своих изысканиях Пригожин одним из первых доказал, что из хаоса в природе самопроизвольно может возникать порядок.

Синергетика исходит из того, что, в отличие от закрытых термодинамических систем, которые стремятся к состоянию равновесия и усреднению параметров состояния, сложные неравновесные многоэлементные и многофакторные системы (живые организмы, экосистемы, общественные группы и др.) за счёт притока энергии извне, нелинейности внутренних процессов, случайных событий и других факторов могут развиваться в неравновесном направлении, иметь несколько устойчивых состояний, способны к усложнению и самоорганизации. Самоорганизация и является механизмом происходящей в природе и обществе эволюции: от простого к более сложному, более совершенному.

Для любых сложных систем, будь то неодушевлённые (например, геологические), одушевлённые (например, популяция живых организмов) или социальные (например, государство), справедливы наиболее общие **принципы синергетики**. Рассмотрим некоторые из них.

1. *Природа иерархически структурирована в несколько видов открытых нелинейных систем разных уровней организации.* Изученные нами ранее биогеоценозы являются ярким примером таких систем, относительно стабильных в небольшом промежутке времени и эволюционирующих в течение длительных временных отрезков.

2. *В сильно неравновесных состояниях системы начинают воспринимать те факторы воздействия извне, которые они бы не восприняли в более равновесном состоянии.* Вам известно, что в первом десятилетии XXI в. по странам Ближнего Востока и Северной Африки прокатилась волна так называемых «цветных революций». В сложный для этих государств период падения экономического потенциала, обострения межнациональных и межрелигиозных конфликтов, появления мощных оппозиционных сил (сильно неравновесное состояние) доста-



Илья Романович
Пригожин

» **Напомним**, что биогеоценоз — это исторически сложившаяся совокупность живых организмов, совместно заселяющих определенные места обитания и с помощью биологического круговорота веществ устойчиво поддерживающих свою целостность и единство.

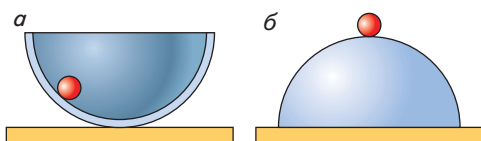


Рис. 137. Система стремится к состоянию равновесия (а); система находится в состоянии неопределённости (б)

точно было небольшого внешнего толчка (например, вмешательства иностранного государства, экономические санкции), чтобы ситуация обострилась до вооружённого противостояния, свержения действующей власти, радикальных преобразований в стране.

В стабильных условиях существования государства такие внешние воздействия, напротив, часто сплачивают население и укрепляют национальное единство.

3. *В состояниях, далёких от равновесия, начинают действовать бифуркационные механизмы.* Что это такое? Проиллюстрируем это понятие на простой модели.

Представьте себе расположенную на столе в виде чашки полусферу, например разрезанный напополам резиновый мяч. По стенке полусферы пустим металлический шарик (рис. 137, а). Нетрудно предсказать, что шарик будет совершать колебательные движения по стенке полусферы через нижнюю её точку до тех пор, пока не остановится в ней. В такой системе действуют все известные вам законы физики и термодинамики. Даже если вы попытаетесь оказать на систему небольшое внешнее воздействие (например, качнёте полусферу или подуете на шарик), конечный результат от этого не изменится.

Теперь перевернём полусферу и установим шарик на её верхнюю точку. Система находится в крайне неустойчивом состоянии. В синергетике его называют **точкой бифуркации** (от лат. *bifurcus* — раздвоенный), т. е. состоянием неопределённости, после которого возможны различные варианты дальнейшего развития системы вплоть до относительно стабильных состояний — **аттракторов** (от англ. *to attract* — привлекать, притягивать). Стоит только произвести на систему небольшое внешнее воздействие — стукнуть по столу, задеть полусферу, помахать веером, — и шарик скатится в одном из множества возможных направлений, часто непредсказуемых (рис. 137, б). В своеобразной точке бифуркации находится и знаменитый васнецовский «Витязь на распутье» (рис. 138).

4. *При переходе от неупорядоченного состояния к состоянию порядка все развивающиеся системы ведут себя одинаково.* Этот очень важный принцип позволяет не только качественно описывать развитие сложных систем, но и использовать обобщённый математический аппарат синергетики. Понятно, что без количественной составляющей синергетика не смогла бы развиваться в полноценную науку. Особенно ценны количественные оценки в одном из направлений синергетики — *теории катастроф*.



Рис. 138. В. М. Васнецов.
Витязь на распутье. 1877

Конечно, математический аппарат синергетики, основанный на принципах теоретической физики, нелинейной и неравновесной термодинамики, математической статистики, очень сложен, и мы не будем вас с ним знакомить. Вместе с тем вы получили первое представление о синергетике — современной науке о самоорганизации физических, биологических и социальных систем, науке об универсальных законах эволюции Природы. Теперь, когда вы услышите непривычные термины «бифуркация» или «аттрактор», вы не будете поспешно менять тему разговора, а сможете высказать своё достаточно компетентное мнение.

Однако специалисты предупреждают, что интенсивное внедрение модных подходов синергетики в науки, особенно в общественные, чревато появлением необоснованных утверждений, выдаваемых за научные, и отрицанием исторически наработанных положений, понятий и методов конкретных наук. Такое формальное и поверхностное «обращение к синергетике», по мнению одного из видных специалистов в этой области Г. Н. Дульнева, грозит стать массовым и породить общество взаимно довольных, друг друга поддерживающих и никем не критикуемых деятелей, занимающихся схоластической псевдонаукой.

В заключение отметим, что единство мира требует и единства науки. Синергетика объединяет различные ветви не только естествознания, но и гуманитарной сферы. В современном естествознании происходят интенсивные процессы гуманизации, а в гуманитарных науках всё более принимается логика естественных наук.

В процесс самоорганизации обычно вовлечено множество объектов, и протекающие в системе процессы зависят от их совокупного, совместного действия.

Ещё раз напомним, что окружающий нас мир можно рассматривать на нескольких структурных уровнях:

— на **мегауровне**, или уровне **мегамира**, — мир галактик, звёзд и других небесных тел;

— на **макроуровне**, или уровне **макромира**, — мир окружающих нас объектов и предметов;

— на **микроуровне**, или уровне **микромира**, — мир молекул, атомов и элементарных частиц.

Распределение и структуру материи на мегауровне изучает астрофизика, на макроуровне — физика твёрдого тела, физика жидкостей и газов, на микроуровне — атомная, ядерная физика, физика элементарных частиц. Следовательно, изучение материального мира начинается с рассмотрения физической формы движения материи, которая эволюционирует в химическую и далее в биологическую и социальную. Единство этих форм и рассматривает синергетика — междисциплинарное направление научных исследований, задачей которого является изучение природных и социальных явлений на основе самоорганизации систем.

При внимательном рассмотрении окружающего нас мира мы часто задаём себе вопросы, на которые не можем чётко и мотивированно ответить. Например: почему фундаментальные законы физики не могут предсказать поведение биологических объектов? Почему целое может обладать свойствами, которыми не обладает ни одна из его частей? Почему существующие в природе системы так сильно отличаются от тех, которые созданы руками человека? Совсем недавно эти вопросы можно было отнести лишь к области философии. Сейчас они встают при решении конкретных задач в области физики, химии, биологии и др. На эти и многие другие вопросы пытается ответить новая наука — синергетика.



Завершая курс естествознания, последний параграф учебника мы посвятим красоте окружающего нас мира и воплощению её в произведениях искусства, многовековым поискам гармонии художниками, зодчими, ваятелями. И найдём подтверждения и доказательства, что наука и искусство всегда и во всём тесно связаны, обогащая и дополняя друг друга.

Теперь вы знаете

- ▶ что такое синергетика и самоорганизация сложной системы
- ▶ принципы, которым подчиняется это интегрированное научное направление
- ▶ какую роль играет синергетика в изучении природных и социальных явлений

☉ Теперь вы можете

- ▶ описать уровни организации материального мира и разделы физики, которые их изучают
- ▶ сформулировать, что такое синергетика и самоорганизация сложной системы
- ▶ раскрыть значение синергетики для познания материального мира и социального развития общества

☉ Выполните задания

1. Покажите, как синергетика связана с естественными и гуманитарными науками.
2. Установите основное отличие процессов, протекающих в простейших термодинамических системах, от процессов, происходящих в сложных неравновесных системах. Что такое самоорганизация сложной системы?
3. Назовите и проиллюстрируйте примерами несколько основных принципов синергетики.
4. Смесь азота и водорода ввели в соприкосновение с нагретым катализатором. Напишите уравнения возможных химических реакций, зная, что синтез аммиака из азота и водорода является обратимым процессом. Спрогнозируйте поведение системы с течением времени.
5. Вспомните отрывок из поэмы А. С. Пушкина «Руслан и Людмила».

Соперники одной дорогой
Всё вместе едут целый день.
Днепра стал тёмен брег отлогий;
С востока льётся ночи тень;
Туманы над Днестром глубоким;
Пора коням их отдохнуть.
Вот под горой путём широким
Широкий пересёкся путь.
«Разъедемся, пора! — сказали, —
Безвестной вверимся судьбе».
И каждый конь, не чуя стали,
По воле путь избрал себе.

Назовите имена этих «соперников». Куда и зачем они скачут? Дайте характеристику ситуации, описанной в отрывке, с позиции синергетики.

§ 32. Естествознание и искусство

1. Объясните, что имел в виду А. С. Пушкин, вложив в уста Сальери слова: «Поверил я алгеброй гармонию».
2. Проанализируйте выражение: «Красота спасёт мир» — с двух точек зрения: толкования его Ф. М. Достоевским и в вашем собственном понимании.
3. Докажите, что творения зодчих — это синтез искусства и наук (математики, физики, а иногда и астрономии, и географии), приведите примеры.
4. Сформулируйте постулаты Н. Бора.

БОЖЕСТВЕННАЯ ПРОПОРЦИЯ И ПОНЯТИЕ «ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ». Человеку свойственно искать гармонию во всём — в окружающем его интерьере, предметах быта, украшениях. Но что может быть более гармоничным, чем великая и неповторимая природа? Наблюдая окружающий нас мир, мы восхищаемся совершенством форм, многообразием расцветок, уникальным сочетанием свойств всего того, что рождено гениальным создателем — Природой!

Особенно тонко чувствуют прекрасное, создают величайшие шедевры, переживающие века и поколения, люди искусства — художники, архитекторы, скульпторы, музыканты, писатели. Своё вдохновение большинство из них черпали и продолжают находить в окружающей нас природе.

Уловить тонкую материю гармонии окружающего мира — значит научиться создавать бессмертные произведения искусства. Вот почему гениальных художников можно назвать и талантливыми естествоиспытателями.

Оказывается, что один из величайших секретов природы, универсальный показатель красоты и гармонии, известен человеку с древнейших времён. Это так называемая божественная пропорция, в основе которой лежат симметрия и **золотое сечение**. Такое уникальное сочетание способствует наилучшему зрительному восприятию и ощущению красоты и гармонии.

Немецкому астроному **И. Кеплеру** (1571—1630) принадлежит известное изречение: «Геометрия владеет двумя сокровищами: одно из них — теорема Пифагора, другое — деление отрезка в крайнем и среднем отношении. Первое можно назвать мерой золота, второе же больше напоминает драгоценный камень». **Пифагор** (ок. 570—496 до н. э.), прожив в Египте 22 года и обучаясь там у жрецов, начал пости-

гать законы гармонии и красоты: к примеру, знаменитая пирамида Хеопса была построена по принципу золотого треугольника (мы ещё поговорим о нём чуть позже). Пропорции храмов, барельефов, предметов быта и украшений из гробниц фараонов также свидетельствуют о том, что египтяне знали секрет золотого сечения.

Термин «золотое сечение» ввёл в обиход в 1835 г. немецкий математик **М. Ом** (1792—1872). Так что же такое золотое сечение? При чём здесь деление отрезка и пирамида Хеопса?

Золотое сечение (золотая пропорция) — это такое деление отрезка на две неравные части, при котором длины большей и меньшей частей относятся друг к другу так же, как длина большей части относится к длине всего отрезка; это число выражается бесконечной иррациональной дробью 0,6180339887... .

$$\frac{|AC|}{|BC|} = \frac{|AC|}{|AB|} = 0,618...$$

Удивительно, но величина, обратная этой дроби, отличается от неё ровно на единицу (в математике её часто обозначают буквой φ):

$$\varphi = \frac{1}{0,618...} = 1,618...$$

ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ В ПРОИЗВЕДЕНИЯХ ИСКУССТВА И АРХИТЕКТУРЫ.

Именно с золотым сечением связано много геометрических загадок. Например, прямоугольник с таким соотношением сторон стали называть золотым прямоугольником: если от него последовательно и до бесконечности отрезать квадрат, то всегда останется золотой прямоугольник. Существует и так называемый золотой треугольник (равнобедренный), у которого отношение длины боковой стороны к длине основания равняется 1,618. В совершенной пентаграмме — пятиконечной звезде — каждая из составляющих её пяти линий делит другую в золотой пропорции, а концы звезды образуют золотые треугольники (рис. 139).

Ну и что же здесь красивого и гармоничного?

Оказывается, божественные пропорции лежат в основе многих великих творений человечества — произведениях архитектуры, живописи, скульптуры. О пирамиде Хеопса мы



Рис. 139. Звезда — совершенная пентаграмма

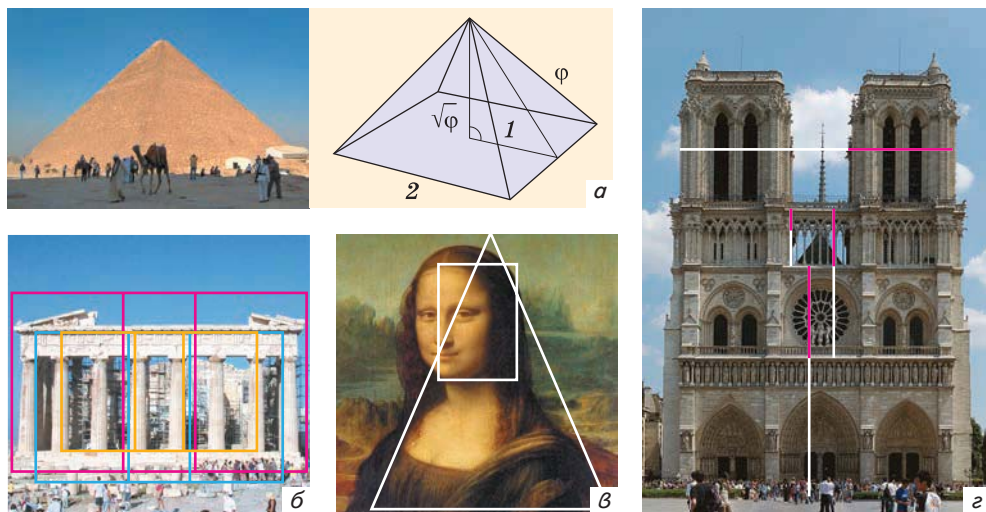


Рис. 140. Золотое сечение в искусстве и архитектуре:

а — пирамида Хеопса; *б* — Парфенон; *в* — «Джоконда» Леонардо да Винчи; *г* — собор Парижской Богоматери

уже говорили, можно ещё назвать древнегреческий храм Парфенон в Афинах, собор Парижской Богоматери в Париже, «Джоконду» Леонардо да Винчи (рис. 140), причём для композиционного построения картины Леонардо использовал и золотой треугольник, и золотой прямоугольник. При раскопках археологи обнаружили циркули, которыми пользовались архитекторы и скульпторы античного мира. Оказалось, что в них также заложены пропорции золотого сечения.

В Средние века многое, что почиталось в античном мире, в том числе и золотое сечение, было предано забвению. Интерес к этому удивительному геометрическому феномену возобновился в эпоху Возрождения. В 1509 г. в Венеции была издана книга итальянского математика **Л. Пачоли** (1445—1517) «Божественная пропорция». Есть предположение, что роскошные иллюстрации к ней сделал Леонардо да Винчи. Книга была своеобразным гимном золотому сечению!

А. Дюрер (1471—1528), немецкий художник и теоретик искусства, разрабатывая теорию пропорций человеческого тела, также отводил важное место золотому сечению (рис. 141). Тело человека делится в золотых пропорциях линией пояса, линией, проведённой через кончики средних пальцев опущенных рук, нижняя часть лица — ртом и т. д. Пропорции золотого сечения были разработаны и для соотношения длины плеча, предплечья и кисти, кисти и пальцев и т. д.

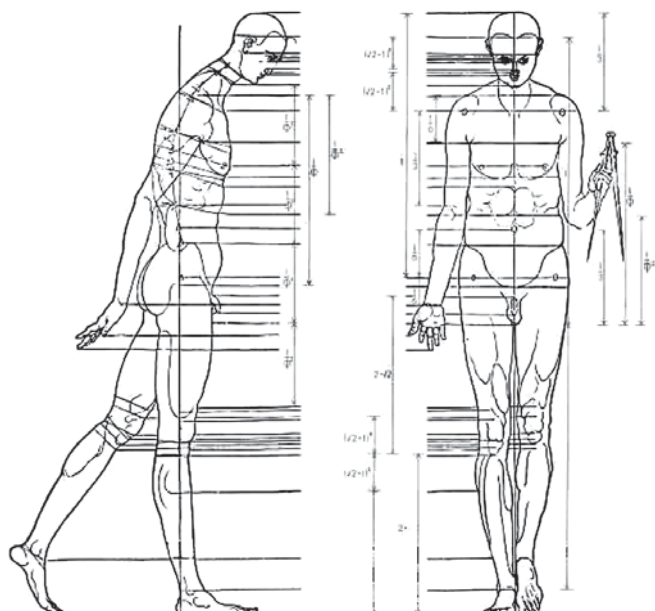


Рис. 141. Пропорции человеческого тела по А. Дюреру

ЗОЛОТЫЕ ПРОПОРЦИИ В ПРИРОДЕ. Кеплер первым обратил внимание на значение золотой пропорции для ботаники. Естествоиспытатели всё чаще и чаще находили в природных объектах воплощение этого самого гармоничного соотношения (рис. 142).

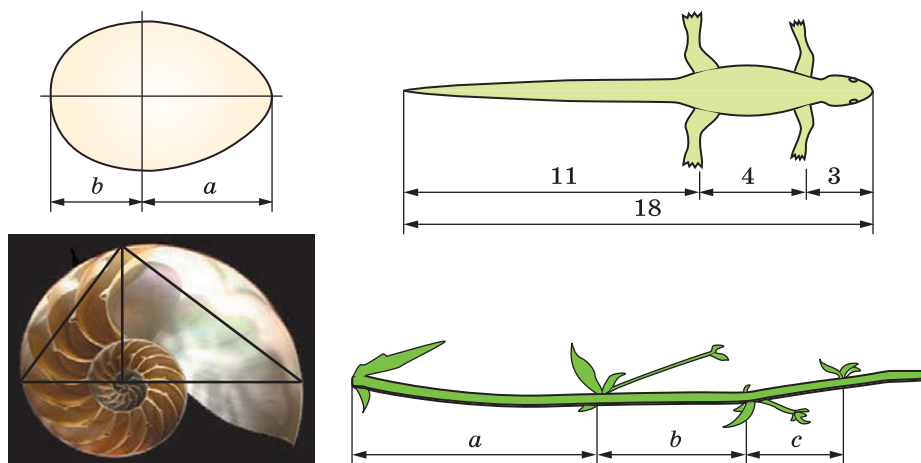


Рис. 142. Золотые пропорции в природе (яйцо, ящерица, спираль раковины, ветка цикория)

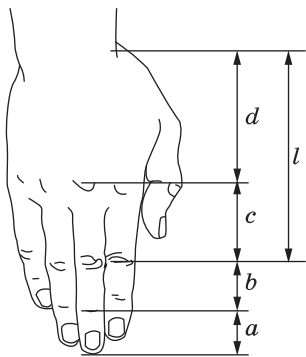


Рис. 143. Пропорции кисти руки

В середине XIX в. немецкий исследователь **А. Цейзинг** (1810—1876) объявил золотое сечение универсальным для всех явлений природы и произведений искусства. Он проверял свою теорию на греческих статуях, вазах, архитектурных сооружениях, растениях, животных, птичьих яйцах, музыкальных тонах, стихотворных размерах. Однако к утверждениям о повсеместности золотого сечения в природе и искусстве следует относиться с осторожностью. Часто это может оказаться простым совпадением или результатом подгонки.

Лабораторный опыт

Измерьте параметры кисти своей руки, как показано на рисунке 143. Вычислите отношения величин $a : b$; $b : c$; $c : d$; $d : e$. Какое из отношений наиболее близко к золотому сечению? Сравните результаты ваших измерений с результатами одноклассников.

ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ В КИНЕМАТОГРАФЕ, ПОЭЗИИ, МУЗЫКЕ. Полагают, что С. Эйзенштейн также построил свой фильм «Броненосец «Потёмкин»» по правилам золотого сечения. Он разбил ленту на пять равных по времени частей. В первых трёх действие происходит на корабле, в двух последующих эпизодах показано восстание. Этот переход точно совпадает с точкой золотого сечения.

Другим примером использования золотого сечения в кино, фотографии, живописи является расположение главных объектов изображения в особых точках — зрительных центрах, которые находятся на расстоянии $\frac{3}{8}$ и $\frac{5}{8}$ от рамки кадра или полотна.

Исследование золотого сечения в музыке впервые провёл музыковед, пианист и композитор **Э. К. Розенов** (1861—1935). В 1925 г. он изложил результаты этого исследования в статье «Закон золотого сечения в поэзии и музыке». Розенов показал, что многие музыкальные произведения эпохи барокко и классицизма, в том числе композиции Баха, Моцарта, Бетховена, построены на основе божественной пропорции.

РЯД ФИБОНАЧЧИ, СПИРАЛЬ АРХИМЕДА И ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ. С историей золотого сечения связано имя первого крупного математика средневековой Европы Леонардо Пизанского, известного под именем **Фибоначчи** (1180—1240).

В 1202 г. в своей выдающейся «Книге абака» он собрал помимо большого количества математических сведений все известные тогда задачи. В их числе была и очень занятная задача про кроликов, вот её условие.

«Пару кроликов поместили в огороженный вольер. Сколько пар кроликов родится в вольере в течение года, если через месяц каждая пара кроликов производит на свет другую пару, а потомство кролики приносят со второго месяца после своего рождения?»

Поскольку первая пара кроликов — новорождённые, то на второй месяц они не дадут приплода, и останется одна пара. На третий месяц они произведут одну пару: $1 + 1 = 2$. На 4-й месяц из двух пар потомство даст лишь одна пара (вторая ещё не даёт приплода): $2 + 1 = 3$ пары. На 5-й месяц две родившиеся на 3-й месяц пары дадут потомство: $3 + 2 = 5$ пар (рис. 144). На 6-й месяц потомство дадут только те пары, которые родились на 4-м месяце: $5 + 3 = 8$ пар и т. д.

Размышляя над подобным явлением, Фибоначчи вывел следующий ряд цифр:

Месяцы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	и т. д.
Пары кроликов	0	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144	и т. д.

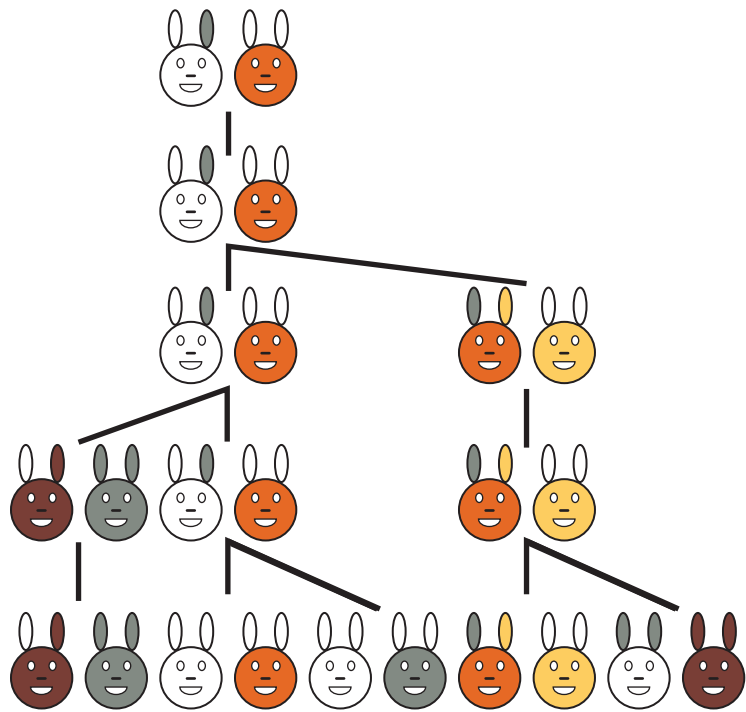


Рис. 144. Задача о кроликах

Таким образом, из данной задачи выводится устойчивая закономерность, и эти числа образуют знаменитую последовательность: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233... Сами числа называются **числами Фибоначчи**, а их последовательность — **последовательностью Фибоначчи**.

Всё достаточно просто, как всё великое. В чём же необычность этой последовательности, почему она пережила столетия, какова её связь с золотым сечением?

Оказывается, каждый член последовательности, начиная с третьего, равен сумме двух предыдущих: $2 + 3 = 5$; $3 + 5 = 8$; $5 + 8 = 13$; $8 + 13 = 21$; $13 + 21 = 34$ и т. д., а отношение смежных чисел ряда приближается к отношению золотого сечения 0,618.

Ряд Фибоначчи остался бы всего лишь математической последовательностью, если бы естествоиспытатели и искусствоведы неизменно не приходили бы к этому ряду как к арифметическому выражению закона золотого сечения.

Представление о последовательности Фибоначчи и золотом сечении дополняет спираль, очень распространённая в природе. Если увеличение шага спирали вести в соответствии с последовательностью Фибоначчи, мы получим идеальную спираль, полностью повторяющую геометрию завитой раковины. Подобную раковину и соответствующую ей спираль изучал ещё Архимед. Выведенное им уравнение спирали и сама спираль с тех пор носят его имя (рис. 145). В настоящее время закономерность спирали Архимеда широко применяется в технике.

В природе многие процессы развиваются именно по спирали. Например, по спирали метель закручивает снежные массы, по спирали зарождается и раскручивается ураган, спиральнообразно паук плетёт свою паутину, спираль прослеживается в расположении семян подсолнечника, двойной спиралью закручена молекула ДНК. Гёте называл спираль «кривой жизни». Наверное, потому, что и сама наша жизнь течёт по спирали: и добро, и зло обязательно возвращаются к человеку на следующем её витке.

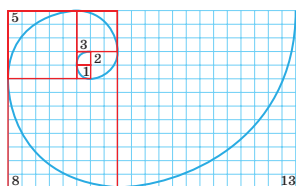


Рис. 145. Спираль Архимеда

БИОНИКА, ЕЁ СУТЬ И ЗАДАЧИ. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ БИОНИКА. Возможно, кто-то из вас мечтает о профессии архитектора, строителя, дизайнера. Представителей этих профессий тоже можно назвать людьми искусства — искусства воплощения красоты и функциональности в камне, металле и бетоне. Одним из научных направлений, связывающих естествознание с архитектурой, стала **бионика**.

Бионика — наука, представляющая собой синтез биологии и техники, решающая инженерные задачи на основе изучения и исследования структуры и жизнедеятельности организмов.

С помощью бионики люди пытаются использовать достижения природы, уникальные свойства и структуру живых систем в решении технических вопросов.

Основоположителем бионики считают Леонардо да Винчи. Он первый при разработке своего летательного аппарата пытался скопировать принцип работы и строения птичьего крыла, которое за счёт взмахов создаёт подъёмную силу.

Впоследствии достижения естествознания, открытия в биологии, химии, экологии поражали учёных гениальностью «устройств» природных объектов. Для создания сверхпрочных конструкций инженеры изучали строение крыльев насекомых, некоторые оптические системы основаны на строении нашего глаза, а система сотовой связи потому так называется, что покрывает территорию доступа в сеть, подобно пчелиным сотам.

Считается, что принципы бионики при сооружении зданий первым использовал каталонский архитектор конца XIX — начала XX в. **А. Гауди** (1852—1926). Он не просто привнёс в архитектурные сооружения декоративные элементы природы, а придал постройкам характер окружающей среды. Архитекторы, ландшафтные дизайнеры и просто ценители прекрасного до сих пор не перестают восхищаться гениальными архитектурными решениями Гауди при сооружении Парка Гуэля — чего стоит только своеобразная колоннада, выполненная в стиле античных портиков и представляющая собой подобие сросшихся стволов деревьев (рис. 146).

С развитием научных методов, углубления знаний о природе архитекторы пришли к выводу, что решение большинства проблем, над ко-

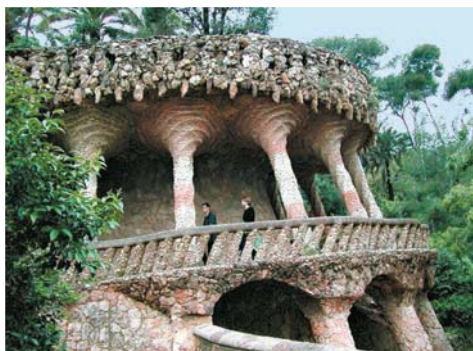


Рис. 146. Парк Гуэля в Барселоне. 1900—1914

торыми человечество билось тысячелетиями, находилось у нас под самым носом — в окружающей природе. Поэтому главной задачей бионики в архитектуре является поиск в природных биологических системах оптимальных решений. Изучение формирования тканей и строения живых организмов позволяло специалистам понять принципы экономии материала, энергии, обеспечения надёжности. Например, у некоторых глубоководных моллюсков была позаимствована «технология» создания слоистых конструкций. Их раковины состоят из чередующихся жёстких и мягких слоёв. Для строительства применение этого принципа означает, что в случае деформации верхнего, жёсткого слоя следующий, мягкий слой погасит разрушение и трещина останется на поверхности, не распространяясь в глубь конструкции. Эйфелева башня имеет конструкцию, сходную по строению с берцовой костью человека, и благодаря этому обладает достаточной прочностью. Современные высотные промышленные сооружения и трубы выдерживают сильные порывы ветра потому, что принцип их возведения позаимствован у стеблей злаковых растений, которые при ветре гнутся, но не ломаются и быстро восстанавливают вертикальное положение.

Именно привлечение в архитектуру знаний бионики позволило разработать один из самых грандиозных строительных проектов современности — шанхайский «Город-башню» (рис. 147). По предварительным



Рис. 147. Макет «Города-башни» в Шанхае

данным, население башни должно составить не менее 100 тыс. человек. «Город-башня» будет иметь форму кипариса, высоту — более 1200 м. В здании будет 300 этажей, расположенных в 12 вертикальных кварталах по 80 этажей в каждом. Конструкция сооружения аналогична строению ветвей и всей кроны кипариса. Стоять башня будет на свайном фундаменте, напоминающем корневую систему дерева. Воздух будет проходить сквозь конструкцию башни, не встречая сопротивления, поэтому она выдержит самые сильные порывы ветра. Власти Китая, перед которыми остро стоит проблема перенаселения, планируют построить несколько подобных сооружений.

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВА НА НАУКУ И ИХ ТЕСНАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ. Как это ни парадоксально, но искусство, в свою очередь, оказывает влияние на развитие научной мысли, в том числе и в области естественных наук. Вы знаете, что в начале XX в. учёные ломали голову над загадкой строения атома. Модель Резерфорда, представляющая атом как миниатюрную Солнечную систему, противоречила законам физики. Необходим был абсолютно новый, не обременённый знанием классических представлений подход к решению вопроса. Достоверно известно, что гениальному Нильсу Бору в открытии своей модели строения атома помогло созерцание выдающихся произведений живописи. Бор был очарован абстрактным миром кубистов — П. Пикассо, Ж. Брака, Х. Гриса. Он любил объяснять сущность кубизма посетителям выставок. Для Бора очарование абстракционистов состояло в возможности разрушить классическое представление об объекте. Это позволило ему создать одну из величайших абстракций естествознания — свои постулаты. Вопреки всем законам физики при движении в ядре электрона эта заряженная частица не излучает и не поглощает энергию. Поведение электронов в атоме в представлении Бора бросало вызов привычным устоям человеческого и научного понимания. Понятно, что объяснить дуализм электрона (электрон одновременно является и частицей, и волной) простыми словами невозможно: подобно картинам кубистов, научная абстракция превращает действительность в ирреальное пятно, действующее на подсознание отнюдь не словами, а созерцанием. Сам Бор говорил: «Когда дело доходит до атомов, язык может использоваться только в качестве поэзии». Электрон — это не «маленькая планета», а противоречивые пятна мазков на картинах кубистов, которые открывают свой смысл только пристальному наблюдателю с развитым воображением (рис. 148).

Многим знатокам изобразительного искусства известны работы голландского художника-графика М. К. Эшера. Он известен прежде всего своими гравюрами и литографиями, в которых мастерски отображал неожиданные



Рис. 148. Л. С. Попова. Портрет философа. 1915

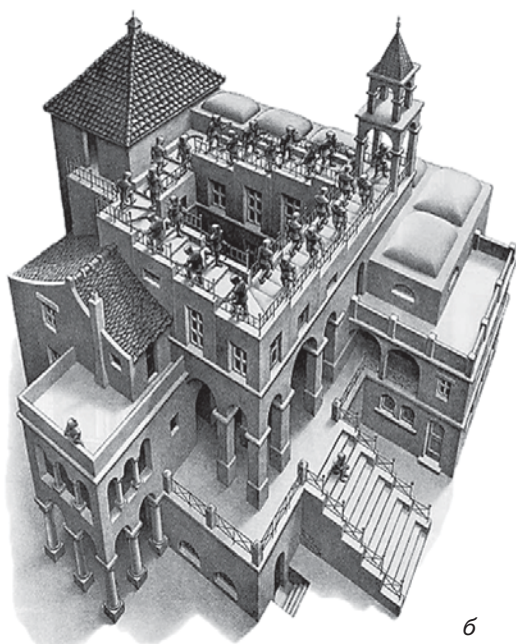
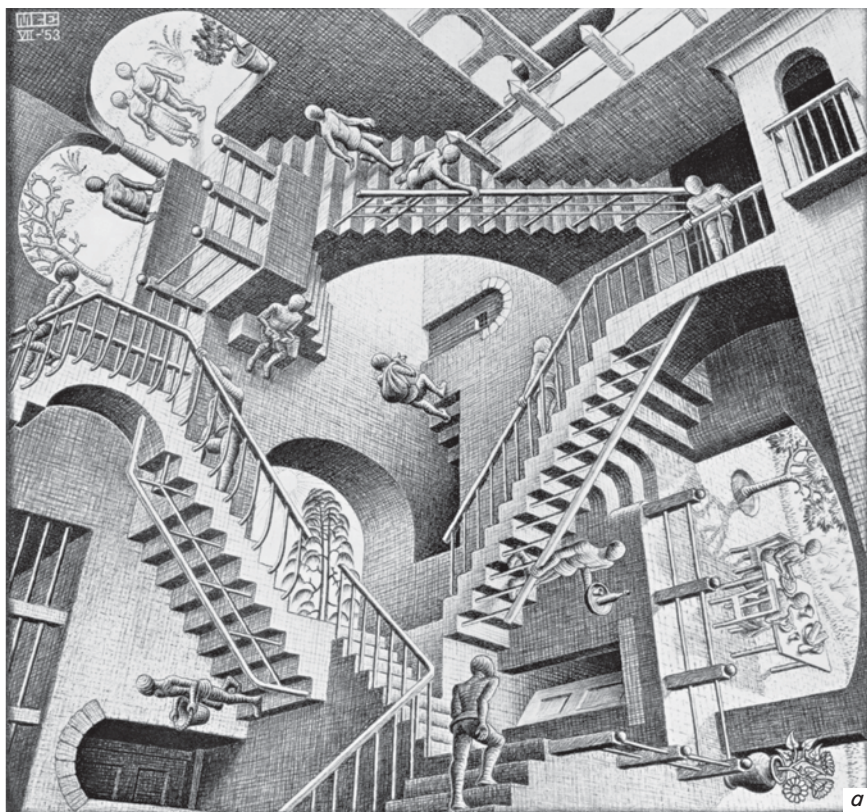


Рис. 149. М. К. Эшер.
 а — Относительность. 1953;
 б — Восхождение и спуск. 1960

аспекты понятий бесконечности, симметрии, а также особенности психологического восприятия трёхмерных объектов на плоскости. Однажды Эшер дал самому себе удивительно точную характеристику: «Хотя я абсолютно несведущ в точных науках, мне иногда кажется, что я ближе к математикам, чем к моим коллегам-художникам». Классическим произведениям Эшера присуще удивительное сочетание виртуозной художественной техники и остроумное отображение логических и пространственных парадоксов (рис. 149).

Это ли не художественное воплощение теории относительности Эйнштейна, ступенька к пониманию фрейдовского психоанализа, кубизма и иных достижений в области соотношения пространства и времени? И если ваша будущая профессия не будет связана с одной из естественных наук, восполнить знания о природе вам помогут произведения искусства.

Два мира, две культуры — наука и искусство — должны взаимопроникать друг в друга, обогащая нас новыми идеями и новым пониманием окружающего мира. Все мы только выиграем от того, что художники узнают о втором законе термодинамики, а учёные — о том, как были построены великие сооружения древними и средневековыми зодчими, что такое перспектива в живописи или приём сфумато (буквально: исчезающий, как дым), разработанный Леонардо да Винчи.

Ваше изучение курса естествознания подошло к концу. Мы надеемся, что с его помощью вы поняли: чем бы вам ни пришлось заниматься во взрослой жизни, неисчерпаемая глубина и красота окружающего мира поможет найти ответы на самые сложные жизненные вопросы.

Теперь вы знаете

- ▶ в чём заключается божественная пропорция и понятие золотого сечения
- ▶ как используется золотое сечение в произведениях искусства и архитектуры
- ▶ проявление золотых пропорций в природе
- ▶ как используется золотое сечение в кинематографе, поэзии, музыке
- ▶ понятия «ряд Фибоначчи», «спираль Архимеда» и «золотое сечение»
- ▶ что такое бионика, её суть и задачи, архитектурно-строительная бионика
- ▶ в чём заключается влияние искусства на науку и их тесная взаимосвязь

Теперь вы можете

- ▶ дать определение золотого сечения, привести примеры его использования в искусстве и архитектуре

- ▶ описать применение золотого сечения в кинематографе, поэзии, музыке, в природе
- ▶ объяснить, что такое ряд Фибоначчи, спираль Архимеда и как они связаны с золотым сечением
- ▶ сформулировать, что такое бионика и где находят воплощение её принципы
- ▶ проиллюстрировать взаимосвязь природы и техники на примерах из бионики
- ▶ проанализировать взаимосвязь искусства и науки и их влияния друг на друга

◎ **Выполните задания**

1. Объясните, что такое божественная пропорция и почему она является универсальным показателем красоты и гармонии.
2. Измерьте длину и ширину экрана вашего телевизора, монитора, экрана ноутбука, найдите отношение ширины к длине, в каком случае это отношение ближе к золотому сечению, сравните это соотношение для техники прошлых лет и современной, сделайте вывод.
3. Приведён фрагмент последовательности Фибоначчи: ...987, 1597, 2584...; вычислите два предыдущих и два последующих члена последовательности, запишите отношение двух соседних чисел, которые ближе к значению золотого сечения.
4. Найдите в Интернете и распечатайте изображение телебашни архитектора Шухова и шуховского маяка, объясните, какие природные аналоги можно считать прототипом их конструкции.
5. Многие технические решения позаимствованы человеком у природных объектов. Например, принцип работы застёжки-«липучки» не что иное, как свойство обычного репейника. Найдите другие примеры подобных решений.
6. Мы уже обращались к известным строкам А. С. Пушкина:
 О сколько нам открытий чудных
 Готовят просвещения дух,
 И опыт, сын ошибок трудных,
 И гений, парадоксов друг,
 И случай, бог изобретатель.
 Скажите, как теперь вы понимаете это стихотворение и какую роль здесь сыграло естествознание.

◎ **Темы для рефератов**

1. КОАПП (Комитет по охране авторских прав природы) — детские радиопередачи 1960—1970-х гг. о проблемах бионики.
2. Божественные пропорции

в живописи художников эпохи Возрождения. 3. Золотое сечение в ландшафтном дизайне, композиции парков. 4. Золотое сечение в живой природе. 5. Гармония — одна из форм прекрасного во все времена. 6. Красота природы в произведениях изобразительного искусства и литературы. 7. Искусство, человек, Вселенная: научная и художественная литература. 8. Нейробионика и искусственный интеллект. 9. Научная деятельность Фибоначчи и его волшебные числа. 10. Искусство и наука — двигатели цивилизации.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

9 Изучение явления электромагнитной индукции

Цель работы: исследовать явление электромагнитной индукции и научиться получать индукционный ток.

Оборудование: полосовой магнит, электромагнит разборный, миллиамперметр, лабораторный источник питания, ключ, реостат, соединительные провода.

Ход работы

1. Соедините миллиамперметр с одной из катушек электромагнита.
2. Внося электромагнит в катушку, фиксируйте появление индукционного тока в катушке и его направление. Повторите опыт, выдвигая магнит из катушки.
3. Изменяя скорость движения полосового магнита внутри катушки, исследуйте влияние скорости на значение силы индукционного тока.
4. Соберите цепь, состоящую из последовательно соединённых источника электрического тока, второй катушки электромагнита, реостата и ключа. Расположите рядом с этой катушкой катушку электромагнита, соединённую с миллиамперметром.
5. Замыкая и размыкая цепь, проследите, возникает ли электрический ток в катушке, соединённой с миллиамперметром, при замыкании и размыкании цепи и каково его направление.
6. Замкните цепь второй катушки, с помощью реостата изменяйте в ней силу тока. Проследите, возникает ли электрический ток в катушке, соединённой с миллиамперметром, при изменении силы тока в цепи и каково его направление.
7. Сделайте выводы относительно условий возникновения индукционного тока, его направления и силы.

10 Золотое сечение и его отражение в произведениях искусства

Цель работы: научиться выполнять золотое сечение отрезка, чертить золотой треугольник и прямоугольник; освоить правило третей; научиться анализировать произведения искусства на предмет соответствия золотому сечению и правилу третей; научиться выстраивать композицию фотографии или рисунка с учётом правила третей.

Оборудование: компьютер, подключённый к сети Интернет, цифровой фотоаппарат, иллюстрации произведений живописи, архитектуры, скульптуры и др.; бумага, линейка, циркуль, карандаш, альбом с репродукциями картин.

Ход работы

1. Построение золотого сечения отрезка.

Формально с помощью непосредственных измерений линейкой разделить отрезок в точке золотого сечения невозможно, поскольку число φ — иррациональное, равное $1,618033...$ Сделать это можно с использованием циркуля и линейки, причём были найдены различные способы построения. Применим для деления отрезка в золотой пропорции два наиболее простых.

Способ А. На листе бумаги начертите произвольный отрезок AB .

Проведите перпендикуляр к отрезку AB в точке B (рис. 150). Отложите на нём отрезок $BD = 2AB$. Из точки D проведите окружность радиусом DK , где $DK = AB$. Разделите отрезок AK пополам, отметьте точку E , при этом $AK = 2AE$. Проведите циркулем дугу с центром в точке A и радиусом AE . Дуга пересечёт отрезок AB в точке золотого сечения C .

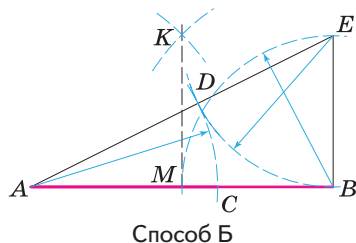
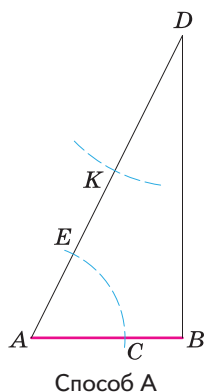


Рис. 150. Деление отрезка в золотой пропорции двумя способами

Способ Б. На листе бумаги начертите произвольный отрезок AB .

Разделите отрезок AB пополам. Для этого из точек A и B проведите циркулем две пересекающиеся дуги произвольного радиуса. Из полученной точки K опустите перпендикуляр на отрезок AB . Он пересечёт AB ровно посередине, в точке M . Из точки B восставляете перпендикуляр. С помощью циркуля отложите на нём отрезок BE , равный половине AB (проведите циркулем дугу из точки M с центром в точке B). Полученную точку E соедините с точкой A . На полученной линии отложите циркулем отрезок ED , равный EB . Отрезок AD перенесите циркулем на прямую AB . Полученная при этом точка C делит отрезок AB в соотношении золотой пропорции.

Произведите проверку. Измерьте длины отрезков AB и AC на обоих чертежах. Найдите отношения AB/AC , AC/CB и обратные им величины. Чему равны эти отношения с точностью до сотых?

2. Построение золотого треугольника.

Проведите вертикальную прямую, отметьте на ней точку A (рис. 151). От точки A отложите на прямой трижды отрезок с произвольной величины, через полученную точку P проведите перпендикуляр к линии AP . На перпендикуляре вправо и влево от точек B и B_1 отложите отрезки c . Полученные точки B и B_1 соедините прямыми с точкой A . Вы построили золотой треугольник ABB_1 .

Отложите с помощью циркуля отрезок BB_1 (откладываем на сторону AB). Полученная точка C делит отрезок AB в пропорции золотого сечения. Проведите проверку, найдя соотношение AB/AC .

3. Построение золотого прямоугольника.

Начертите квадрат и разделите его на два равных прямоугольника (рис. 152, а). В одном из прямоугольников проведите диагональ AB (рис. 152, б). Циркулем проведите окружность радиусом AB с центром в точке A (рис. 152, в). Продолжите основание квадрата до пересечения с дугой в точке P и прове-

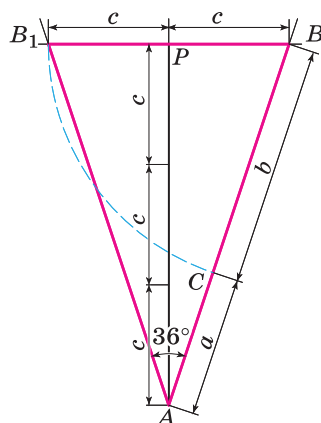


Рис. 151. Построение золотого треугольника

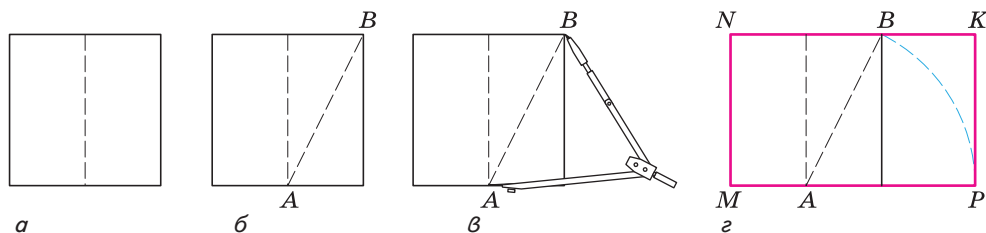


Рис. 152. Построение золотого прямоугольника

дите под прямым углом вторую сторону золотого прямоугольника $MNKP$ (рис. 152).

Проверьте соотношение длин сторон MP/PK , убедитесь, что оно близко к золотому сечению.

Более того, прямоугольник со сторонами BK и PK получился тоже золотым! Невероятно, но, отрезав от него квадрат со стороной BK , вы получите новый золотой прямоугольник и так до бесконечности. Выполните две-три стадии такого деления и проведите соответствующие расчёты в подтверждение соблюдения золотой пропорции.

Вы научились находить, казалось бы, совершенно ординарную точку на обычном отрезке, строить неприметные на первый взгляд треугольник и прямоугольник. Между тем эти фигуры обеспечивают красоту, гармонию и соразмерность в окружающем нас мире.

4. Правило третей.

Ещё в эпоху Возрождения художники открыли, что любая картина имеет определённые точки, невольно приковывающие наше внимание, так называемые зрительные центры. При этом абсолютно неважно, какой формат имеет картина — горизонтальный или вертикальный. Таких точек всего четыре, они делят величину изображения по горизонтали и вертикали в золотом сечении, т. е. расположены на расстоянии примерно $\frac{3}{8}$ и $\frac{5}{8}$ от соответствующих краёв плоскости (рис. 153).

Данное открытие у художников того времени получило название «золотое сечение картины». Поэтому, для того чтобы привлечь внимание к главному элементу изображения, необходимо совместить этот элемент с одним из зрительных центров.

Принцип построения композиции, основанный на упрощённом золотом сечении картины, называют правилом третей. Оно заключается в том, что при определении зрительных центров изображение делится линиями, параллельными его сторонам, в пропорции $5 : 8$, или $3 : 5$, или $1 : 2$ (т. е. соседние числа последовательности Фибоначчи).

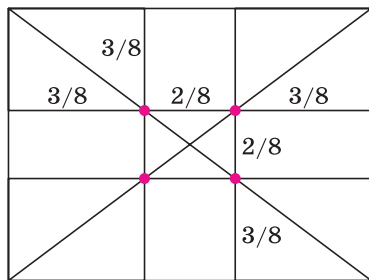


Рис. 153. Золотое сечение картины

Найдите в сети Интернет и изучите правило третей и его применение в построении композиций фотографий, рисунков, картин, рекламных изображений. Для этого можно воспользоваться материалами «Википедии».

5. Анализ произведений искусства на соответствие правилу третей.

Из альбома с репродукциями проанализируйте на соответствие правилу третей не менее 10 картин. Композиция какой из них наиболее соответствует золотому сечению картины?

6. Практическое использование правила третей.

Снимите цифровым фотоаппаратом различные объекты, например человека, природу, здание, скульптуру, интерьер и т. д. При построении композиции используйте правило третей, а именно:

а) при фотографировании пейзажей используйте горизонтальные линии сетки для горизонта, стыка воды и земли (побережье озера, моря и т. д.);

б) в фотографировании портретов используйте горизонтальные линии для расположения глаз или, в групповых снимках, голов;

в) используйте вертикальные линии сетки для таких вещей, как деревья, водопады, специфические детали архитектуры или просто для человека с фоном за ним;

г) старайтесь поместить специальные фокусные точки в углах среднего прямоугольника (на пересечениях линий).

Перенесите фотографии на компьютер, выберите пять лучших. Проанализируйте их на предмет выполнения правила третей.

Проведите в классе конкурс на лучшую фотографию.

Оглавление

ГЛАВА I. МИКРОМИР

§ 1. Основные сведения о строении атома. Химические элементы	5
§ 2. Периодический закон и строение атома	13
§ 3. Вещества	22
§ 4. Углеводороды. Теория химического строения А. М. Бутлерова	31
§ 5. Нефть и её переработка	39
§ 6. Полимеры	46
§ 7. Смеси и их состав	55
§ 8. Дисперсные системы	61
§ 9. Химические реакции	69
§ 10. Окислительно-восстановительные реакции. Электролиз	78
§ 11. Химические источники тока	85
§ 12. Что такое наномир?	90
§ 13. Наночастицы в природе и технике	94
§ 14. Конструирование наноматериалов	102
§ 15. Настоящее и будущее нанотехнологий	108
Практические работы	116
1. Изучение фотографий треков заряженных частиц	116
2. Получение, собирание и распознавание газов	116
3. Изучение химических реакций	118
4. Сборка гальванического элемента и испытание его действия	119

ГЛАВА II. ЧЕЛОВЕК И ЕГО ЗДОРОВЬЕ

§ 16. Систематическое положение человека в мире животных	123
§ 17. Генетика человека	129
§ 18. Физика человека	137
§ 19. Химия человека	146
§ 20. Витамины	154
§ 21. Гормоны	161

§ 22. Лекарства	168
§ 23. Здоровый образ жизни	177
§ 24. Физика на службе здоровья человека	189

Практические работы 196

5. Создай лицо ребёнка	196
6. Оценка биологического возраста	202
7. Оценка индивидуального уровня здоровья	204
8. Определение суточного рациона питания	206

ГЛАВА III. ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ НА СЛУЖБЕ ЧЕЛОВЕКА

§ 25. Элементарны ли элементарные частицы?	211
§ 26. Большой адронный коллайдер	217
§ 27. Атомная энергетика	224
§ 28. Продовольственная проблема и пути её решения	235
§ 29. Биотехнология	244
§ 30. Лес и лесоводство	254
§ 31. Синергетика	259
§ 32. Естествознание и искусство	268

Практические работы 281

9. Изучение явления электромагнитной индукции	281
10. Золотое сечение и его отражение в произведениях искусства	282

Учебное издание

Габриелян Олег Сергеевич
Остроумов Игорь Геннадьевич
Пурышева Наталия Сергеевна
Сладков Сергей Анатольевич
Сивоглазов Владислав Иванович

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

11 класс

Базовый уровень

Учебник

Центр химии и экологии

Ответственный за выпуск Л. Ю. Таценко

Ответственный редактор Л. Ю. Нешумова

Художественный редактор М. В. Мандрыкина

Макет А. А. Шуваловой

Художественное оформление А. А. Шуваловой

Технические редакторы Е. Ю. Липченко, А. А. Боровикова

Компьютерная вёрстка С. Н. Терентьевой, Г. А. Фетисовой

Корректор Г. И. Мосякина

Дата подписания к использованию 27.10.2023. Формат 70 × 100/16.

Гарнитура «Школьная». Усл. печ. л. 23,22.

Тираж экз. Заказ № .

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».

Российская Федерация, 127473, г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16,
стр. 3, помещение 1Н.

Адрес электронной почты «Горячей линии» — vopros@prosv.ru.