О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов,
Н. С. Пурышева, С. А. Сладков,
В. И. Сивоглазов

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

10

класс



ВЕРТИКАЛЬ

ДРОФА

ФГОС

О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов,
Н. С. Пурышева, С. А. Сладков,
В. И. Сивоглазов

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

10

КЛАСС

Учебник
для общеобразовательных
учреждений

ВЕРТИКАЛЬ

МОСКВА
ДРОФА
2013

ФГОС

УДК 373.167.1:501
ББК 20я72
Е86

Авторы:
О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов,
Н. С. Пурышева, С. А. Сладков, В. И. Сивоглазов

Е86 **Естествознание.** Базовый уровень. 10 кл. : учеб. для общеобразоват. учреждений / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, Н. С. Пурышева, С. А. Сладков, В. И. Сивоглазов. — М. : Дрофа, 2013. — 329, [7] с. : ил.

ISBN 978-5-358-10765-6

Учебник адресован учащимся 10 классов общеобразовательных учреждений и классов гуманитарного, социально-экономического, информационно-технологического профиля.

Новый учебный курс «Естествознание» рассматривает объекты и явления естественного мира в гармонии физики, химии, биологии, астрономии, географии и экологии. Учебник содержит главы «Естествознание и методы познания мира», «Мегамир», «Макромир». В конце каждого параграфа даны результаты его изучения, темы рефератов, задания, позволяющие применить полученные знания. Каждая глава завершается методическими рекомендациями по проведению исследовательских работ. Таким образом, содержание учебника полностью реализует требования ФГОС среднего (полного) общего образования.

УДК 373.167.1:501
ББК 20я72

© Габриелян О. С., Остроумов И. Г., Пурышева Н. С., Сладков С. А., Сивоглазов В. И., 2013
© ООО «Дрофа», 2013

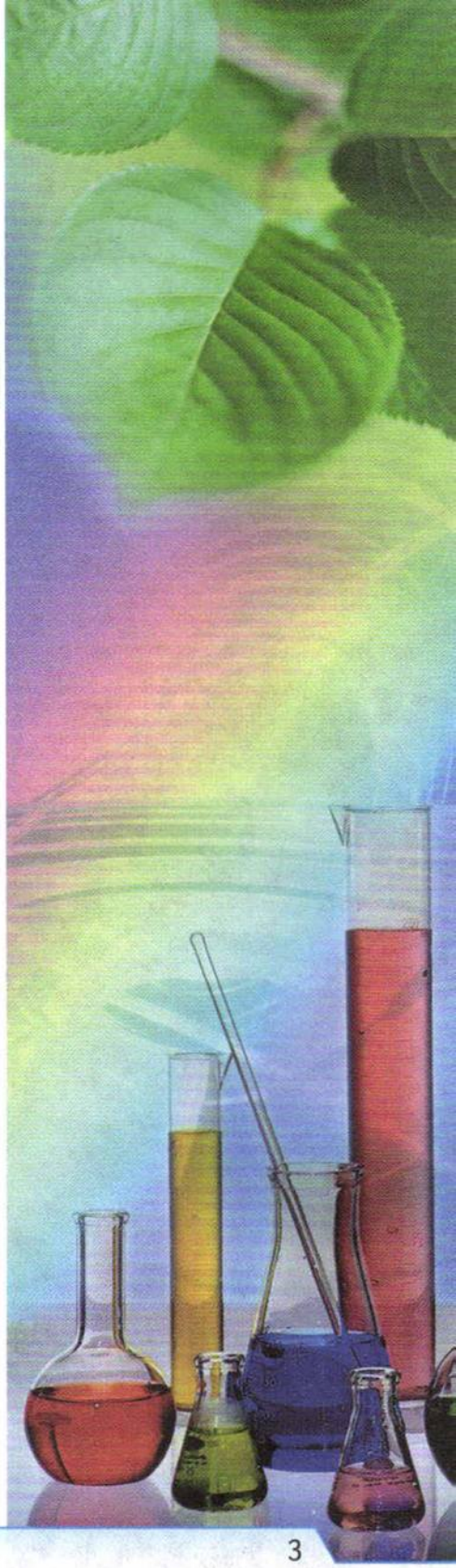
ISBN 978-5-358-10765-6

Дорогие старшеклассники!

Вы начинаете изучать предмет, который называется «Естествознание». С основами естественно-научных знаний вы знакомились в начальной школе, когда изучали предмет «Окружающий мир». Некоторые из вас знакомились даже с курсом «Естествознание» в 5—6 классах. Тогда возникает вопрос: зачем в 10—11 классах опять возвращаться к этому курсу? При изучении отдельных естественно-научных дисциплин — физики, химии, биологии и других — окружающий мир не воспринимается как целое. После знакомства с основами этих наук необходима интеграция (от *лат.* integrum — целое) отдельных дисциплин в целостную систему восприятия живого, красочного, неповторимого, взаимосвязанного мира природы и человека как неотъемлемой части этого мира.

Но изучение законов и теорий химии, физики, астрономии, биологии, географии и экологии будет скучным и бесцветным, если не сопроводить его примерами из литературы, истории, изобразительного искусства. Интеграция естественно-научных и гуманитарных дисциплин даст вам полноценную картину мира, насыщенную красками, чувствами и эмоциями.

Поэтому в учебнике вы будете постоянно обращаться к сокровищам мировой и русской культуры.





Познание естественного мира не будет полноценным, если к этому процессу относиться формально. Необходимо, чтобы ум и сердце «неустанно трудились». Поэтому вам придётся постоянно работать самостоятельно при выполнении заданий к учебным параграфам. А чтобы результат этой работы был эффективным, надо уметь пользоваться разнообразными источниками информации.

«Суха теория, мой друг, а древо жизни пышно зеленеет...», как сказал И.-В. Гёте. Поэтому в учебнике теоретический материал подкрепляется достаточным количеством лабораторных опытов, практических и исследовательских работ, которые помогут вам закрепить понятия, законы и теории на практике.

Государственный образовательный стандарт предусматривает выполнение каждым старшеклассником проекта или исследования. Для совершенствования необходимых в этом случае умений в учебнике предусмотрена глава «Проектные и исследовательские работы».

Желаем вам успехов!

Авторы

глава

1

Естествознание и методы познания мира





§ 1. Естествознание — совокупность научных знаний о природе

1. Перечислите механизмы, которые использовали люди в Древнем мире.
2. Сравните геоцентрическую и гелиоцентрическую системы мира.
3. Назовите имена трёх физиков, биологов, химиков, которые внесли значительный вклад в науку. Укажите, в чём заключается этот вклад.

ЧТО ЗАСТАВИЛО ЛЮДЕЙ ИЗУЧАТЬ ПРИРОДУ. Люди начали изучать природу не только из простого любопытства, но и прежде всего из-за необходимости выживать, продолжать род. Представьте себе жизнь первобытного человека в каменном веке. Он должен был хорошо знать повадки животных, на которых охотился, — повадки и мелких зверьков, и настоящих гигантов — мамонтов, шерстистых носорогов, большерогих оленей, пещерных медведей. В свою очередь первобытному человеку необходимо было самому не стать добычей хищников, обустроить надёжное жилище, защищаться от неблагоприятных природных явлений. Неудивительно, что грозные силы природы породили у наших предков верования в существование души у предметов, объектов и явлений окружающего мира. Именно в те далёкие времена, когда человек начал поклоняться силам природы, появились и магические ритуалы, с помощью которых первобытные люди просили духов об удачной охоте или смене погоды.

ЧТО ЗНАЛИ О ПРИРОДЕ ЛЮДИ КАМЕННОГО ВЕКА. Свои знания о природе люди передавали в рисунках на стенах жилищ — пещер. К эпохе верхнего (позднего) палеолита (до 35 тыс. лет назад) — древнего каменного века относятся изображения более сотни живых существ, в том числе морских животных и насекомых. Некоторые рисунки свидетельствуют о появлении у древних людей первых анатомических представлений. Так, есть рисунки, на которых голова бизона изображена с отходящим от неё позвоночником, а слон — с сердцем в грудной клетке.

Наскальные рисунки выполнялись красками, изготовленными из минерального сырья — глины с примесью оксидов железа (охра), древесного угля, графита, мела, окрашенных минералов (рис. 1). Нетрудно заметить, что уже в те далёкие времена люди использовали практически важные для них свойства веществ: минеральные пигменты имели различные оттенки, не выгорали, прочно удерживались на поверхности камня.



Рис. 1. Изображения животных с их точными пропорциями в пещере Шове (Южная Франция). *Ок. 32 тыс. лет до н. э.*

С наступлением нового каменного века — неолита (от 8 до 2,2 тыс. лет назад) в первобытном обществе возникло сельское хозяйство. Люди стали одомашнивать диких животных, заниматься растениеводством. Естественно, для этого им требовались практические знания о свойствах растений, повадках животных, климатических особенностях территории проживания.

КАК РАСШИРЯЛИСЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЛЮДЕЙ О ПРИРОДЕ В ДРЕВНЕМ МИРЕ. В древних рабовладельческих государствах знания о природе становились всё более глубокими и упорядоченными. Важным обстоятельством стало постепенное отделение естественно-научных представлений от религиозных. Но хотя знания всё ещё облекались в мифологическую форму и сохранялось обожествление некоторых животных и растений, возникли первые классификации растений и животных, представления о строении живого организма и функциях различных органов, медицина (рис. 2), в практических целях использовались простейшие механизмы. К величинам, которые тогда умели достаточно точно измерять, относились лишь длина и угол. Эталоном времени служили сутки, которые в Древнем Египте делили не на 24 часа, а на 12 дневных и 12 ночных. Зависимость земледелия и скотоводства от разливов рек и других периодических природных явлений определила появление календаря. Уже в V в. до н. э. *Эмпедо́кл*



Рис. 2. Ахиллес, перевязывающий рану Патроклу. Роспись на дне чаши. *Ок. 500 г. до н. э.*

(ок. 490 — ок. 430 г. до н. э.) предложил первую формулировку закона сохранения материи — «ничто не может произойти из ничего, и никак не может то, что есть, уничтожиться».

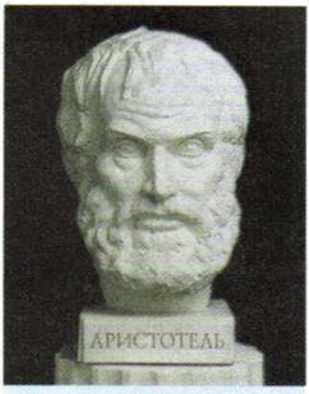


Рис. 3. Бюст Аристотеля в Государственном Дарвиновском музее

Во II тысячелетии до нашей эры в Древнем Египте снаряжались экспедиции в центр Африки, по Красному морю. Миграции населения, войны и торговля расширяли знания людей об окружающих пространствах, вырабатывали навыки ориентирования по солнцу, луне и звёздам. В священных древнеиндийских книгах Ведах целая глава посвящена космологии, в «Махабхарате» можно найти перечень известных жителям Древней Индии океанов, гор, рек. В IX—VIII вв. до н. э. в Древнем Китае при выборе места для постройки крепости составляли карты подходящих участков. В III в. до н. э. появляются сочинения, целиком посвящённые географии, а также компас, первые географические карты.

Представления о мире как о едином целом начали складываться в Древней Греции более трёх тысячелетий назад, в VI—V вв. до н. э. При этом считалось, что существует некая первооснова, единое начало, из которого вытекают биологические, физические, химические и другие природные явления. Так, *Фалéс* (ок. 625 — ок. 547 г. до н. э.) считал первоосновой воду, *Анаксимéн* (ок. 566 — ок. 499 г. до н. э.) — воздух, а в соответствии с представлениями Эмпедокла причиной всех изменений в природе является различное сочетание четырёх стихий: огня, воздуха, воды и земли.

Аристóтель (384—322 г. до н. э.; рис. 3) рассматривал природу как единый живой организм и изучал её с единых позиций. Он ввёл в научный язык термин «физика» и понимал её как науку, которая «имеет дело с таким бытием, которое способно к движению, и с такой сущностью... которая не может существовать отдельно от материи». Кроме того, Аристотель описал более 500 видов различных животных и первым осуществил их классификацию и систематизацию.

В III в. до н. э. в знаменитой Александрийской библиотеке, насчитывавшей около 500 тысяч свитков, хранились и многие труды по химии. В них описывались такие процессы, как прокаливание, возгонка, перегонка, фильтрование и др. Накопленные за много веков знания по химии позволяли сделать обобщения о природе веществ и явлений. Так, греческий философ *Демокрúт* (460—371 г. до н. э.) впервые высказал мысль о том, что все тела состоят из мельчайших невидимых неделимых и вечно движущихся частиц материи — атомов.

К началу новой эры единые представления о природе, целостную систему законов естествознания стали называть натурфилософией.

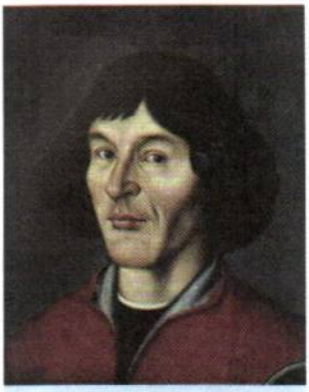


Рис. 4. Николай Коперник. Портрет из Фромборкского замка работы неизвестного художника XVI в.

В Средние века и Новое время натурфилософия разделилась на отдельные науки. Торговля и мореплавание привели к развитию географии, изобретение телескопа — к развитию астрономии, появление физических приборов, позволивших проводить экспериментальные исследования, — к развитию физики.

КАК РАСШИРЯЛИСЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЛЮДЕЙ О ПРИРОДЕ ОТ СРЕДНИХ ВЕКОВ ДО НАШИХ ДНЕЙ. Считают, что первую научную революцию можно датировать 1543 г., когда появилась книга *Н. Копе́рника* (1473—1543; рис. 4) «Об обращениях небесных сфер», в которой он обосновал гелиоцентрическую систему мира. *Г. Галиле́й* (1564—1642) — последователь Коперника — изобрёл телескоп, с помощью которого наблюдал звёздное небо, открыл горы на Луне, пятна на Солнце, обнаружил четыре спутника Юпитера. Началось развитие астрономии — науки о строении и развитии космических тел, образуемых ими систем и Вселенной в целом.

» **Вспомните,** в чём сущность гелиоцентрической системы. Какую систему мира она опровергала?

Развитие физики связано с именами таких выдающихся учёных, как *И. Ньютон* (1643—1727; механика), *Ш.-О. Кулóн* (1736—1806; законы электричества), *Г.-С. Ом* (1787—1854), *М. Фарадéй* (1791—1867), *А.-М. Ампéр* (1775—1836; электродинамика), *Дж.-К. Максвелл* (1831—1879; электромагнетизм). Современные представления о строении атома сформировались в результате работ *Дж.-Д. Тóмсона* (1856—1940), *Э. Резерфóрда* (1871—1937), *Н. Бора* (1885—1962), а сегодняшний взгляд на пространство и время оформился в результате работ *А. Эйнштéйна* (1880—1952).

Биология как наука началась с развития анатомии и физиологии — учений о строении человеческого тела и о его функционировании. В 1543 г. профессором Падуанского университета *А. Везáлием* (1514—1564) была написана книга «О строении человеческого тела». Выводы, которые в ней содержались, можно было проверить и использовать на практике. В 1628 г. в книге английского врача *У. Гарвéя* (1578—1657) «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных» были представлены доказательства того, что артерии и вены являются частями замкнутого круга кровообращения. Гарвей также впервые высказал предположение, что «всё живое происходит из яйца».

Термин «биология» одним из первых ввёл в науку *Ж.-Б. Ламáрк* (1744—1829) — автор теории, в соответствии с которой процесс эволюции представляет собой восхождение от низших форм организмов к высшим под влиянием окружающей среды. Новый этап в развитии биологии наступил после создания эволюционной теории *Ч. Дáрвином* (1809—1882). Эта теория базируется на концепциях наследственной изменчивости и естественного отбора. Развитие идей дарвинизма происходило в результате становления генетики — науки о наследственности и изменчивости организмов, связанной в первую очередь с именами *Г.-И. Мéнделя* (1822—1884), *Т.-Х. Мóргана* (1866—1945), *Н. И. Вавúлова* (1887—1943). В результате синтеза дарвинизма, генетики и экологии сформировалась современная (синтетическая) теория эволюции.

Учение Аристотеля о четырёх стихиях явилось идейной основой для появления алхимии — важного этапа в развитии химии. Целью алхимиков был поиск путей превращения неблагородных металлов в благородные (золото и серебро) с помощью философского камня.



Рис. 5. Алхимическая лаборатория

Философскому камню приписывали также способность возвращать человеку молодость и сохранять здоровье. В поисках философского камня алхимики открыли много новых веществ, разработали способы их очистки, изобрели химические приборы (рис. 5).

Алхимия примером служит
Тому, как плутни с дурью дружат...
Сказал нам Аристотель вещий:
«Неизменяема суть вещи».
Алхимик же в учёном бреде
Выводит золото из меди...

С. Брант

В XVIII в. благодаря работам *А.-Л. Лавуазье́* (1743—1794) и *М. В. Ломоно́сова* (1711—1765), открывших закон сохранения массы веществ, «химия была поставлена с головы на ноги» (Ф. Энгельс). Окончательно как наука химия оформилась в результате деятельности русских учёных: *Д. И. Менделе́ева* (1834—1907), открывшего Периодический закон и создавшего Периодическую систему химических элементов, *А. М. Бу́тлерова* (1828—1886), вместе с немецким химиком *Ф.-А. Ке́куле* (1829—1896) и шотландским учёным *А.-С. Ку́пером* (1831—1892) разработавшего теорию химического строения органических соединений.

Дальнейшее развитие естественных наук привело исследователей к пониманию того, что всестороннее изучение природных явлений, свойств тел или веществ необходимо проводить с привлечением знаний из разных научных областей. Появились пограничные естественно-научные дисциплины: физическая химия, биологическая физика, биологическая химия и т. п.

ПОЧЕМУ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ — ЦЕЛОСТНАЯ НАУКА. Следующий этап развития естественно-научного знания выявил общие, присущие всем природным системам эволюцию (развитие) и синергетику (самоорганизацию, приводящую к возникновению структур различной природы). Это привело не только к интеграции естественно-научных знаний, но и к изменению статуса естествознания. Оно рассматривается как целостная наука, изучающая природу с единых позиций. Естествознание имеет свой предмет исследования — единый естественный мир, отличный от предметов частных естественных наук. Особенностью естествознания является поиск общих закономерностей природных явлений и их объяснение с использованием комплекса знаний и методов всех естественных наук.

Во всех явлениях, происходящих в природе, участвуют объекты окружающего нас материального мира.

Материя — это объективная реальность, существующая независимо от нашего сознания и данная нам в ощущениях непосредственно с помощью органов чувств или с помощью приборов.

Таким образом, естествознание изучает явления, происходящие с объектами материального мира, и свойства этих объектов.

Как учёные получают знания о природе, как наука изучает материальный мир? На этот вопрос вы найдёте ответ в следующем параграфе учебника. →

Вы знаете

- что заставило людей изучать природу
- что знали о природе люди каменного века
- как расширялись представления людей о природе в Древнем мире
- как развивались представления людей о природе от Средних веков до наших дней
- почему естествознание — целостная наука

Вы можете

- объяснить, зачем люди начали изучать природу
- дать краткую характеристику представлений людей о природе от каменного века до наших дней
- доказать, что естествознание — целостная наука

Выполните задания

1. Для наскальных рисунков неандертальцы использовали минеральные вещества, содержащие оксид железа (III), оксид марганца (IV), мел (карбонат кальция), уголь (углерод). Запишите химические формулы этих веществ.
2. Расскажите, к каким классам неорганических соединений относятся перечисленные в предыдущем вопросе вещества. Какое из этих веществ является простым, какие — сложными?
3. Проиллюстрируйте примерами тесное взаимодействие физических, химических и биологических явлений в природных процессах.
4. Приведите известные вам формулировки закона сохранения материи (вещества). Кто авторы этих формулировок? В чём специфика каждой из них?

Темы для рефератов

1. История физики. 2. История биологии. 3. История химии. 4. История астрономии. 5. История географии. 6. Вклад российских учёных в развитие естественных наук.

§ 2. Эмпирический уровень научного познания

1. Назовите имена учёных — физиков, химиков, биологов, астрономов, которые в процессе собственных наблюдений сделали великие открытия в науке.
2. Приведите примеры, когда мечты людей, их наблюдательность и предположения приводили к изобретениям и открытиям.
3. Объясните, какую роль в истории науки играл эксперимент. Приведите примеры законов физики, химии, биологии, которые были открыты с помощью этого метода.

ЧТО ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ НАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ. В изучении природы большое значение имеет научный метод познания. Он включает в себя наблюдение, моделирование — создание модели изучаемого явления, выдвижение гипотезы о законах, управляющих поведением модели, проведение эксперимента, который должен подтвердить или опровергнуть гипотезу.

В науке различают эмпирический и теоретический уровни познания (исследования). В процессе **эмпирического познания** происходит накопление научных фактов путём опытов и экспериментов. **Теоретический уровень** подразумевает осмысление полученных экспериментальных данных, разработку и обоснование гипотез, построение теории. Например, проведение многочисленных опытов по взвешиванию исходных веществ до химической реакции и полученных в результате неё продуктов (эмпирический уровень познания) позволил М. В. Ломоносову в 1748 г. открыть, а французскому физику А. Л. Лавуазье в 1789 г. в общем виде сформулировать закон сохранения массы веществ.

Закон сохранения массы веществ: масса веществ, вступивших в реакцию, равна массе образующихся продуктов.

Ценность конечного результата научного познания определяется его предсказательной силой. Например, на основе сформулированного им Периодического закона Д. И. Менделеев предсказал существование, пути открытия и свойства ещё неизвестных науке химических элементов — галлия, скандия и германия (теоретический уровень познания).

Каждый уровень познания использует свои методы. Так, для получения научных фактов применяют наблюдение и эксперимент, которые являются основными методами эмпирического исследования. При выдвижении гипотез и построении теории используют моделирование и мысленный эксперимент.

НАУЧНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ КАК МЕТОД ЭМПИРИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПОЗНАНИЯ. Наблюдательность — одно из замечательных качеств, присущих многим людям. Настоящий учёный должен в совершенстве владеть методом наблюдения, уметь отмечать общие и индивидуальные черты тех явлений, которые являются предметом его наблюдения. Наблюдение особенно важно при изучении естественных наук, поскольку именно так человек получает основные знания о природе.

Наблюдение — это целенаправленный процесс восприятия объектов действительности для выявления их существенных свойств.

Наблюдение позволяет накапливать информацию об окружающем мире, систематизировать её. Однако самое главное, ради чего проводят наблюдение, — это поиск закономерностей в полученной информации и причин, которые их объясняют.

Наблюдение как метод научного познания будет плодотворным, если наблюдатель очертит себе круг задач, которые станет последовательно выполнять. Сначала нужно определить предмет наблюдения — конкретный объект, его свойства, то или иное изменение, происходящее с ним в зависимости от условий окружающей среды, и т. д. Затем необходимо сформулировать цель наблюдения и составить план действий, которые помогут это наблюдение осуществить.

Результатом наблюдений являются научные факты, составляющие эмпирический базис науки.

Наблюдение может происходить в природных условиях. При этом наблюдатель не вмешивается в естественный ход процесса. А предметом наблюдения могут быть различные природные явления — астрономические (движение небесных тел), биологические (рост, развитие, поведение организмов), химические или физические (радуга, полярное сияние, земной магнетизм).

Наблюдение может быть непосредственным или опосредованным. Опосредованное наблюдение проводится с использованием приборов (например, звёздное небо наблюдают с помощью телескопов, микроорганизмы — с помощью оптических микроскопов, группы атомов и отдельные атомы — с помощью специальных сканирующих микроскопов).

В процессе наблюдения складываются представления о материальном мире, о происходящих в нём явлениях и о свойствах объектов материального мира. Так, изучая изменения признаков растений по цвету горошин, Мендель сформулировал законы, объясняющие механизм наследования (законы Менделя; рис. 6).

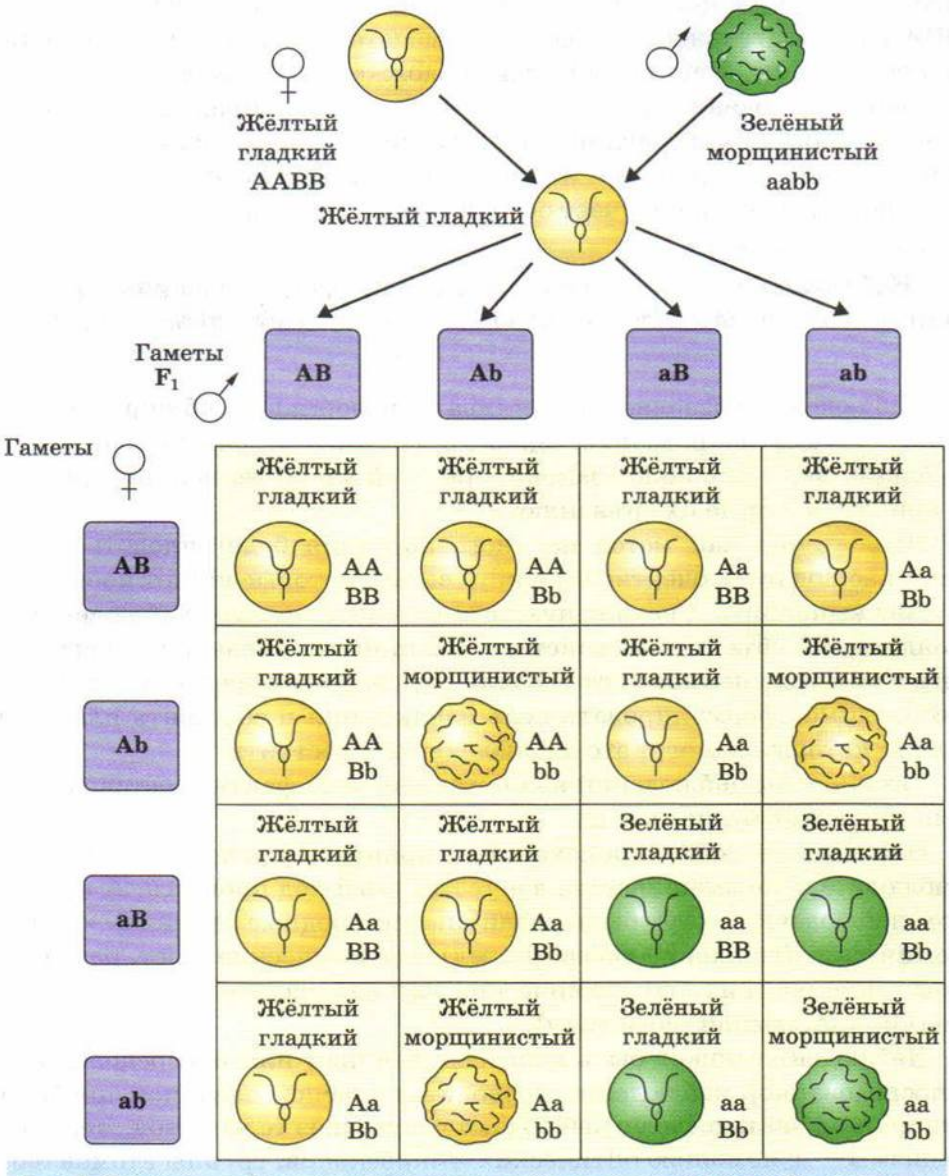


Рис. 6. Эксперимент Менделя с горохом — схема наследования при гибридном скрещивании

Чаще всего научное наблюдение проводится в специально созданных условиях, причём условия эти можно изменять по желанию наблюдателя. Нередко такое наблюдение проводится в специальном помещении — лаборатории.

ГИПОТЕЗА КАК НАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ. Желание объяснить причину наблюдаемого явления, найти закономерности, которым оно подчиняется, побуждает учёных выдвигать гипотезы.

Гипотеза — это предположение о природе явления, о его причинах или о законах, по которым оно происходит.

В переводе с греческого «гипотеза» означает «предположение». Для проверки гипотезы исследователь проводит эксперимент. Если эксперимент подтверждает гипотезу, то она принимается, если нет — она считается ложной и отбрасывается. В этом случае эксперимент является критерием истинности исходного знания.

Примером такого эксперимента могут служить опыты, доказавшие неправомерность представлений о мировом эфире. Гипотеза о существовании особой всепроникающей среды, заполняющей пустоты между атомами и ответственной за распространение света, появилась ещё в античные времена и была сформулирована в 1618 г. *Р. Декáртом* (1596—1650). В дальнейшем она совершенствовалась, достигнув своего апогея к концу XIX в. Тогда предполагали, что эфир увлекается движущимися телами. Например, при движении Земли сквозь эфир возникает эфирный ветер. Если это так, то скорость света должна зависеть от скорости движения Земли и направления распространения света. Результаты опытов американских физиков *А.-А. Майкельсона* (1852—1931) и *Э.-У. Мóрли* (1839—1923) в 1887 г. показали, что скорость света от этих факторов не зависит. Так, эксперимент учёных, изначально ставившийся с целью подтвердить гипотезу о существовании мирового эфира, опроверг её.

ЭКСПЕРИМЕНТ КАК МЕТОД ЭМПИРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ. Другим методом эмпирического уровня познания является эксперимент.

Эксперимент — это метод познания, который используется для исследования объектов и явлений в специально созданных для этого условиях.

В переводе с латинского «эксперимент» означает «опыт, проба». С помощью эксперимента можно подтвердить или опровергнуть ту гипотезу, которая выдвигалась до наблюдения или родилась в результате него. Так формулируется вывод.



Рис. 7. Андре Мари Ампер

Эксперимент отличается от наблюдения вмешательством в исследуемый процесс, воздействием на него, при этом наблюдение может являться частью эксперимента.

В зависимости от поставленных задач эксперимент может быть исследовательским или проверочным.

Целью исследовательского эксперимента является выявление различных закономерностей, свойств объектов, зависимостей между величинами, открытие законов. Такими были опыты Кулона с крутильными весами (итог: открытие закона взаимодействия покоящихся электрических зарядов), Ома, установившего зависимость между силой тока, напряжением и сопротивлением проводника. Эксперименты *Н. Н. Бекéтова* (1827—1911) по вытеснению одних металлов другими из растворов солей тоже являлись исследовательскими. Итогом этих экспериментов стало определение вытеснительного ряда металлов — ряда активности металлов.

Среди исследовательских экспериментов особое место занимают фундаментальные эксперименты, благодаря которым появлялись новые теории, объясняющие новый класс явлений. К фундаментальным экспериментам относятся опыты Ампера (рис. 7) по взаимодействию проводников с током, опыт *Х.-К. Эрстéда* (1777—1851) по взаимодействию проводника с током и магнитной стрелки, опыты Фарадея по электромагнитной индукции, послужившие эмпирической основой электродинамики и положившие начало становлению электродинамики как физической теории.

В настоящее время открытия в астрономии немыслимы без использования телескопов, в биологии — без микроскопов, в физике — без мощных ускорителей. В последние годы исследовательские лаборатории функционируют на космических кораблях, подводных лодках, различных научных станциях (например, на Северном и Южном полюсах Земли).

Таким образом, эксперимент является источником знаний и критерием их истинности.

А великий *Леонáрдо да Ви́нчи* (1452—1519) говорил, что науки, которые не родились из эксперимента, этой основы всех познаний, бесполезны и полны заблуждений.

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

А. Пушкин

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК НАУЧНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ. Кроме наблюдения, эксперимента, гипотезы в познании окружающего мира ещё большую роль играет моделирование.

Мы уже говорили, что одна из главных целей наблюдения — поиск закономерностей в результате экспериментов. Однако некоторые наблюдения неудобно или невозможно проводить непосредственно в природе. Естественную среду воссоздают в лабораторных условиях с помощью особых приборов, установок, предметов — т. е. моделей. В моделях копируются только самые важные признаки и свойства объекта и опускаются не существенные для изучения детали.

Моделирование — это метод научного познания, при котором создаются и исследуются модели реальных объектов.

Каждая естественная наука использует свои модели, которые помогают зримо представить себе реальное природное явление или объект.

Самая известная географическая модель — это глобус (рис. 8*а*).

При изучении биологии также широко используются модели. Достаточно упомянуть, например, модели и биологические муляжи основных частей цветка, органов человека (рис. 9), скелетов животных и т. д.

Моделирование в физике используется особенно широко (рис. 8*б*). На уроках по этому предмету вы уже знакомились с самыми разными моделями, которые помогали вам изучать электрические и магнитные явления, закономерности движения тел, оптические явления.

Не менее важно моделирование и в химии. Модели атомов, молекул, кристаллов, установок и аппаратов химических производств химики используют для большей наглядности. Для моделирования молекул химических веществ используют шаростержневые или объёмные модели. Их собирают из шариков, символизирующих отдельные атомы. В шаростержневых моделях «атомы»-шарики расположены друг от друга на некотором расстоянии и скреплены между собой стерженьками. Объёмные модели более точно передают соотношение между размерами атомов и расстоянием между ними в молекуле. Шаростержневая и объёмная модели молекул газа метана


а

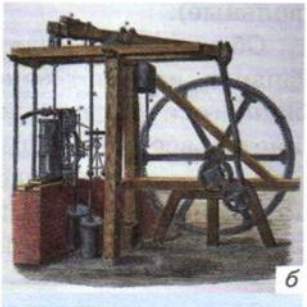

б

Рис. 8. Географическая модель — глобус (*а*); физическая модель — паровая машина Дж. Уатта (*б*)

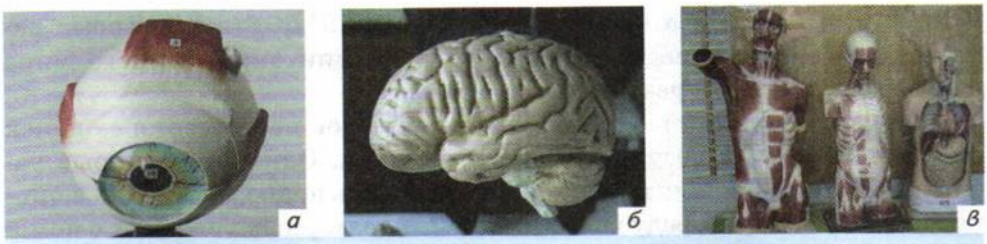


Рис. 9. Биологические модели: глаза (*а*), головного мозга (*б*), скелетно-мышечной системы и внутренних органов (*в*)

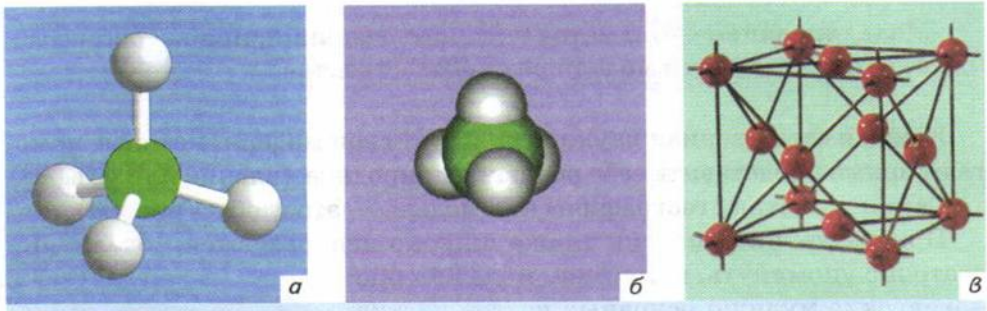


Рис. 10. Химические модели: шаростержневая (*а*) и объёмная (*б*) модели молекулы метана; модель кристалла меди (*в*)

CH_4, который представляет собой основной компонент природного и бытового газа, показаны на рисунке 10*а*, *б*. Модели кристаллов напоминают шаростержневые модели молекул, однако изображают не отдельные молекулы вещества, а показывают взаимное расположение частиц вещества в кристаллическом состоянии (рис. 10*в*).

Помимо материальных моделей, которые можно рассмотреть, взять в руки или потрогать, существуют модели условные и знаковые (символьные).

Об условной модели можно говорить, например, когда в той же физике изучают законы движения, подразумевая в качестве движущегося объекта материальную точку. «Беспрекословно» подчиняется всем газовым законам единственный газ, который в реальной жизни не существует, — это модель идеального газа. К знаковым (символьным) моделям относятся знаки химических элементов, математические выражения законов, математические уравнения и уравнения химических реакций, физические формулы и иные графические отображения реально существующих объектов окружающего мира.

Однако символьные модели скорее относятся к другому уровню научного познания — теоретическому, о котором пойдёт речь в следующем параграфе. →

Вы знаете

- что включает в себя научный метод познания
- метод эмпирического уровня познания
- научный метод познания
- метод эмпирического исследования
- научный метод исследования

Вы можете

- определить, что включает в себя эмпирический уровень научного познания
- назвать имена учёных и законы, которые они открыли с помощью таких методов исследования, как наблюдение, эксперимент
- объяснить, для чего выдвигаются гипотезы и зачем применяют метод моделирования в химии, физике, биологии, географии

Выполните задания

1. Приведите пример из вашей жизни, когда на основании наблюдений вы приходили к какому-либо выводу. Доводилось ли вам проводить какие-либо естественно-научные эксперименты дома, на садовом участке и т. д.?
2. Назовите фундаментальные эксперименты XIX — начала XX в., которые заложили основу теории сложного строения атома. Какие теории строения атома вы знаете из курса основной школы?
3. Сформулируйте, в чём состоит сущность естественно-научной теории витализма, господствовавшей в науке вплоть до середины XIX в.? Открытия каких учёных-химиков привели к краху теории витализма, в чём заключалась идея их опытов? Для ответа на эти вопросы используйте возможности Интернета.
4. Изготовьте из пластилина шаростержневые и объёмные модели молекул водорода, воды, аммиака и метана. Какие характеристики молекул они отражают? Как состав этих веществ можно зафиксировать с помощью знаковых моделей?

Темы для рефератов

1. Крах естественно-научной теории витализма. 2. Гипотеза о роли естественно-научных знаний в моей будущей профессиональной деятельности. 3. Опыт Майкельсона—Нерли и его роль в формировании физической картины мира.

§ 3. Теоретический уровень научного познания

1. Проведите исторический экскурс — расскажите о развитии математики в древних Вавилоне, Александрии, Индии, Персии, Средней Азии. Докажите, что истоки математического моделирования — именно там.
2. Назовите наиболее известные примеры различных моделей — астрономических, географических, физических, химических — из истории этих наук.

Как вы узнали из предыдущего параграфа, на эмпирическом уровне познания после накопления экспериментальных фактов выдвигается гипотеза, которая проверяется с помощью эксперимента.

На теоретическом уровне познания происходит осмысление экспериментальных данных, разработка и обоснование гипотез, построение теории. В этом случае учёный строит идеальную модель объекта или явления, выдвигает гипотезу, выполняет теоретическое исследование модели (мысленный эксперимент с моделью) и проводит реальный эксперимент для подтверждения справедливости гипотезы и правильности построенной модели.

Идеальная модель — это мысленно представляемая система, которая отражает особенности и свойства реального объекта, явления или процесса и изучение которой даёт новую информацию об этом объекте.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ТЕОРЕТИЧЕСКОМ УРОВНЕ ПОЗНАНИЯ. Основными методами познания на теоретическом уровне являются моделирование и мысленный эксперимент.

В основе всех физических теорий и законов лежат идеальные модели объектов. Например, классическая механика Ньютона построена для модели «материальная точка».

Законы изменения параметров состояния газа (давления, объёма и температуры) записаны для модели «идеальный газ», т. е. для такого газа, размерами молекул которого и их взаимодействием можно пренебречь.

>> **Напомним,** что материальная точка — это тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи.

В процессе накопления знаний и совершенствования эксперимен-

тальной базы происходит усложнение моделей. Например, если сначала было записано уравнение, связывающее параметры состояния идеального газа, то позже в это уравнение ввели поправки, учитывающие размеры молекул и их взаимодействие, и пришли к уравнению, описывающему поведение более сложной модели — «реальный газ».

Развитие представлений о строении атома также связано с усложнением моделей. Первым в 1903 г. предложил свою модель атома Дж.-Д. Тóмсон, который представлял атом в виде шара с равномерно распределённым по всему объёму положительным зарядом и находившимися внутри него отрицательно заряженными электронами (рис. 11*а*). Эта модель объясняла известные в то время явления проводимости и электризации.

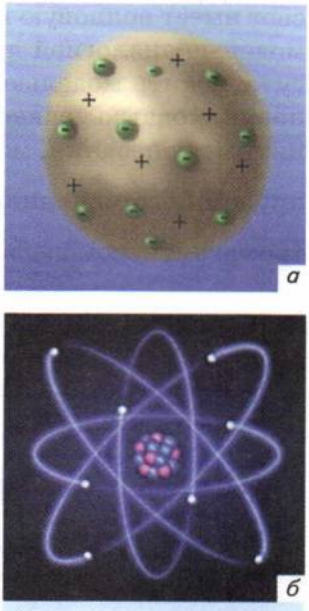


Рис. 11. Модели атомов:
а — Томсона;
б — Резерфорда

После того как Э. Резерфорд провёл опыты по облучению α-частицами тонкой металлической фольги, в 1911 г. он создал более сложную модель атома, названную планетарной. В этой модели в центре атома находится положительно заряженное ядро, а вокруг него вращаются отрицательно заряженные электроны (рис. 11*б*). Но эта модель, объясняя ряд электрических явлений, не позволяла понять причину устойчивости атома. Ведь при движении заряженные частицы — электроны — должны излучать энергию и рано или поздно упасть на ядро. В этом случае атом распался бы. Однако ничего подобного не происходит.

Модель Резерфорда была усовершенствована датским физиком Н. Бором. В соответствии с моделью Бора электроны, находясь в атоме на стационарных орбитах, не излучают и не поглощают энергию. Энергия электрона меняется при переходе с одной орбиты на другую. С помощью такой модели стало возможно объяснить устойчивость атомов.

На примере создания моделей атома мы видим, что эксперименты показывают ограниченность той или иной идеальной модели, но в результате их модель развивается и совершенствуется.

В ряде случаев для изучения природы объектов или процессов используют модели-аналогии. Аналогия позволяет на основе установленного сходства одних свойств объектов делать выводы о сходстве других их свойств. Например, нидерландский учёный *Х. Гюйгенс* (1629—1695), выявив общие свойства звука и света, такие как отражение, преломление, интерференция, дифракция, пришёл к выводу, что

свет имеет волновую природу. В этом случае звуковые волны служили моделью-аналогией для световых волн. Механические колебания могут служить моделью-аналогией электромагнитных колебаний. Установив сходство уравнений, описывающих механические и электромагнитные колебания, можно по аналогии с формулой периода колебаний пружинного маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ — записать формулу периода электромагнитных колебаний: $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

МЫСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ. Теоретическое исследование модели позволяет переходить от реальных объектов и процессов к идеальным моделям, действие с которыми позволяет получить результаты, применимые к реальным объектам.

Мысленный эксперимент — это познавательный процесс, воссоздающий ситуацию реального эксперимента и осуществляемый с помощью идеальной модели.

Впервые термин «мысленный эксперимент» ввёл в науку *Э. Мах* (1836—1916), австрийский физик и философ. Он говорил, что каждый человек может мысленно создать ту или иную ситуацию, выполнить определённые умственные действия и получить результат, который будет соответствовать результату в реальной жизни.

В эпоху Античности учёные придерживались мнения, что не реальные эксперименты, а именно мысленные являются единственно верными методами познания окружающего мира. Например, *Геро́н Александри́йский* (I в. до н. э. или I в.) описал много различных изобретённых им паровых и водяных устройств и автоматов — пневматические двери, пожарный насос, водяной орга́н, термоскоп, сифон, прообраз паровой турбины и т. п. (рис. 12). Но всё это он только описал, ничего не сделав на практике.

Г. Галилей применял мысленное экспериментирование как метод естественно-научного познания при изучении законов движения. Изучая свободное падение, Галилей описал следующий мысленный эксперимент. Предположим, что у нас есть пушечное ядро и мушкетная пуля. Если считать, что тяжёлые тела падают быстрее лёгких, то ядро должно падать с большей скоростью, а мушкетная пуля — с меньшей. При падении соединённых вместе пули и ядра более тяжёлое тело должно ускорять менее тяжёлое, а менее тяжёлое замедлять более тяжёлое. Получается, что у нового тела скорость должна равняться среднему арифметическому скоростей ядра и пули и новое тело должно падать со скоростью меньшей, чем скорость одной из его составных частей. Таким образом, возникает противоречие, из которого можно сделать вывод, что все тела падают с одинаковой скоростью.

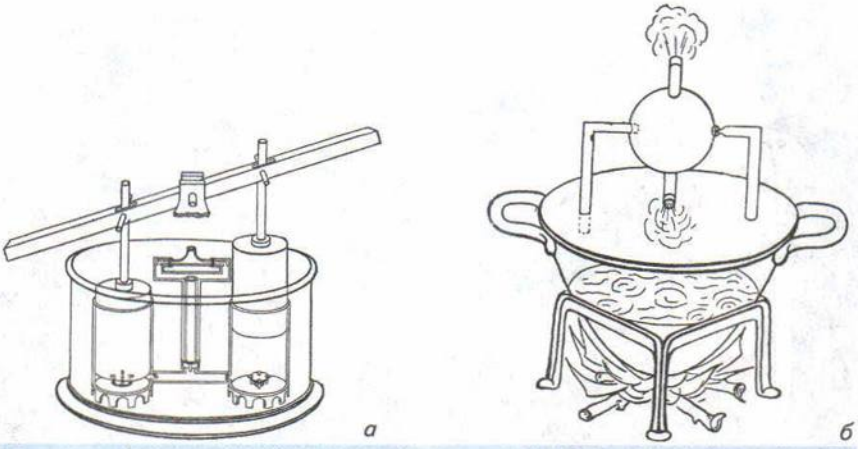


Рис. 12. Пожарный насос (*а*), паровая машина (*б*) Герона Александрийского (реконструкция)

В современной науке мысленный эксперимент используется при изучении явлений, происходящих с микрообъектами, недоступными непосредственному наблюдению.

А. Эйнштейн при разработке теории относительности прибегал только к мысленным экспериментам, поскольку реальные в то время провести было невозможно. Хорошо известны парадоксы теории относительности, разрешение которых осуществляется с помощью мысленного эксперимента. К таким парадоксам относится, например, «парадокс близнецов» (рис. 13). Представим, что живут два брата-близнеца — Ваня и Петя. Ваня отправляется в далёкое космическое путешествие на корабле, способном развивать скорость, близкую к скорости света. Петя остаётся дома. Существует так называемый эффект замедления времени, т. е. по отношению к наблюдателю, находящемуся на Земле, время на космическом корабле течёт медленнее, чем на Земле. Поэтому Ваня, вернувшись на Землю, должен увидеть, что Петя состарился сильнее, чем он. С точки зрения Вани, та система отсчёта («космический корабль»), в которой находится он, неподвижна, для него движется Петя. Поэтому постареть сильнее должен Ваня. На самом деле старше станет действительно Петя, поскольку системы отсчёта «Земля» и «космический корабль» нельзя считать равноправными. Космический корабль не является инерциальной системой отсчёта: он то ускоряется, то замедляется, то меняет направление движения.

Рассмотрим в качестве примера следующий мысленный эксперимент, который вы проводили на уроках физики при изучении гидростатического давления. Пусть в некоем сосуде находится жидкость плотностью ρ, высота столба жидкости — h. Необходимо получить формулу для расчёта давления жидкости на дно сосуда, площадь кото-

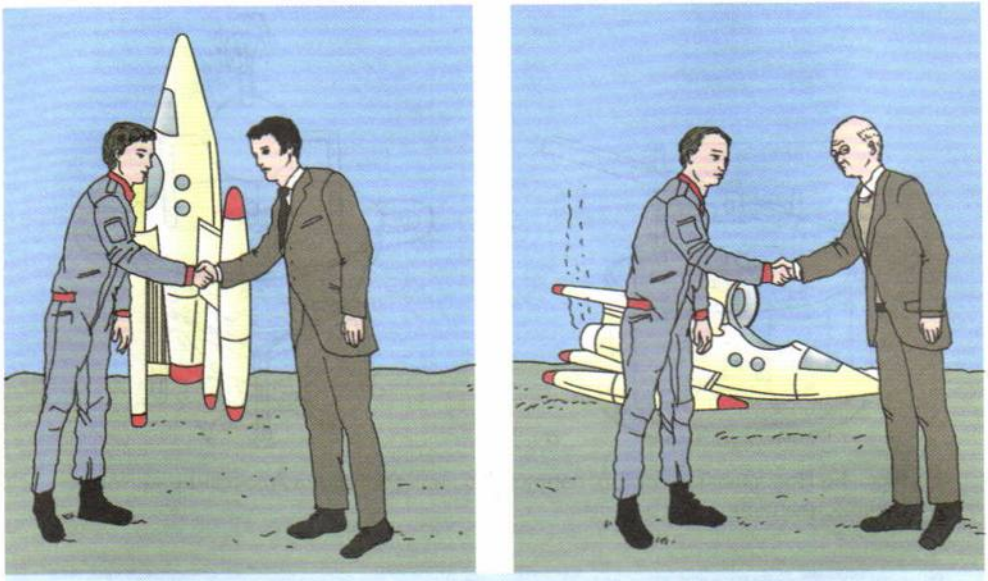


Рис. 13. «Парадокс близнецов»: космонавт, вернувшийся на Землю, моложе своего брата-близнеца, остававшегося дома

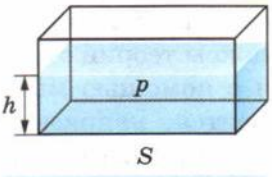


Рис. 14. Ёмкость для мысленного эксперимента по расчёту давления жидкости на дно сосуда

рого S. Для этого путём мысленного эксперимента установим зависимость давления жидкости на дно сосуда от высоты её столба и от её плотности. Построим модель объекта при условии, что жидкость несжимаема (т. е. её плотность не зависит от высоты столба и является постоянной величиной) и что на столь малой высоте, как высота столба жидкости, ускорение свободного падения не изменяется. Для удобства вычислений возьмём ёмкость правильной формы в виде прямоугольного параллелепипеда (рис. 14).

Действия, которые мы совершили при моделировании, называются абстрагированием. Мы абстрагировались, отвлеклись от несущественных свойств объекта исследования, т. е. не будем их учитывать при анализе модели.

Далее выведем формулу: давление p по определению равно $p = \frac{F}{S}$, где F — вес жидкости, S — площадь дна сосуда. Вес покоящейся жидкости равен: $F = mg$; масса жидкости равна: $m = \rho V$, где V — объём жидкости, а ρ — плотность. Откуда $F = \rho V g$. Подставив это выражение в формулу давления, получаем: $p = \frac{\rho V g}{S} = \rho g h$.

Таким образом, мы построили идеальную модель реального объекта, определили идеализированные условия функционирования моде-

ли, применили известные в науке зависимости между величинами и получили искомый результат.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. В современных научных исследованиях всё шире применяют математическое моделирование, характер и роль которого менялись по мере развития математики.

Математическое моделирование — это замена исходного объекта его математической моделью и дальнейшее изучение её с помощью математических методов, в том числе с использованием компьютера.

Математическое моделирование стали использовать ещё в Древнем мире, сначала в физике и астрономии. Тогда появились понятия числа и фигуры, являющиеся знаковыми моделями реальных объектов. В дальнейшем с развитием математики математические модели применялись при описании эмпирически установленных зависимостей.

В XVII в. благодаря работам Ньютона и появлению дифференциального и интегрального исчисления стало возможным строить более сложные математические модели.

Автор «Всеобщей географии» (1650) нидерландец *Б. Варе́ниус* (1622—1650?) впервые выделил в системе знаний о Земле географию как науку, построенную на основе законов математики и физики, в противовес представлению о географии как об описательной науке. С этого времени математика стала применяться не только для измерений, но и для выведения формул, отражающих процессы взаимодействия между разными природными телами.

Сторонником внедрения математического моделирования в физическую географию и геологию был и Ломоносов (рис. 15), применив его для количественной оценки атмосферных явлений. В XIX в. широкое применение получили физико-математические методы изучения климата и магнитного поля Земли, образования и развития земной материи.



Рис. 15. Л. С. Миропольский. Портрет Михаила Васильевича Ломоносова. *1787 г.*

До XIX в. математическое моделирование заключалось в создании математического описания процессов, происходящих в природе, в виде формул и уравнений, которые использовались для выполнения необходимых расчётов.

В XIX в. математические модели, построенные на основе представлений о характере

и свойствах физических явлений, начали использоваться для получения выводов. Так, в середине XIX в. Максвелл, изучая электромагнитные явления, разработал теорию, объясняющую эти явления. Рассматривая электромагнитное взаимодействие, он ввёл геометрическую модель сил в виде силовых линий электрического поля. Математика позволила ему предсказать радиоволны и их свойства, построить теорию электромагнитного поля.

Роль математики и математического моделирования ещё больше возрастает в современной физике (в теории относительности, квантовой механике, физике элементарных частиц). Это связано с тем, что современная физика имеет дело с объектами, не доступными для непосредственного наблюдения и делающими невозможным построение наглядной модели. Поэтому без применения математики невозможно глубокое понимание свойств, характерных для объектов микромира.

Широкое применение в настоящее время математика находит и в химии. Классические модели химических процессов — это уравнения реакций. Современная квантовая механика — яркий пример применения современной математики в химии, так как она позволяет объяснить природу атомов химических элементов и предсказать поведение образованных ими веществ в химических реакциях.

В физике и химии математическое моделирование применяется уже давно, теперь же оно широко используется и в биологии, геологии, экологии, географии. Например, при исследованиях динамики популяций, при мониторинге состояния окружающей среды, моделировании экосистем, геоклиматическом прогнозировании, прогнозировании природных катаклизмов (землетрясений, цунами и т. п.) и изменений геологического состояния окружающей среды.

Таким образом, математическое моделирование при исследовании физических, биологических, химических, географических и других объектов и явлений природы предполагает следующее: выделение общих понятий; создание моделей и исследование их с помощью точных методов; выявление фундаментальных принципов, лежащих в основе изучаемых систем.

Процесс научного познания предполагает, что человек должен свободно владеть терминологией, которая является языком науки. Вот об этом и пойдёт речь в следующем параграфе. →

Вы знаете

- метод моделирования
- метод мысленного эксперимента
- метод математического моделирования

Вы можете

- определить, что происходит на теоретическом уровне научного познания
- обосновать значимость мысленного эксперимента для развития науки и назвать имена учёных, применявших его как метод научного познания
- привести примеры математического моделирования в физике, химии, биологии, географии

Выполните задания

1. Сравните эмпирический и теоретический уровень познания.
2. Приведите примеры идеальных моделей.
3. Вспомните из курса химии, что такое изотопы, запишите символы природных изотопов водорода и кислорода, составьте формулы воды, образованной каждым из изотопов водорода и кислорода. Сможете ли вы предложить математическую формулу для расчёта числа возможных вариантов молекул, зная число изотопов каждого элемента?
4. Прочтите притчу Ф. Кривина «Ньютоново яблоко»:

   «— Послушайте, Ньютон, как вы сделали это своё открытие, о котором теперь столько разговору?

   — Сам не знаю как... Просто стукнуло в голову...

   — Яблоко стукнуло? А ведь признайтесь, это яблоко было из моего сада...

   Они стояли каждый в своём дворе и переговаривались через забор, по-соседски <...>.

   На другой день, когда Ньютон пришёл на своё излюбленное место, ветка была спилена. За забором под своей яблоней сидел сосед.

   — Отдыхаете? — кивнул соседу Ньютон.

   — Угу...

   Так сидели они каждый день — Ньютон и сосед за забором. Ветки не было, солнце обжигало Ньютону голову, и ему ничего не оставалось, как заняться изучением световых явлений».

   Объясните, о каких открытиях Ньютона говорится в притче, какое из них имеет характер эмпирического обобщения, а какое — математического моделирования.
5. «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания истины...» (В. И. Ленин). Проиллюстрируйте эту модель познания примерами из различных областей естественных наук — физики, химии, биологии, экологии, астрономии, физической географии.

Темы для рефератов

1. Сравнительный анализ эмпирического и теоретического уровня познания. 2. Совершенствование математического моделирования в результате развития вычислительной техники. 3. Мысленный эксперимент и математическое моделирование у древнегреческих инженеров и астрономов Древнего Востока.

§ 4. Язык естествознания

1. Вспомните мифологических богов и героев, чьи имена носят звёзды и планеты, фамилии выдающихся учёных, в честь которых были названы химические элементы, физические величины, растения.
2. Обоснуйте, для чего врачам, фармацевтам, биологам, химикам, физикам нужна своя терминология.
3. Докажите, что язык науки вам уже знаком, и приведите примеры терминов из биологии, химии, физики, русского языка, географии, литературы.

ЯЗЫК НАУКИ — СПОСОБ ОБМЕНА ЗНАНИЯМИ. В процессе научного познания складывается особая терминология — язык науки. Несомненно, он необходим для информационного обмена, взаимодействия специалистов различных стран, для определения и обозначения изучаемых объектов, явлений, величин. При этом нужно корректно использовать естественно-научную терминологию, чтобы не демонстрировать свою безграмотность и некомпетентность (рис. 16). Это такое же естественное требование, как соблюдение норм и правил правописания в любом тексте независимо от того, художественное это произведение, резюме, бизнес-план или приказ по организации.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ И ЕЁ ОСОБЕННОСТИ. Терминологический аппарат естествознания — это сочетание языков отдельных естественно-научных дисциплин. Система научных обозначений в биологии называется биноминальной или бинарной номенклатурой. Она используется в ботанике, зоологии, микологии (науке о грибах) и микробиологии (науке о микроорганизмах) в первую очередь для обозначения групп организмов, связанных той или иной степенью родства, — таксонов.

Биологический термин представляет собой двухсловное название — биномен на латинском языке: имя рода и имя вида (согласно терминологии, принятой в зоологической номенклатуре; например: *Homo sapiens*, или *Человек разумный*) либо имя рода и видовой эпитет (согласно ботанической терминологии; например: *Ranunculus acer*, или *Лютик едкий*).

Имя рода всегда пишется с большой буквы, имя вида (видовой эпитет) — всегда с маленькой (даже если происходит от имени собственного). В тексте бинарное название, как правило, пишется курсивом. Например, в научных кругах замечательную бабочку махаон (рис. 17*а*) называют *Papilio machaon*, а шиповник (рис. 17*б*) — *Rosa canina* (Шиповник собачий).

Воспользуемся возможностью повторить основные систематические группы — таксоны, принятые в биологии, а также приведём принятые в этой науке латинские названия соответствующих таксонов на примере бурого медведя, которого нередко считают символом России.





Рис. 16. Химические ляпы на вывесках и этикетках товаров

Царство:	Животные	*Animalia*
Тип:	Хордовые	*Chordata*
Класс:	Млекопитающие	*Mammalia*
Отряд:	Хищные	*Carnivora*
Семейство:	Медвежьи	*Ursidae*
Род:	Медведи	*Ursus*
Вид:	Бурый медведь	*Ursus arctos*

Основу не только биологической номенклатуры, но и медицинской терминологии (анатомической, фармацевтической и др.) составляют латинские названия, которые пишутся и подчиняются правилам латинской грамматики. Однако для каждой отдельной отрасли медицин-


а


б

Рис. 17. Примеры биноминальной биологической номенклатуры: *а* — *Papilio machaon* — Бабочка махаон; *б* — *Rosa canina* — Шиповник собачий

ской науки, например анатомии, существуют свои номенклатуры. За анатомической номенклатурой строго следят созданные во многих странах национальные комитеты. Начало анатомической номенклатуре было положено в 1895 г. в Базеле, когда собравшиеся там из разных стран анатомы из более чем 50 000 неупорядоченных названий сумели выбрать для употребления 5600. В 1905 г. на IV конгрессе анатомов в Париже были утверждены 5640 терминов, которыми надлежало пользоваться медицинским работникам всего мира.

ТЕРМИНОЛОГИЯ В ХИМИИ И ЕЁ ОСОБЕННОСТИ. Латинские корни, равно как и греческие, лежат в основе названий химических элементов и химических веществ.

В названиях одних химических элементов отражены их важнейшие свойства. Например, водород Hydrogenium означает рождающий воду; кислород Oxygenium — рождающий кислоты; фосфор Phosphorus — несущий свет.

Другие элементы названы в честь небесных тел или планет Солнечной системы: селен (Selena — Луна), теллур (Telluris — Земля), уран (Uranius — Уран) и др.

Названия некоторых элементов заимствованы из древнегреческой мифологии: тантал, прометий, титан (это имена царей, героев, богов).

Отдельные элементы названы в честь учёных: менделевий, кюрий, эйнштейний, резерфордий и др.

И наконец, часть названий элементов имеют географические корни: рутений (Ruthenia — латинское название России), лютеций (Lutecia — латинское название Парижа), франций, германий и т. д.

Названия химических соединений образуются в соответствии с международной номенклатурой, основы которой вы изучали в курсе химии.

Вот схема, по которой образуются названия оксидов:

слово «оксид» + название элемента в родительном падеже (+ степень окисления, если она переменная).

Например: оксид натрия — Na_2O, оксид алюминия — Al_2O_3, оксид фосфора (V) — P_2O_5. Очевидно, вы заметили, что химия говорит названиями веществ, а пишет — формулами. Это тоже язык химии, только язык формул и химических уравнений.

Названия оснований образуются следующим способом:

слово «гидроксид» + название металла в родительном падеже (+ степень окисления или заряд иона металла, если они переменные).

Например: гидроксид натрия — NaOH, гидроксид железа (II) — $Fe(OH)_2$, гидроксид железа (III) — $Fe(OH)_3$.

Названия неорганических веществ, относящихся к классу солей, образуются из двух слов:

латинское название аниона кислотного остатка + название катиона в родительном падеже (+степень окисления или заряд иона металла, если они переменные).

Например: хлорид натрия — NaCl, карбонат кальция — $CaCO_3$, сульфат железа (II) — $FeSO_4$, сульфат железа (III) — $Fe_2(SO_4)_3$.

СИСТЕМА ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. Многие понятия — термины естественно-научных дисциплин кроме качественной стороны (содержание, смысл понятия) характеризуются и количественно — через систему единиц, прежде всего физических. На XI Генеральной конференции по мерам и весам (Париж, 1960) учёные пришли к соглашению об использовании единой системы единиц измерения физических величин, и тогда же она была принята. Как вы знаете, Международная система единиц носит сокращённое название — СИ (SI, *англ.* International System; *фр.* Le Systeme International d'Unités — Система Интернациональная). Некоторые последующие конференции внесли в СИ ряд изменений. Так, XIV Генеральная конференция 1971 г. внесла в СИ, в частности, единицу количества вещества — моль. Большинство стран мира приняли систему СИ в качестве основной, исключение пока составляют три государства — США, Либерия и Мьянма.

В СИ выбраны семь основных единиц (табл. 1) физических величин, остальные являются производными.

Основные единицы — это единицы, которые имеют независимую размерность, т. е. ни одна из основных единиц не может быть получена из других (к ним относятся килограмм, метр, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела).

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В СИ

Величина	Название единицы измерения		Обозначение единицы измерения	
	русское	международное	русское	международное
Длина	метр	metre (meter)	м	m
Масса	килограмм	kilogram	кг	kg
Время	секунда	second	с	s

Окончание табл. 1

Величина	Название единицы измерения		Обозначение единицы измерения	
	русское	международное	русское	международное
Сила тока	ампер	ampere	А	A
Термодинамическая температура	кельвин	kelvin	К	K
Сила света	кандела	candela	кд	cd
Количество вещества	моль	mole	моль	mol

Производные единицы (табл. 2) — это единицы, которые получаются из основных с помощью их умножения и деления.

Таблица 2

НЕКОТОРЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В СИ

Величина	Название единицы измерения		Обозначение единицы измерения		Выражение
	русское	международное	русское	международное	
Температура по шкале Цельсия	градус Цельсия	degree Celsius	°С	°C	К
Частота	герц	hertz	Гц	Hz	$с^{-1}$
Сила	ньютон	newton	Н	N	$кг \cdot м \cdot с^{-2}$
Энергия	джоуль	joule	Дж	J	$Н \cdot м = кг \cdot м^2 \cdot с^{-2}$
Мощность	ватт	watt	Вт	W	$Дж/с = кг \cdot м^2 \cdot с^{-3}$
Давление	паскаль	pascal	Па	Pa	$Н/м^2 = кг \cdot м^{-1} \cdot с^{-2}$
Электрический заряд	кулон	coulomb	Кл	C	$А \cdot с$
Разность потенциалов	вольт	volt	В	V	$Дж/Кл = кг \cdot м^2 \cdot с^{-3} \cdot А^{-1}$
Сопротивление	ом	ohm	Ом	Ω	$В/А = кг \cdot м^2 \cdot с^{-3} \cdot А^{-2}$

СИ определяет также набор приставок. Приставки (табл. 3) используют перед названиями единиц. Они означают, что единицу нужно уменьшить или увеличить на несколько порядков, т. е. в 10, 100, 1000 и т. д. раз.

Таблица 3

ПРИСТАВКИ ДЛЯ ДЕСЯТИЧНЫХ, ДОЛЬНЫХ И КРАТНЫХ ВЕЛИЧИН

Множитель	Приставка		Обозначение приставки	
	русская	международная	русское	международное
10^{12}	тера	tera	Т	T
10^{9}	гига	giga	Г	G
10^{6}	мега	mega	М	M
10^{3}	кило	kilo	к	k
10^{-1}	деци	deci	д	d
10^{-2}	санти	centi	с	c
10^{-3}	милли	milli	м	m
10^{-6}	микро	micro	мк	μ
10^{-9}	нано	nano	н	n

Как вы знаете, изучение естественных наук ведётся с использованием предметной терминологии.

О необходимости применения специальных терминов и понятий при освоении законов и теорий вы узнаете из следующего параграфа.

Вы знаете

- что язык науки — это способ информационного обмена знаниями
- какие особенности существуют в биологической терминологии
- какие особенности характерны для терминологии в химии
- что представляет собой Международная система единиц измерения физических величин

Вы можете

- сформулировать, что такое язык науки, как он формировался и чем отличается терминология в физике, химии, биологии
- объяснить, какие языки послужили основой для научной терминологии и на каком языке доктор выпишет вам рецепт лекарства, если вы заболеете
- доказать, что система СИ — ещё одно достижение человечества, помогающее учёным всего мира общаться и понимать друг друга

Выполните задания

1. Найдите ошибки в следующих отрывках из литературных произведений и средств массовой информации:

   а) «Производители должны указывать на каждой бутылке спиртного информацию о содержании вредных веществ. Например, так: «Этанол — 0,03%, этиловый спирт — 40%...» и так далее — вся таблица Менделеева» (из газеты «Комсомольская правда»);

   б) «Он питался только лебедою, собирая горький злак на полях» (А. Ладинский. «Последний путь Владимира Мономаха»);

   в) «Тяжёлая, обитая конской шкурой, дверь юрты приподнялась в наклонной стене; со двора хлынула волна пара...» (В. Короленко. «Соколинец»);

   г) «По словам учёных, в отличие от Земли, где доля диоксида углерода в атмосфере не превышает 0,04%, в атмосферах Марса и Венеры его гораздо больше — около 95%. Обнаруженный же элемент, скорее всего, является изотопом диоксида углерода. Напомним, что изотопы — это почти те же химические элементы, что и их обычные аналоги, однако у изотопов отличается количество нейтронов в ядрах молекул, количество же электронов там одинаково» (с сайта novosti-kosmonavtiki.ru).

2. Разделите формулы следующих веществ на три класса — оксиды, основания, соли, дайте каждому соединению название и запишите его: CuO, KOH, $Ca(NO_3)_2$, CO_2, $FeCl_3$, $Mg(OH)_2$, $Cu(OH)_2$, SO_3, Na_2CO_3.

3. Запишите систематику шиповника с указанием каждой таксонометрической группы на русском и латинском языках, используя ресурсы Интернета.

4. Приведите примеры стилистических ошибок, которые допускаете вы или ваши одноклассники при неверном использовании языка физики, химии, биологии.

Темы для рефератов

1. Знания по морфологии и этимологии — основа в освоении предметных языков естественно-научного цикла. 2. Значение латинского и греческого языков в формировании языка науки. 3. Международная система единиц — современный вариант метрической системы.

§ 5. Естественно-научные понятия, законы и теории

1. Приведите примеры законов из физики, химии, биологии, назовите, кем они были установлены.
2. На примере Периодической таблицы Д. И. Менделеева проиллюстрируйте справедливость закона перехода количественных изменений в качественные.
3. Сформулируйте основные положения клеточной теории, с которой вы знакомились при изучении биологии.

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ПОНЯТИЯ. Естественные науки используют особую систему предметных понятий. Например, в физике широко используются термины: сила, броуновское движение, вакуум, гигроскопичность, гравитация, динамика, скорость, ускорение и т. д. Химия использует свою терминологию: химический элемент, химическая реакция, химическая связь и др. Биологи говорят на своём языке, используя свои предметные понятия: вид, популяция, наследственность, изменчивость, ген, клетка, бактерия, вирус. Некоторые понятия являются универсальными для естественных наук и используются в каждом предметном языке, например: атом, молекула, реакция, теплота, энергия. Поэтому, чтобы конкретизировать то или иное понятие, естественные науки уточняют термин: химическая реакция и ядерная реакция, энергия химической связи и внутренняя энергия, физические и биологические периодические явления.

Особую группу понятий составляют естественно-научные величины: скорость, масса, напряжение, электрический заряд, молярная масса, валентность, магнитуда землетрясения. Величины характеризуют определённые свойства объектов или процессов. Так, скорость характеризует быстроту изменения некоторой величины (пути, течения реакции), масса — инертные свойства вещества.

Естественно-научные величины служат не только для описания свойств объектов или процессов, но и для того, чтобы количественно сравнивать степень выраженности этих свойств. С этой целью вводят процедуру измерения величин, для чего используют измерительные приборы.

Измерение величины — это сравнение её с однородной величиной, принятой за единицу.

Например, измерить пройденный телом путь — значит сравнить его с путём, принятым за единицу, т. е. с 1 м. Измерить силу землетрясения — значит сравнить её с силой землетрясения, принятой за 1 балл. Вычислить относительную молекулярную массу — значит определить, во сколько раз эта масса превосходит величину, взятую за единицу (1 атомная единица массы).

В результате измерений получают значения величин. Например, значение числа Авогадро (вспомните, что показывает эта константа) равно $6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$. Значение величины состоит из числового значения ($6{,}02 \cdot 10^{23}$) и единицы (моль$^{-1}$).

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ЗАКОНЫ. Любое явление характеризуется не одной, а несколькими величинами. Так, механическое движение характеризуется перемещением, временем, скоростью, ускорением; протекание химической реакции — временем, концентрациями исходных веществ и продуктов реакции. Величины, характеризующие то или иное явление, оказываются связанными друг с другом. Например, сила тока, проходящего по участку цепи, прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению:

$$I = \frac{U}{R},$$

где I — сила тока, U — напряжение на участке цепи, R — его сопротивление.

Количество вещества определяется его массой или объёмом в газообразном состоянии (при нормальных условиях):

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m},$$

где ν — количество вещества (моль), m — масса (г), M — молярная масса (г/моль), V — объём газа (при н. у.; л), V_m — молярный объём (л/моль).

Связь между величинами, характеризующими явление или свойство тела, может быть установлена экспериментально или теоретически.

Закон — это устойчивая, неизменно повторяющаяся в экспериментах связь между величинами.

В приведённых выше примерах первое уравнение выражает закон Ома для участка электрической цепи.

Вам уже известны такие законы, как законы Ньютона, закон *Архиме́да* (ок. 287—212 г. до н. э.), закон Паскаля, законы Менделя, закон постоянства состава веществ, Периодический закон Менделеева.

Некоторые естественно-научные законы являются частными, т. е. они описывают ограниченный круг явлений, например закон Ома, закон гомологических рядов в биологии, закон постоянства состава веществ в химии и т. д.

Другие законы носят более общий характер, они используются во всех естественных науках, т. е. в естествознании в целом. К таким законам относятся законы сохранения энергии, импульса, электрического заряда, закон сохранения массы веществ. В естествознании действуют и общефилософские законы, отражающие объективные закономерности развития не только природы, но и общества: закон единства и борьбы противоположностей, закон перехода количественных изменений в качественные, закон отрицания отрицания.

Большинство естественно-научных законов имеют определённые границы применимости. Так, законы Ньютона применимы к макроскопическим телам, которые можно считать материальными точками, движущимися в инерциальных системах отсчёта со скоростями, много меньшими скорости света. Закон постоянства состава веществ распространяется только на группу веществ молекулярного строения, называемую дальтонидами.

Как уже говорилось, некоторые законы установлены экспериментально. Например, закон Авогадро, закон сохранения энергии.

Другие законы являются результатом теоретических изысканий. Например, закон взаимосвязи массы и энергии, сформулированный А. Эйнштейном ещё в 1905 г.:

$$E = mc^2,$$

где E — энергия (Дж), m — масса (кг), c — скорость света в вакууме (м/с).

Пожалуй, это самое известное уравнение в физике (рис. 18*а*), олицетворяющее целую концепцию, согласно которой масса тела является мерой заключённой в нём энергии. В современной жизни формула $E = mc^2$ ассоциируется с устрашающей мощью атомного оружия (рис. 18*б*). Кроме того, именно эта формула является символом теории относительности Эйнштейна.



а



б

Рис. 18. Изображение знаменитого уравнения Эйнштейна: *а* — на небоскрёбе в столице Тайваня Тайбэе во время празднования года физики (2005); *б* — на палубе первого атомного авианосца

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ТЕОРИИ. Экспериментальные факты — это один из элементов системы знаний о природе. Более полными эти знания могут стать только при создании теории для их объяснения. Так, предположение о том, что вещества состоят из частиц, находящихся в непрерывном хаотическом движении, оставалось гипотезой и после того, как были поставлены эксперименты, косвенным образом доказывающие его справедливость. И лишь после создания Максвеллом классической статистической теории оно превратилось в истинное знание. Следует понимать, что, говоря об истинности знаний, мы имеем в виду современный этап развития науки.

В процессе познания важно не только установить законы, но и объяснить, почему данное явление подчиняется тем или иным законам. Здесь на помощь приходит теория. Именно теория, теоретические знания позволяют ответить на вопрос «почему?». Так, в XIX в. учёные обнаружили, что водные растворы некоторых веществ проводят электрический ток. И лишь в 1887 г. выдающимся шведским химиком *С.-А. Аррéниусом* (1859—1927) были заложены основы теории электролитической диссоциации, которая позволила объяснить природу электрического тока в растворах и расплавах электролитов.

Теория позволяет не только объяснять явления и свойства вещества, но и предсказывать их. Например, зная тип химической связи в веществе, без проведения эксперимента легко предсказать, будет ли его водный раствор проводить электрический ток.

Более того, научная теория, теоретические знания в конечном итоге воплощаются в практически значимые результаты. Теория электролитической диссоциации положила начало современной технологии электрохимического производства, без которого сегодня немыслимы получение множества веществ и материалов, нанесение декоративных, защитных и специальных покрытий, производство химических источников тока, работа заводов и предприятий космической и радиоэлектронной техники.

Что же такое научная теория?

Теория — это система понятий, принципов и законов, позволяющих достаточно полно описывать определённый круг явлений.

Например, молекулярно-кинетическая теория объясняет явления, природа которых связана со строением вещества, в частности тепловые явления.

В естествознании существует достаточно большое число теорий разной степени общности.

Естественно-научные теории можно условно разделить на фундаментальные и частные. Так, выделяют четыре фундаментальные физические теории — классическую механику, молекулярно-кинетическую теорию, электродинамику и квантовую теорию. Каждая из этих теорий включает в себя частные теории. Здесь можно добавдить, что в электродинамику входят такие частные теории, как теория проводимости, теория электромагнитной индукции, электростатика и другие.

Знание основных понятий, законов, теорий естествознания совершенно необходимо каждому культурному человеку для того, чтобы представлять естественно-научную картину мира. Что это такое и каковы её составляющие, вы узнаете из материала следующего параграфа.

Вы знаете

- что такое естественно-научное понятие
- что такое естественно-научный закон
- что такое естественно-научная теория

Вы можете

- объяснить, для чего служат естественно-научные величины и как их можно измерить
- обосновать, почему одни естественно-научные законы являются частными, а другие используются во всех естественных науках, и привести примеры тех и других
- доказать, что только с помощью теории можно объяснить природу тех или иных явлений и свойств веществ, после чего гипотезы превращаются в истинное знание
- сформулировать, что такое измерение величины, дать определения понятиям «закон» и «теория»

Выполните задания

1. Приведите примеры законов, различающихся по степени общности.

2. На примере борьбы наследственности и изменчивости при становлении новых форм жизни в биологической эволюции проиллюстрируйте справедливость закона единства и борьбы противоположностей.

3. Объясните, какова роль теории в познании. Приведите примеры фундаментальных и частных теорий. Какие явления они объясняют?

4. В притче Ф. Кривина «Окисление» читаем:

«— Окисляемся, браток?
— Окисляемся.
— Ну и как оно? Ничего?
— Ничего.
Разговор ведут два полена.
— Что-то ты больно спешишь, это, браток, не по-моему. Окисляться надо медленно, с толком, с пониманием...
— А чего тянуть? Раз — и готово!
— Готово! Это смотря как готово... Ты окисляйся по совести, не почём зря. У меня в этом деле опыт есть, я уже три года тут окисляюсь...
Окисляются два полена. Одно медленно окисляется, другое быстро.
Быстро — это значит горит.
Медленно — это значит гниёт.
Вот какие бывают окисления».

Определите, какой из процессов в притче является более общим, а какой частным, аргументируйте свой ответ.

5. Сформулируйте основные положения теории электролитической диссоциации или атомно-молекулярного учения. Какое название носит это учение в курсе физики? Сравните основные положения этого учения и теории.

Темы для рефератов

1. Четыре фундаментальные теории в физике. 2. Сравнительная характеристика частных и фундаментальных законов в естественных науках. 3. Теория электролитической диссоциации и её практическое значение в современной промышленности. 4. Законы, установленные экспериментально и в результате теоретических изысканий.

§ 6. Естественно-научная картина мира

1. Назовите имена учёных с античных времён до наших дней, которые внесли большой вклад в эволюцию картины мира.
2. Проиллюстрируйте на примерах, как происходила научная революция в биологии в XVIII—XX вв. — от разработки систематики растительного и животного мира, клеточной теории до открытия ДНК. Назовите имена учёных, совершивших эти открытия.

ОБЩЕНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА. Любая область научных исследований, будь то гуманитарные, естественные или технические науки, направлена на получение новых знаний о природе, обществе или мышлении, т. е. об окружающем нас мире. Быть может, человечеству вовсе не нужно много частных наук, если у всех них в конечном счёте один объект исследования? А что если «придумать» единственную науку — какое-нибудь «мирознание»? Тогда и школьный предмет будет один-единственный. Вопрос не такой уж и абсурдный, как может показаться на первый взгляд. Во-первых, прародительницей всех наук принято считать античную философию, древнегреческую и древнеримскую. Во-вторых, любая наука использует одни и те же научные методы и приёмы, мыслительные операции, этапы научного поиска. В-третьих, мы не можем отрицать тесного переплетения, взаимопроникновения наук, особенно в одной научной области (например, среди гуманитарных или естественных наук), возникновения смежных наук (биохимия, физическая химия, биофизика и др.).

Однако многогранность окружающего мира, практические потребности общества привели к разделению научных исследований, выделению научных областей и частных наук.

Тем не менее учёные с давних пор и до настоящего времени стремятся объединить научные знания в единую систему. Её называют общенаучной картиной мира.

Общенаучная картина мира — это обобщённая и систематизированная совокупность знаний о Вселенной, живой природе, обществе и человеке, подтверждённых на опыте или на практике, в их взаимодействии и развитии.

Под совокупностью знаний в данном случае подразумеваются философские, общественно-политические, социально-экономические, естественно-научные, технические и другие знания.

СТРУКТУРА ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА. Частью общенаучной картины мира является естественно-научная картина мира. Она представляет собой высший уровень обобщения и систематизации всей совокупности естественно-научных знаний.

Естественно-научная картина мира — это идеальная модель природы, включающая общие понятия, принципы, гипотезы естествознания и характеризующая определённый этап его развития.

Она включает в себя картины мира отдельных естественных наук: физическую, биологическую, химическую, геологическую и т. п.

Естественно-научная картина мира имеет определённую структуру. Важнейшими её компонентами являются исходные философские категории — представления о материи, движении, пространстве и времени, взаимодействии; естественно-научные теории; методологические, общенаучные принципы, отражающие связи между теориями. Вот как это выглядит на схеме:



ЭВОЛЮЦИЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА. Первой научной картиной мира стала **механическая картина мира**, которая сложилась к концу XVII в. благодаря прежде всего работам Г. Галилея и И. Ньютона. Открытия в области механики, которые завершили формирование механической картины мира, Ньютон изложил в своей работе «Математические начала натуральной философии» (1687). В механической картине мира материя представлялась только в виде вещества, которое состоит из неизменных дискретных частиц — атомов. Вплоть до начала XIX в. атом был не больше чем гипотезой. Положение изме-

нилось лишь в 1808 г., когда английский учёный *Д. Да́льтон* (1766—1844) опубликовал труд «Новая система химической философии», в котором изложил атомистическую теорию. В ней, как дань уважения Демокриту, Дальтон сохранил термин «атом», под которым понимал мельчайшую химически неделимую частицу. Атомы соединяются в молекулы, которые находятся в непрерывном движении. При химических реакциях молекулы исходных веществ разрушаются до атомов и из них образуются молекулы новых веществ. Аналогичные идеи в России пропагандировал великий М. В. Ломоносов. Окончательно атомно-молекулярное учение утвердилось в науке после съезда химиков в г. Карлсруэ в 1860 г. На этом съезде были определены понятия атомного веса (атомной массы), а также молекулы и атома. Было установлено, что молекула — это наименьшая частица вещества, вступающая в реакции и определяющая свойства этого вещества, а атом — «наименьшее количество элемента, содержащееся в молекулах».

В биологии мельчайшей структурной единицей вещества в то время считалась клетка. Были открыты также бактерии и простейшие.

Пространство и время считались абсолютными, т. е. однородными на бесконечной протяжённости и бесконечной длительности. Движение понималось как изменение положения тела в пространстве, все другие виды движения сводились к механическому движению. Также считалось, что движение относительно и может осуществляться с бесконечно большой скоростью. Все взаимодействия сводились к гравитационному взаимодействию, с позиций этого взаимодействия и объяснялись все явления. Полагали, что гравитационное взаимодействие передаётся мгновенно и без какого-либо посредника.

В то время единственной известной теорией была классическая механика Ньютона. Однако не менее важные открытия были сделаны в XVII в. в биологии и в химии. Но в химии и в первую очередь в биологии началась лишь систематизация огромного количества фактов, тогда как физика уже приобрела все признаки науки и вырвалась в лидеры естествознания.

В недрах механической картины мира зародилась вторая — **электродинамическая картина мира**, которая окончательно сложилась в конце XIX — начале XX в. В частности, были открыты электромагнитная индукция (М. Фарадей), магнитное поле тока (А. Ампер) и другие явления, которые не могли быть объяснены с позиций классической механики. В электродинамической картине мира материя уже не только вещество, но и электромагнитное поле, а пространство и время относительны и связаны между собой и с материальными объектами. Движение рассматривалось не просто как перемещение в пространстве вещественных объектов, а ещё и как распространение электромагнитного поля и движение заряженных частиц. Под взаимодействи-

ем понималась не только гравитация, но и электромагнитное взаимодействие. Число известных фундаментальных теорий увеличилось до трёх: классическая механика, молекулярная теория и классическая электродинамика.

Конец XVIII—XIX в. — время бурного развития биологии: *К. Линне́й* (1707—1778) разработал систематику растительного и животного мира, Г. Мендель открыл законы наследственности, *Л. Пастéр* (1822—1895) создал вакцины против сибирской язвы и бешенства, Дарвин сформулировал эволюционную теорию. Эти открытия позволили говорить о научной революции в области биологии.

Для XIX в. характерно стремительное развитие и химической науки. Великий русский химик Д. И. Менделеев открыл Периодический закон и создал Периодическую систему элементов. Химик-органик А. М. Бутлеров разработал теорию химического строения органических соединений. Бурно развивались стереохимия, химическая термодинамика и химическая кинетика. Блестящих успехов достигли прикладная неорганическая химия и органический синтез. В связи с ростом объёма знаний о веществе и его свойствах началась дифференциация химии — выделение её отдельных ветвей (органическая, неорганическая, аналитическая химия и пр.), приобретающих черты самостоятельных наук.

В конце XIX — начале XX в. были обнаружены такие экспериментальные факты, которые не находили объяснения в рамках электродинамической картины мира. К ним относятся, в частности, явление фотоэффекта (*Г.-Р. Герц*, 1857—1894; *А. Г. Столéтов*, 1839—1896) и радиоактивность (*А.-А. Беккерéль*, 1852—1908). Эти и другие факты получили своё объяснение в **квантово-полевой картине мира**, построение которой продолжается и сейчас. В такой картине мира материя существует в виде и вещества, и поля. Эти два вида материи связаны между собой. Движение понимается как изменение состояния не только макроскопических, но и микроскопических объектов. Пространство и время связаны между собой и с материей.

ПРИНЦИПЫ, ОТРАЖАЮЩИЕ ВЗАИМОСВЯЗЬ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ТЕОРИЙ. Как вы уже поняли, появление новых фундаментальных взглядов на природные явления не отбрасывало, а углубляло и расширяло предшествующие теории, существовавшие в науке. Взаимоотношения старого и нового определяются четырьмя основными принципами. Рассмотрим каждый из них.

Принцип соответствия. Сущность этого принципа состоит в том, что каждая старая теория входит в более общую новую теорию как её частный случай. Так, классическая механика является частным случаем более общей теории — специальной теории относительности, геометрическая оптика — частным случаем волновой теории и т. п.

Впервые идею соответствия использовал *Н. И. Лобачёвский* (1792—1856), создавая свою геометрию, частным случаем которой является геометрия *Евкли́да* (ок. 365 — между 275 и 270 г. до н. э.). Геометрия Лобачевского переходит в геометрию Евклида при бесконечно большом радиусе кривизны.

До уровня общенаучного принципа идею соответствия довёл Н. Бор. Разрабатывая теорию строения атома, он обратил внимание, что в определённых частных случаях существует соответствие квантовых и классических представлений об излучении атома.

В настоящее время принцип соответствия определяет общую закономерность развития всех естественных наук. Например, он проявляется в синтетической эволюционной теории, которая включает в себя важнейшие положения дарвинизма, генетики и экологии. В химии ярким примером этого принципа является развитие представлений о причинах периодического повторения свойств химических элементов и образованных ими веществ. Первая формулировка Периодического закона связывала периодичность свойств с увеличением атомной массы химических элементов, последующая — с ростом заряда атомного ядра и, наконец, — с периодическим повторением строения внешних электронных слоёв атомов.

Принцип дополнительности. Этот принцип означает необходимость и возможность применения двойственного подхода к исследованию и описанию различных явлений. Ещё во времена Ньютона сложились две точки зрения на природу света. В соответствии с первой точкой зрения, которую поддерживал Ньютон, предполагалось, что свет — это поток световых частиц, которые распространяются в пространстве. Вторая точка зрения рассматривала свет как волну, распространяющуюся в упругой среде.

В XIX в. восторжествовали волновые представления о свете, было доказано, что свет распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн со скоростью 300 000 км/с для вакуума. В начале XX в. установили, что при взаимодействии с веществом свет ведёт себя как частицы. Эти частицы, получившие название фотонов, обладают определённой энергией, которая зависит от частоты колебаний в электромагнитной волне.

Бор писал, что эти две точки зрения на природу света являются попыткой объяснить экспериментальные данные. При этом классические представления (свет — волна) дополняются современными (свет — фотоны, кванты). Революционность взглядов Бора заключается в том, что он не разделил, а объединил, взаимодополнил, казалось бы, противоречащие друг другу взгляды на природу света.

Такой подход был необычен для классической логики, в которой существует правило «исключённого третьего»: из двух противоположных высказываний одно истинно, другое — ложно, а третьего быть не

может. В классической физике не было случая усомниться в этом правиле, поскольку там понятия «волна» и «частица» действительно противоположны и несовместимы по своему существу. Как оказалось, в атомной физике оба они одинаково хорошо применимы для описания свойств одних и тех же объектов, причём для полного описания необходимо использовать их одновременно.

Бор распространил понятие дополнительности и на другие области физики и возвёл его в ранг физического принципа.

Возникнув в недрах физики, принцип дополнительности в настоящее время стал общенаучным методологическим принципом, поскольку он справедлив как в области природных явлений, так и в жизни общества.

Рассмотрим применимость этого принципа для биологии на примере жизни клетки. Клетка — самая малая часть, структурная единица любого организма и основа его жизнедеятельности. Изучить жизнь клетки — значит узнать и понять все процессы, которые в ней происходят: как клетки растут, соединяются в ткани, как из разных тканей строятся разные органы и как они дополняют друг друга в жизнедеятельности целого организма. Важнейший принцип биохимии, лежащий в основе передачи наследственности, так и называется — принцип дополнительности, или комплементарности. Этот принцип раскрывает основы формирования двойной спирали ДНК и её способности к самоудвоению.

Принцип дополнительности в гуманитарной сфере проиллюстрируем примером, который для вас, выбравших гуманитарный профиль обучения, будет небезынтересен. С давних пор известно, что наука — это лишь один из способов изучить окружающий мир. Другой, дополнительный способ воплощён в искусстве. Само совместное существование искусства и науки — хорошая иллюстрация принципа дополнительности. Можно полностью уйти в науку или всецело жить искусством — оба эти подхода к жизни одинаково правомерны, хотя, взятые по отдельности, они и неполны. Стержень науки — логика и опыт. Основа искусства — интуиция и вдохновение. Но искусство балета требует математической точности, а, по словам великого Пушкина, «вдохновение нужно в геометрии, как и в поэзии». Всё это не противоречит, а дополняет друг друга: истинная наука сродни искусству — точно так же, как настоящее искусство всегда включает в себя элементы науки. В высших своих проявлениях они неразличимы и неразделимы, как свойства «волна — частица» в атоме. Они отражают разные, дополнительные стороны человеческого опыта и лишь взятые вместе дают нам полное представление о мире.

А вот ещё один яркий пример принципа дополнительности, иллюстрирующий совместное существование искусства и науки (в данном случае — ботаники). Очевидно, только детальное знание ботанических



Рис. 19. Дж. Арчимбольдо. Портрет императора Рудольфа II в образе Вертумна — бога времён года и их различных даров. *1591 г.*

объектов позволило художнику-маньеристу *Дж. Арчимбóльдо* (1527—1593) создать знаменитый портрет императора Рудольфа II Габсбурга (рис. 19).

Принцип причинности. В рамках современной квантово-полевой картины мира говорят о вероятностной причинности. Это означает, что состояние частицы в любой момент времени не может быть определено точно и однозначно, это можно сделать лишь с некоторой вероятностью. В частности, состояние электрона или любой другой элементарной частицы характеризуется координатой и импульсом так же, как и состояние макроскопического тела. Однако если для макроскопического тела можно определить однозначно и координату, и импульс одновременно, то для элементарной частицы точно можно определить одну из величин — либо координату, либо импульс, другая при этом будет определена с некоторой вероятностью. Этот принцип позволяет представить себе состояние электрона в атоме в виде электронного облака, в каждой точке которого пребывание электрона носит вероятностный характер.

Принцип симметрии. Понятие симметрии возникло и развивалось при изучении человеком природы. В истории науки понятие симметрии меняло своё содержание. Возникнув как представление о красоте

и гармонии природы, симметрия постепенно стала пониматься как принцип организации и устройства мира.

Заметную роль играет симметрия в физике. С ней непосредственно связаны законы сохранения. Так, закон сохранения импульса связан с симметрией или однородностью пространства. Это означает, что физические законы одинаковы во всех точках пространства. Закон сохранения энергии связан с симметрией или однородностью времени, и это означает, что физические законы в любой момент одинаковы, т. е. время не влияет на соблюдение физических законов.

Молекулы многих сложных органических веществ (аминокислот, белков, углеводов) характеризуются хиральностью (*англ.* chirality, от *греч.* cheir — рука) — свойством молекулы быть несовместимой со своим зеркальным отражением любой комбинацией перемещений в трёхмерном пространстве, как наша левая и правая рука. Молекулы, образующие живые организмы, могут обладать единственной ориентацией — «правой» или «левой». Например, молекулы ДНК всегда имеют вид спирали, закрученной вправо, а белки живых организмов построены только из «левых» аминокислот. Значение зеркальной симметрии в организации жизни на нашей планете очень велико, так как хиральные молекулы могут существенно отличаться как по своей биологической активности, так и по совместимости с другими природными соединениями, подходя друг к другу, как ключ к замку.

Лабораторный опыт

Запах мятной жевательной резинки обусловлен пахучим веществом — L-карвоном («левой» ориентации). Запах тмина обусловлен D-карвоном. Разницу в запахе между этими хиральными молекулами улавливают 80% людей, 20% эту разницу не чувствуют. Поместите кусочек мятной жевательной резинки в одну пробирку, 10 семян тмина — в другую, в третью пробирку — или кусочек жвачки, или семена тмина. Закройте пробирки пробками. Попросите одноклассника закрыть глаза, понюхать содержимое каждой пробирки по очереди и определить, какие пробирки пахнут одинаково, а какая имеет другой запах. В свою очередь, понюхайте содержимое пробирок, приготовленных им. К какой группе людей вы относитесь?

Таким образом, естественно-научные знания о природе в систематизированном и обобщённом виде представляют собой естественно-научную картину мира, в которой представления о материи и движении, пространстве и времени являются общенаучными, философскими категориями.

Но окружающий нас мир, вернее, миры настолько разнообразны, что о них надо сказать отдельно, и вы узнаете это из следующего параграфа. →

Вы знаете

- что называют общенаучной картиной мира
- какова структура естественно-научной картины мира
- в чём заключается эволюция естественно-научной картины мира
- принципы, отражающие взаимосвязь фундаментальных теорий

Вы можете

- объяснить, что представляет собой естественно-научная картина мира
- представить эволюцию естественно-научной картины мира, как она менялась, начиная с XVII в. и до наших дней
- перечислить принципы, которые лежат в основе взаимосвязей фундаментальных теорий, и на примерах из разных естественных наук — химии, физики, биологии — проиллюстрировать эту взаимосвязь
- доказать на примерах, что взаимопроникновение искусства в науку и наоборот — яркая иллюстрация принципа дополнительности

Выполните задания

1. Обоснуйте, почему, на ваш взгляд, в естественно-научной картине мира присутствуют такие философские категории, как пространство, время, материя и др.
2. Кратко раскройте сущность научных принципов, которые определяют взаимосвязь естественных наук.
3. Проиллюстрируйте принцип соответствия на примере развития атомно-молекулярного учения.
4. Мифологическое существо — кентавр — можно рассматривать как своеобразный пример принципа дополнительности. Поясните почему.
5. Рассмотрите картину Дж. Арчимбольдо «Портрет императора Рудольфа II в образе Вертумна — бога времён года и их различных даров». Какие овощи и фрукты использовал художник для создания портрета, почему именно их? Сформулируйте свою точку зрения, соотнесите её с принятой в искусствоведении, используя возможности Интернета.

Темы для рефератов

1. Этапы развития естественно-научной картины мира. 2. Аристотелева картина мира и современный взгляд на естественно-научную картину мира. 3. Вклад учёных XVII—XX вв. в развитие эволюции естественно-научной картины мира. 4. Искусство и архитектура в тесной связи с законами физики, химии, математики — яркий пример принципа дополнительности.

§ 7. Миры, в которых мы живём

1. Изложите историю создания микроскопа и телескопа от XVI—XVII вв. до наших дней.
2. Перечислите доказательства учёными Средневековья шарообразности Земли, покажите на примерах от Леонардо да Винчи до К. Э. Циолковского и С. П. Королёва стремление человечества освоить воздушное пространство и вырваться в космос.
3. Назовите имена писателей-фантастов, которые предсказали в своих романах создание приборов, машин и аппаратов, помогающих людям проникнуть в глубины космоса и океана.

МНОГООБРАЗИЕ МИРОВ. Человека всегда привлекали таинства запредельно больших расстояний и бесконечно малых величин. Трудно себе представить расстояние в несколько миллионов световых лет, осмыслить размеры галактик и Вселенной. Так уж устроен человеческий разум, что мы всегда задаёмся вопросом: а что находится дальше, за той умозрительной границей, которую рисует воображение? Не менее интересно мысленно проникать в глубь материального мира. Теперь мы знаем, как сложно строение атома и элементарных частиц, его составляющих. Доказано, что и они, элементарные частицы, не такие уж элементарные. Протон, например, образован частицами, которые называют кварками и глюонами. А дальше?

Желание человечества проникнуть в самые глубины мироздания заставляет тратить баснословные средства на научные исследования и проектные разработки. К примеру, на создание большого адронного коллайдера, с помощью которого предполагается зафиксировать ещё более мелкие «кирпичики» материи.

Проникновение в безгранично малые или необозримо большие миры — не простое любопытство. Человечество так и осталось бы на уровне первобытно-общинного строя, если бы не научилось использовать во благо научные знания и практический опыт, почерпнутый при исследовании окружающего мира. Поэтому человек стремится познать устройство миров, существующих объективно и независимо от его воли, — мира, в котором живёт он сам, и миров, которые живут в нём. Границы этих миров достаточно условны.

Мегамир — это мир, объекты которого имеют неограниченные масштабы (например, Вселенная; рис. 20*д*).

Макромир — это мир, объекты которого окружают нас и видны невооружённым глазом либо их можно увидеть с помощью микроскопов и телескопов с небольшим увеличением (например, планета Земля, её спутник — Луна, человек, растительные и животные клетки; рис. 20*в*, *г*).

Микромир — это мир, объекты которого имеют размеры порядка 10^{-8} м (это молекулы, атомы и элементарные частицы — протоны, нейтроны, электроны; рис. 20*а*).

Наномир — это мир, объекты которого имеют размеры от 1 до 100 нм (1 нм = 10^{-9} м; например, молекула ДНК имеет диаметр 1 нм; рис. 20*б*).

ИЗУЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ МЕГА- И МАКРОМИРА. Все объекты мегамира — галактики и Вселенную — невозможно увидеть целиком, равно как

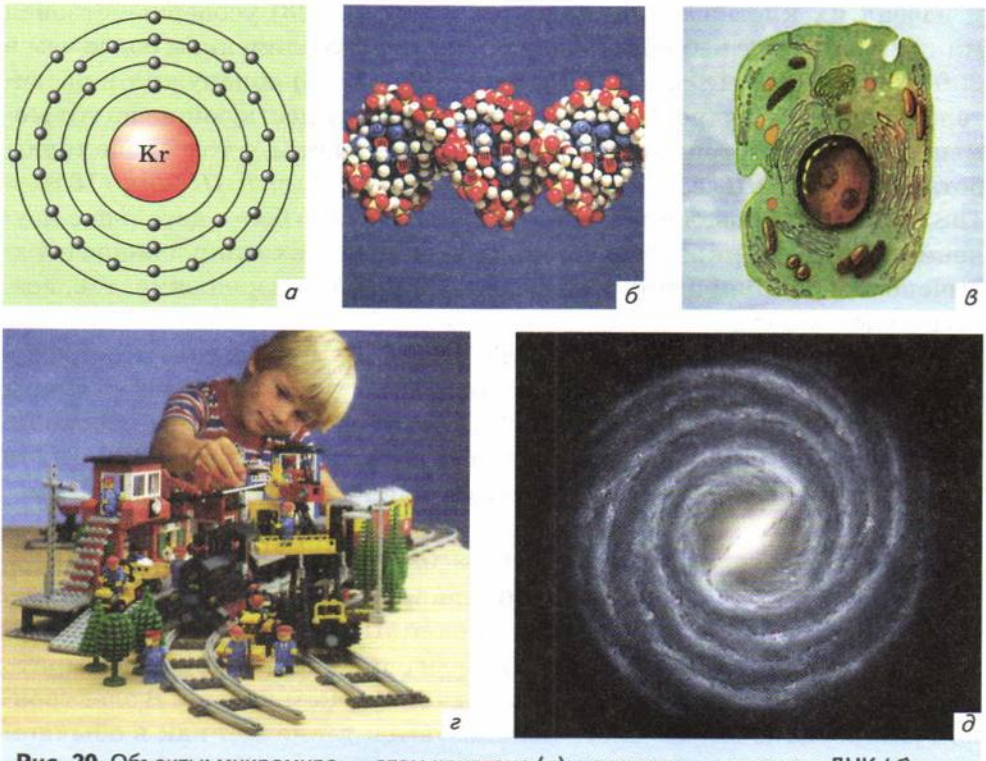


Рис. 20. Объекты: микромира — атом криптона (*а*); наномира — молекула ДНК (*б*); макромира — клетка (*в*), человек (*г*); мегамира — галактика (*д*)

и некоторые объекты макромира, например Землю, — в силу больших размеров. Если человек находится на её поверхности, то он может увидеть отдельные горы, небольшие озёра, фрагменты островов, лесов и рек, а земной шар может рассмотреть лишь из космоса. Недаром в древности люди представляли себе Землю плоской. В докосмическое время доказательствами того, что Земля имеет форму шара, служили следующие наблюдения: постепенное исчезновение корабля, уплывающего за линию горизонта, кругосветные плавания, опыты с маятником Фуко и т. д.

Основными приборами, с помощью которых изучают Вселенную, являются телескопы разных типов, с которыми вы познакомитесь в следующей главе учебника.

Некоторые объекты макромира можно наблюдать непосредственно и проводить различные их исследования. Например, измерять вес, рост, пульс, давление, остроту зрения человека или животного и т. п. Изучение более мелких объектов макромира неразрывно связано с усовершенствованием оптических приборов, которые сыграли большую роль в развитии, например, клеточной теории. В 1665 г., изучая срез пробки, *Р. Гук* (1635—1703) обнаружил структуры, похожие на соты, и назвал их клетками. *А. Левенгу́к* (1632—1723) усовершенствовал микроскоп и смог наблюдать живые клетки с увеличением более чем в 200 раз. В 1831—1833 гг. *Р. Бро́ун* (1773—1858) обнаружил в растительных клетках ядро. Проанализировав все существующие на тот момент знания о клеточном строении живой природы, в том числе труды ботаника *М. Я. Шле́йдена* (1804—1831), в 1838 г. *Т. Шванн* (1810—1882) сформулировал клеточную теорию. Однако более детальное изучение объектов микромира с помощью оптических микроскопов ограничено тем, что они имеют определённый предел разрешения, т. е. возможность увидеть по отдельности мелкие объекты или их части.

Английский физик *Дж.-У. Рэле́й* (1842—1919) доказал, что предел разрешения микроскопа, ограничивающий минимальные размеры рассматриваемого объекта, равен $^1/_2$ длины световой волны. Поскольку самые короткие длины волн видимого света составляют 400 нм, то разрешающая способность оптических микроскопов — около 200 нм.

ИЗУЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ МИКРО- И НАНОМИРА. Исследование объектов микромира (структуры клеточной мембраны, органоидов растительной и животной клеток, двойной спирали ДНК и т. п.) связано с созданием электронного микроскопа. Он позволил значительно расширить возможности исследования на микроскопическом уровне. В электронном микроскопе вместо света используются такие же, как в обычном телевизоре, пучки электронов, ускоренные электрическим полем до больших энергий. В качестве линз выступают электромагнитные поля

соответствующей конфигурации, т. е. своеобразные электронные линзы. Магнитное и электрическое поля изменяют движение потока электронов, что делает возможной фокусировку электронных лучей, как и в оптическом микроскопе.

Изображение, подобное телевизионному, наблюдают на экране, покрытом специальным составом, который светится при попадании на него потока электронов, либо фиксируют на фотопластинке.

Увидеть объекты наномира можно с помощью сканирующих зондовых микроскопов. Зондовыми они называются потому, что в роли своеобразного щупа, или зонда, выступает чрезвычайно тонкая игла. Такие микроскопы обладают по сравнению с обычными электронными более высокой разрешающей способностью. Так, они могут сканировать профиль поверхности изучаемого объекта с точностью до размеров отдельных атомов.

В каждом мире, как и в каждом государстве, действуют свои собственные законы. В мега- и макромирах действуют законы классической физики. В микро- и наномире эти законы часто не соблюдаются, там работают свои, особые законы, основанные на принципах корпускулярно-волнового дуализма. Например, закон Ома в этих мирах не действует, а туннельный эффект не может быть объяснён законами классической физики.

МОЛЕКУЛЯРНОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ И ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ В НАНОМИРЕ. Геометрия, или архитектура, таких частиц наномира, как молекулы, обусловливает молекулярное распознавание.

Молекулярное распознавание — это способность одной молекулы притягивать другую за счёт электростатических сил.

Оно служит химической основой для работы рецепторов органов чувств, в первую очередь вкуса и обоняния. Молекулярное распознавание также лежит в основе действия биологических катализаторов белковой природы — **ферментов**. Каждый фермент ускоряет только одну какую-либо реакцию или группу однотипных реакций. Эту их особенность называют селективностью (избирательностью). Она позволяет организму быстро и точно выполнить чёткую программу синтеза нужных ему соединений на основе молекул пищевых веществ или продуктов их превращения. Располагая богатым набором ферментов, клетка разлагает молекулы белков, жиров и углеводов до небольших фрагментов — мономеров (аминокислот, глицерина и жирных кислот, моносахаридов) и заново строит из них белковые и другие молекулы, которые будут точно соответствовать потребностям организма. Недаром великий русский физиолог *И. П. Па́влов* (1849—1936) назвал фер-

менты носителями жизни. Есть небольшое число ферментов, которые действуют не на группу однотипных реакций, а лишь на определённую, единственную реакцию. К таким абсолютно специфичным ферментам относится, например, уреаза, разлагающая одно-единственное вещество — мочевину.

Лабораторный опыт

В два химических стакана налейте по 3—5 мл раствора пероксида водорода. В первый стакан опустите кусочек сырого картофеля, во второй — кусочек варёного картофеля. Что вы наблюдаете в том и другом стакане?

В сырых овощах, сыром мясе, в крови содержится фермент каталаза, с помощью которого происходит разложение пероксида водорода:

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2\uparrow.$$

А поскольку ферменты — катализаторы белковой природы, они, как и любые белки, подвергаются денатурации (изменению природной структуры) и теряют каталитическую активность.

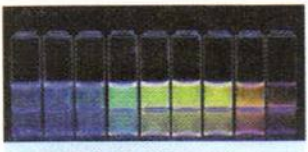


Рис. 21. Изменение цвета у частиц золота под электронным сканирующим микроскопом

В наномире меняются физические свойства веществ — цвет, температура плавления, там действуют другие законы. Например, меняют цвет под электронным сканирующим микроскопом частицы золота (рис. 21).

Очевидно, что первыми «нанотехнологами» были древние гончары и средневековые стеклодувы. Они оставили нам в наследство изумительные по цветовой гамме керамические изделия и великолепные цветные витражи церквей и дворцов.

В наномире изменяются и химические свойства некоторых веществ. Например, наноскопическое серебро способно реагировать с соляной кислотой с выделением водорода:

$$2Ag + 2HCl = 2AgCl + H_2.$$

Такое необычное поведение веществ в наномире может иметь и значительное практическое применение — например, в хранении и передаче наследственной информации, в ориентировке живых организмов в пространстве, поисках питания, в тропизме (движении) у растений. Именно молекулярное распознавание лежит в основе реакций матричного синтеза — самоудвоения молекул ДНК и процессов биосинтеза белка.

Вы знаете

- что мир многообразен: выделяют мега- и макромир, микро- и наномир
- как изучают объекты мега- и макромира
- как изучают объекты микро- и наномира
- что такое молекулярное распознавание
- как меняются свойства веществ в наномире
- какое практическое применение имеет необычное поведение веществ в наномире

Вы можете

- назвать объекты мега-, макро-, микро- и наномира и способы их изучения
- проиллюстрировать на примерах, как усовершенствовались на протяжении веков оптические приборы, аппараты, механизмы, помогающие людям в изучении мира
- объяснить, чем микромир отличается от наномира и что необычного происходит с законами физики, химии, биологии в наномире

Выполните задания

1. Назовите миры, которые различают в естествознании, приведите примеры объектов каждого мира.
2. Докажите, что наномир — особый мир, аргументируйте свою точку зрения.
3. Объясните, что такое молекулярное распознавание и какое значение оно имеет для живой природы. Ответьте на вопрос: как соблюдаются закономерности химической, биологической и физической наук в макро- и микромирах?

Темы для рефератов

1. Современные открытия в астрономии, которые произвели сенсации в естествознании. 2. Атомный силовой и сканирующий туннельный микроскопы: принципы работы. 3. Наномир, его особенности и перспективы. 4. М. В. Ломоносов как автор мозаичной картины «Полтавская битва» — один из первых «нанотехнологов» нашей страны.

1 Наблюдение за горящей свечой

> Рассмотрение физических явлений, происходящих при горении свечи, представляет собой самый широкий путь, которым можно подойти к изучению естествознания... Я собираюсь изложить вам <...> ряд сведений по химии, которые можно извлечь из горящей свечи.
>
> *М. Фарадей*

Цель работы: развивать умение наблюдать, фиксировать результаты наблюдения и на их основе делать выводы.

Оборудование и реактивы: свеча, спички, тигельные щипцы, фарфоровая чашка, резиновая груша, стеклянная трубка с оттянутым концом, штатив, пробирки, два зеркала, транспортир, скотч, известковая вода.

Ход работы

Физические явления при горении свечи. Зажгите свечу. Обратите внимание на то, что парафин вокруг фитиля начинает образовывать небольшую лужицу. Какое явление происходит?

Возьмите изогнутую под прямым углом стеклянную трубку. Один её конец поместите в среднюю часть пламени, а другой опустите в пробирку с водой. Что наблюдаете? Объясните происходящие явления.

Обнаружение продуктов горения парафина. Внесите фарфоровую чашку в светящуюся зону пламени свечи и подержите её там несколько секунд. Посмотрите на поверхность чашки. Объясните происходящие явления.

Сухую, желательно охлаждённую (но не запотевшую) пробирку закрепите в держателе и подержите над пламенем свечи до запотевания. Объясните наблюдаемое явление.

В ту же пробирку быстро налейте 2—3 мл известковой воды и встряхните. Что наблюдаете? Объясните происходящее.

Влияние воздуха на горение свечи. Вставьте стеклянную трубку с оттянутым концом в резиновую грушу. Сжимая грушу рукой, продуйте в пламя горящей свечи воздух. Как изменилась яркость пламени? Почему?

Прикрепите две свечи при помощи расплавленного парафина к картону или фанере. Зажгите их и накройте химическими стаканами различного объёма (например, литровым и пол-литровым). В каком случае свеча горит дольше? Почему?

Многократное отражение свечи. Скрепите скотчем с обратной стороны два зеркала под углом. Поставьте зажжённую свечу в центр транспортира, а зеркала на транспортире так, чтобы они образовали угол 180° (рис. 22). Сколько отражений свечи вы наблюдаете? Уменьшите угол между зеркалами. Как изменяется количество отражений свечи?

Постройте график зависимости числа отражений свечи от угла между зеркалами.



Рис. 22. Многократное отражение свечи в двух зеркалах

2 Наблюдение за прорастанием семян фасоли

Цель работы: развивать умение наблюдать, фиксировать результаты наблюдений и на их основе делать выводы.

Оборудование и реактивы: блюдце или чашка Петри, марля, 2—3 семени фасоли, вода, весы (технические или электронные).

Ход работы

Эта работа рассчитана на несколько дней, её можно выполнять вдвоём или группами.

В чашку Петри или на блюдце положите свёрнутую в несколько слоёв марлю, налейте воды столько, чтобы марля находилась под её слоем. Положите на марлю семена фасоли, предварительно взвесив каждое. Блюдца с фасолью оставьте в кабинете естествознания на подоконнике.

Ведите ежедневное наблюдение за поведением семян. Фиксируйте в тетради изменения, происходящие с ними, ежедневно взвешивайте их и результаты тоже заносите в тетрадь. Когда фасоль прорастёт и на проростке появятся маленькие сморщенные листочки, наблюдение можно закончить.

Зарисуйте семена в начале эксперимента и по его окончании.

Когда изменение веса семян фасоли было наиболее интенсивным?

Постройте график зависимости веса прорастающих семян фасоли от времени.

3 Наблюдение за изменением температуры льда и его состояния при нагревании

Цель работы: развивать умение наблюдать явления природы, выполнять простейшие измерения, фиксировать результаты наблюдения и измерения и на их основе делать выводы.

Оборудование и материалы: лёд, термометр, стеклянный стакан ёмкостью 50—100 мл, тряпочка.

Ход работы

Эта работа рассчитана на целый урок. Её можно выполнять в классе или дома. Для выполнения работы используйте лёд из холодильника.

Хорошо размельчите лёд, завернув его в тряпочку. Положите размельчённый лёд в стеклянный стакан.

Измерьте температуру льда, запишите её в таблицу.

Измеряйте температуру льда через каждые 3—5 минут и фиксируйте агрегатное состояние воды, данные записывайте в таблицу.

Момент времени (мин)	Температура (°С)	Агрегатное состояние

Постройте график зависимости температуры воды в разных агрегатных состояниях от времени.

глава

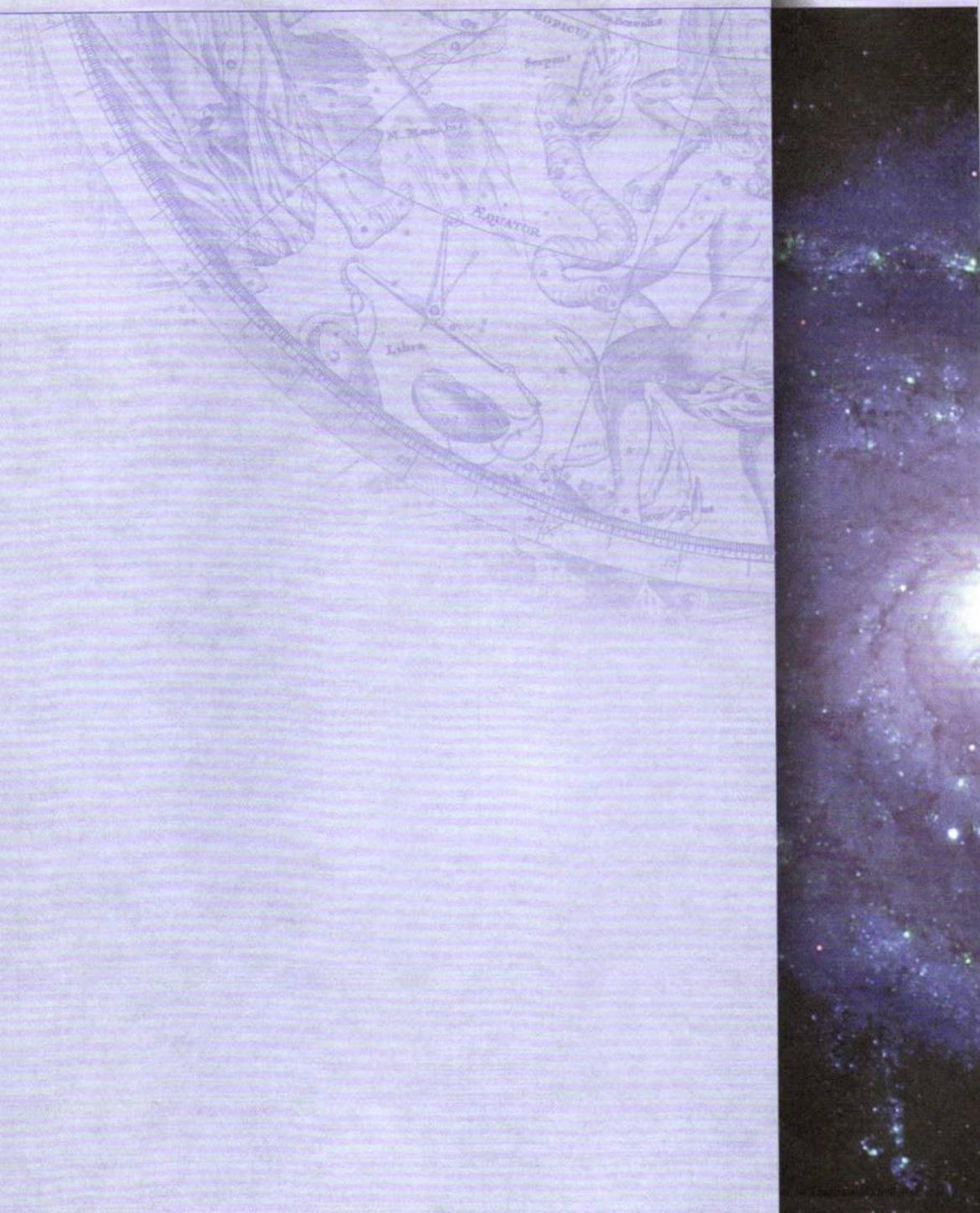
II

Мегамир




Virgo
Bootes

Ophiuchus
Serpens
Equator
Libra



§ 8. Человек и Вселенная

1. Покажите на примерах, как менялись представления о системе мира с античных времён до XVII в.
2. Назовите имена учёных XVI—XVII вв., чей вклад в астрономию невозможно переоценить.
3. Дайте краткую характеристику достижений российской науки в области космонавтики.
4. Вспомните имена поэтов, художников, писателей, композиторов, режиссёров, чьи произведения о космосе, звёздах, путешествиях к далёким планетам вам запомнились.

ПРИТЯЖЕНИЕ ДАЛЁКИХ ЗВЁЗД. Вспомните, как безоблачной летней ночью вы, запрокинув голову, не могли оторвать взгляд от завораживающего звёздного неба. Сколько художников, поэтов, писателей вдохновляло на создание великих произведений мерцание далёких звёзд, бескрайних галактик, неведомых миров (рис. 23). Сколько путешественникам звёзды указывали верный путь к поставленной цели, сколько заплутавшимся путникам помогали найти дорогу домой.

Пожалуй, нет ничего более пугающе притягательного, бескрайне далёкого, доступного и

> Я — сын Земли, дитя планеты малой,
> Затерянной в пространстве мировом,
> Под бременем веков давно усталой,
> Мечтающей бесплодно о ином.
>
> *В. Брюсов*



Рис. 23. В. Ван Гог. Звёздная ночь над Роной. *1888 г.*

недосягаемого, чем мегамиры, в недрах которых родилось великое чудо — мерцающая пылинка по имени Земля.

Вы должны иметь представление о том, что такое Вселенная, галактика, небесные тела, знать некоторые гипотезы о том, когда возникла Вселенная, какие зодиакальные созвездия существуют, суметь найти на небе Полярную звезду. Этому и многому другому будет посвящена глава II нашего учебника.

Мерцают созвездья в космической мгле,
Заманчиво светят и ясно,
Но люди привыкли жить на земле,
И эта привычка прекрасна.

В. Солоухин

АСТРОНОМИЯ В ДРЕВНЕМ МИРЕ. Что такое Вселенная? Ответ на этот вопрос волновал человека ещё в древности. Никто не может точно сказать, когда зародилась одна из древнейших наук — астрономия.

Астрономия — это наука о движении, строении и развитии небесных тел и их систем.

Наши предки, будучи во многом зависимы от природных сил, обожествляли небесные тела — Солнце, Луну, звёзды. О них слагали мифы и легенды, им поклонялись, наделяли сверхъестественным могуществом. Первые представления людей о мироздании были очень наивными: окружающий мир наши предки делили на земной и небесный, противопоставляя эти две части друг другу.

Древнегреческий философ *Анаксима́ндр* (ок. 610—546 г. до н. э.) ввёл представление о Вселенной как о бесчисленных возникающих и гибнущих мирах. *Левки́пп* (V в. до н. э.) и Демокрит считали, что Вселенная состоит из атомов (частиц) и пустоты.

В VI—IV вв. до н. э. сложилась так называемая **пифагорейская система мира**, где Земля и Солнце обращались вокруг некоторого «гигантского огня», причём Земля имела форму шара и вращалась вокруг своей оси.

Представления о том, что Земля является центром Вселенной, сторонником которых был Аристотель, получили название **геоцентрической системы мира**. Теория о геоцентрической системе была обобщена в трудах древнегреческого астронома *Кла́вдия Птолеме́я* (ок. 90 — ок. 161). Действительно, наблюдателю на Земле кажется, что он находится на неподвижной планете, а вокруг неё вращаются Солнце, Луна, планеты. Несмотря на ошибочность геоцентрической системы, Птолемей сумел составить таблицы, позволяющие заранее предсказывать положение звёзд на небе, солнечные и лунные затмения.

В III в. до н. э. *Ариста́рх Само́сский* (320—250 гг. до н. э.) предложил гелиоцентрическую теорию движения планет, которая дол-

гое время не имела поддержки. Ещё бы, трудно было принять точку зрения, что Земля, «центр мироздания», и вдруг движется вокруг Солнца.

АСТРОНОМИЯ В XVI—XIX ВВ. К теории Аристарха Самосского вернулся в XVI в. польский астроном Николай Коперник. Он и считается основоположником **гелиоцентрической системы мира**, которую в 1543 г. изложил в книге «Об обращениях небесных сфер» (рис. 24). Коперник считал, что в центре Вселенной находится Солнце, а Земля и другие планеты движутся вокруг него по круговым орбитам. Орбиты Меркурия и Венеры находятся ближе к Солнцу по сравнению с орбитой Земли, а Юпитера и Сатурна — дальше. Луна же вращается вокруг Земли, а Земля — вокруг собственной оси. Коперник даже вычислил расстояния планет от Солнца и периоды их обращения.

Учение Коперника было не просто большим шагом в астрономии, оно дало мощный стимул для развития всего естествознания, положило начало первой научной революции. Высказывать такие смелые мысли в Средние века было небезопасно. Коперник это прекрасно понимал, он писал: «Солнце является центром мироздания и, следовательно, неподвижно. Все считают, что это заявление нелепое и абсурдное с философской точки зрения и, кроме того, формально еретическое, так как выражения его во многом противоречат Священному Писанию, согласно буквальному смыслу слов, а также обычному толкованию и пониманию Отцов Церкви и учителей богословия».

Трагически оборвалась жизнь последователя Коперника, итальянского философа и учёного, писателя и поэта *Дж. Бру́но* (1548—1600). Его догадки, значительно опередив эпоху, внесли неоценимый вклад в развитие астрономии. Он полагал, что звёзды представляют собой небесные тела, подобные нашему Солнцу, а в Солнечной системе существуют ещё не открытые планеты. Бруно утверждал, что Вселенная бесконечна и в ней существует множество миров. За своё вольномыслие он был осуждён католической церковью как еретик. Он провёл в тюрьме 8 лет, отказавшись отречься от своих убеждений. В приговоре инквизиционного трибунала Бруно был признан «нераскаявшимся, упорным и непреклонным еретиком», отлучён от церкви и подвергнут «самому милосердному наказанию без пролития крови», т. е. сожжению живым на костре. В ответ на приговор Бруно заявил



Рис. 24. Страница из рукописи Н. Коперника «Об обращениях небесных сфер» с изображением орбит планет Солнечной системы



Рис. 25. К. Банти. Галилей перед судом инквизиции. *1857 г.*

судьям: «Вероятно, вы с бóльшим страхом выносите мне приговор, чем я его выслушиваю. — И бросил в лицо своим палачам: — Сжечь — не значит опровергнуть!» 17 февраля 1600 г. он был казнён. Жизнь и смерть Джордано Бруно стала символом верности своим убеждениям.

Иную линию поведения по отношению к запретам религиозного мировоззрения выбрал в конце жизни соотечественник Бруно, выдающийся естествоиспытатель, философ, механик Г. Галилей. Последователь гелиоцентрической системы мира, он впервые использовал для астрономических наблюдений оптический прибор — телескоп, благодаря чему сделал целый ряд открытий в астрономии. Разглядев на Луне рельеф поверхности, горы и кратеры, напоминающие земные, Галилей убедительно доказывал неправомерность деления мира на земной и небесный. Учёный открыл спутники Юпитера, разглядел пятна на Солнце, доказал, что Венера вращается вокруг Солнца и, подобно Луне, меняет свои фазы. Галилей разглядел, что Млечный Путь — это грандиозное скопление звёзд, не различимых невооружённым глазом.

Твердили пастыри, что вреден
И неразумен Галилей,
Но, как показывает время:
Кто неразумен, тот умней...

Зачем их грязью покрывали?
Талант — талант, как ни клейми.
Забыты те, кто проклинали,
Но помнят тех, кого кляли.

Е. Евтушенко

В год казни Бруно Галилею было 34 года. Он не мог не знать о преследовании инквизицией столь революционных взглядов на устройство мира, но тем не менее продолжал пропагандировать свои идеи, приобретая всё большее число сторонников и последователей. Рано или поздно это должно было привести к серьёзному конфликту с Католиче-

ской церковью, и в 1633 г. Галилей предстал перед судом инквизиции (рис. 25). Под угрозой пыток он вынужден был отречься от своих убеждений, но, согласно преданию, по окончании суда произнёс свою знаменитую фразу: «И всё-таки она вертится!»

С каждым десятилетием знаний о Вселенной накапливалось всё больше, и никакие запреты не могли остановить развитие естественнонаучной мысли. Австрийский учёный *И. Кеплер* (1571—1630) открыл законы движения планет, об этих законах мы подробнее расскажем в одном из следующих параграфов. Французский учёный Р. Декарт создал вихревую модель Вселенной, в соответствии с которой все небесные тела образовывались в результате вихревых движений мировой материи. Одинаковые частицы, непрерывно двигаясь и взаимодействуя, объединялись в тела разной формы и разных размеров. С точки зрения Декарта, Солнечная система представляет собой один из таких вихрей мировой материи, а планеты вращаются вокруг Солнца, увлекаемые этим вихрем. В 1666 г. молодой Исаак Ньютон открыл закон всемирного тяготения (ему было всего 23 года!). В XVII в. в естествознании господствовало ньютоновское представление о том, что первый толчок Вселенной сообщила сверхъестественная сила, предоставившая затем материи двигаться в соответствии с законами механики.

В XVIII—XIX вв. знания о Вселенной углублялись и расширялись. Сформировалось представление о галактиках как о вращающихся образованиях, состоящих из огромного количества звёзд. На звёздном небе они могут выглядеть как туманности, аналогичные Млечному Пути. Постепенно человечество стало осознавать истинные масштабы Вселенной.

СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ И НАУКА КОСМОЛОГИЯ КАК РАЗДЕЛ АСТРОНОМИИ. XX век считается веком рождения современной астрономии. Учёные делают величайшие открытия благодаря новейшим достижениям в науке и технике, начиная от постройки огромных телескопов до создания сверхмощных компьютеров. Однако, без сомнения, главная страница в изучении околоземного пространства связана с началом полётов в космос.



Рис. 26. К. Э. Циолковский

Основоположником космонавтики является выдающийся русский учёный *К. Э. Циолко́вский* (1857—1935; рис. 26). Автор более 400 научных работ, он внёс огромный вклад в теорию реактивного движения, обосновал возможность полёта в космос на ракетном корабле, рассчитал скорость корабля, необходимую для преодоления гравитационного при-

тяжения Земли и выхода ракеты в Солнечную систему (вторая космическая скорость). Не случайно, что практическая реализация идей великого учёного впервые произошла именно в нашей стране: 4 октября 1957 г. был запущен первый искусственный спутник Земли. И конечно, нельзя не вспомнить о том, что первым человеком, совершившим космический полёт 12 апреля 1961 г., стал наш соотечественник *Ю. А. Гага́рин* (1934—1968).

Сегодня космические аппараты уже покидают пределы Солнечной системы, осваивая всё более отдалённые участки нашей Галактики.

Как ни странно, учёные до сих пор не пришли к единому определению такого фундаментального понятия, как Вселенная. Одни под Вселенной подразумевают весь окружающий нас мир. Это толкование ближе к философскому, умозрительному пониманию мира. Другие склонны считать, что Вселенная — лишь часть материального мира, доступная для изучения естественно-научными методами. Подобная материалистическая точка зрения предполагает, что Вселенной (или астрономической Вселенной, или Метагалактикой) можно называть ту часть окружающего мира, которая в настоящее время или в будущем будет доступна для изучения современными астрономическими методами. Наука, которая изучает Вселенную, называется космологией.

Космология — это раздел астрономии, который изучает свойства и эволюцию Вселенной как целостной системы.

В следующем параграфе космология даст нам ответ на вопрос, как давно образовалась Вселенная и как она устроена. →

Вы знаете

- как развивалась астрономия в Древнем мире
- основные направления развития астрономии в XVI—XIX вв.
- чем занимается современная астрономия и наука космология как раздел астрономии

Вы можете

- дать сравнительную характеристику теорий Клавдия Птолемея и Аристарха Самосского
- объяснить, что общего было во взглядах на систему мира у Н. Коперника, Дж. Бруно и Г. Галилея
- назвать учёных, которые внесли огромный вклад в развитие астрономии
- сформулировать, чем отличается астрономия от космологии

Выполните задания

1. Расскажите об эволюции представлений о Вселенной. Чем различаются геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира?
2. Используя этимологические словари, дайте толкование следующих терминов: геоцентрическая, гелиоцентрическая и антропоцентрическая системы мира.
3. Объясните, одинаковы ли по смыслу понятия Вселенная и Метагалактика.
4. Назовите имена писателей-фантастов и их произведения, посвящённые космическим путешествиям.

Темы для рефератов

1. Вклад И. Кеплера, Г. Галилея, Р. Декарта, И. Ньютона в развитие науки о Вселенной. 2. Жизнь и деятельность К. Э. Циолковского. 3. Ю. А. Гагарин — первый космонавт планеты. 4. Развитие космонавтики в нашей стране.

§ 9. Происхождение и строение Вселенной

1. Сделайте краткое сообщение об астрономии Древнего Египта, назовите богов и богинь, связанных с Солнцем, Луной и планетами, которых особо почитали египтяне.
2. Объясните, какую роль играли звёзды, планеты, кометы и другие небесные тела в составлении календарей древних народов (майя, египтян, народов Востока, Месопотамии, Рима и Греции и др.), в создании первых географических карт, в жизни древних мореходов и земледельцев.

ГИПОТЕЗЫ ОБ ОБРАЗОВАНИИ ВСЕЛЕННОЙ. Вы наверняка задавались вопросом, как образовалась Вселенная и будет ли она существовать вечно. Эта проблема волновала человечество всегда, но до сих пор абсолютно точного ответа на неё не знает никто. Существует только несколько гипотез, моделей, каждая из которых имеет своих сторонников и противников.

В 1915 г. А. Эйнштейн создал общую теорию относительности, описывающую свойства пространства и времени вблизи тел, участвующих в гравитационном взаимодействии. Применив её к описанию Вселенной, он обнаружил, что уравнения теории относительности не имеют

решения, если принять, что Вселенная стационарна, т. е. неизменна во времени и пространстве. Соответственно, был сделан вывод о том, что Вселенная с течением времени может как расширяться, так и сжиматься.

Российский математик и геофизик *А. А. Фри́дман* (1888—1925) в 1922 г. подтвердил предположение Эйнштейна. Он показал, что средняя плотность Вселенной меняется с течением времени. Это означает, что любая достаточно большая часть Вселенной, равномерно заполненная материей, не может находиться в равновесном состоянии: она должна либо сжиматься, либо расширяться.

Представьте себе, что вы стоите на перроне, а мимо вас на большой скорости проносится поезд с включённым звуковым сигналом. Когда поезд приближается к вам, частота звука повышается, он становится выше, а стоит только локомотиву проскочить мимо вас, тон звука понижается. Впервые этот эффект был описан австрийским физиком и астрономом *К. До́плером* (1803—1853) в 1842 г. и назван его именем. На эффекте Доплера основано действие милицейского радара: чем быстрее к радару приближается автомобиль, тем быстрее уменьшается длина волны отражённого от него радиоизлучения, посылаемого прибором.

Оказалось, что эффект Доплера распространяется не только на звуковые и радиоволны, но и на более коротковолновое световое излучение. Если источник света, например жёлтого, движется на вас со скоростью, сравнимой со скоростью света, частота колебаний увеличивается, длина волны уменьшается и смещается в более коротковолновую фиолетовую область спектра. Если же источник света удаляется, наблюдается обратное, длинноволновое, так называемое «красное смещение».

В 1917 г. американский астроном *В.-М. Сла́йфер* (1875—1969) обнаружил красное смещение спектральных линий в спектрах далёких галактик. В соответствии с эффектом Доплера это означает, что звёзды удаляются от Земли.

Открытие Слайфера было подтверждено в 1929 г. американским астрономом *Э.-П. Ха́ббл*ом (1889—1953), который с помощью телескопа с зеркалом диаметром 2,5 м исследовал цефеиды — пульсирующие звёзды-сверхгиганты — в галактике Туманность Андромеды. Хаббл объяснил красное смещение «разбеганием» галактик. Он установил, что скорость, с которой каждая галактика удаляется от нас, прямо пропорциональна расстоянию до неё. Значит, чем дальше от нас галактика, тем больше скорость её удаления от нас. Скорости разбегания галактик очень велики, они составляют сотни, тысячи, десятки тысяч километров в секунду. Известны галактики, удаляющиеся от нас со скоростью, равной 0,46 скорости света (скорость света в вакууме

$3 \cdot 10^8$ м/с), некоторые звёздные системы имеют скорость, равную 0,85 скорости света.

Таким образом, из приведённых рассуждений следует, что Вселенная расширяется. Возникает вопрос: в чём причина расширения Вселенной? Учёные пришли к выводу, что причиной был произошедший давным-давно взрыв и все галактики разлетались от центра этого взрыва. Он аналогичен разрыву снаряда, при котором осколки разлетаются в разные стороны. Рассмотренный вариант расширения Вселенной и одну из гипотез её образования назвали **теорией Большого взрыва.**

С помощью закона Хаббла можно оценить и возраст Вселенной, который, по теории Большого взрыва, равен примерно $13{,}7 \pm 0{,}13$ млрд лет.

Что ждёт Вселенную в дальнейшем? Согласно представлениям о Большом взрыве следует, что Вселенная при расширении охлаждается. В настоящее время её средняя температура составляет всего 2,7 К. При дальнейшем расширении она постепенно остынет и угаснет.

Теория Большого взрыва — не единственная гипотеза образования Вселенной. Согласно одной из альтернативных теорий, называемой «бесконечно пульсирующей Вселенной», мир никогда не возникал и никогда не исчезнет, он обладает периодичностью. Вселенная то расширяется, то сжимается — пульсирует. В соответствии с данной теорией с течением времени благодаря наличию гравитации расширение Вселенной должно замедлиться, произойдёт остановка, затем она начнёт снова сжиматься до тех пор, пока всё вещество не сожмётся и не произойдёт новый взрыв.

ЗВЁЗДЫ. В нашем учебнике мы уже не раз использовали термины «звёзды», «созвездия», «галактики». Действительно, кто не знает, что это такое? Однако наряду с общепринятым значением перечисленные астрономические термины несут и научную смысловую нагрузку, составляют основу понимания структуры Вселенной.

Наименьшим структурным элементом Вселенной считаются звёзды.

Звезда — это светящееся небесное тело, в котором происходят термоядерные реакции.

Именно за счёт слияния ядер атомов химических элементов, главным образом ядер водорода с образованием ядер атомов гелия (это и есть термоядерная реакция), выделяется гигантское количество энергии. По своему физическому состоянию звёзды представляют собой массивные светящиеся газовые (плазменные) шары. Температура вещества в недрах звёзд измеряется миллионами градусов, а на их поверхности — тысячами градусов. Именно звёзды представляют собой основную массу светящегося вещества во Вселенной.

Когда человек хочет образно подчеркнуть большое количество чего-либо, он говорит: «Столько, сколько звёзд на небе». А на самом деле сколько их? Ответ на этот вопрос неоднозначный. Оказывается, невооружённым глазом на небе можно увидеть всего-то около 6000 звёзд, а в каждом полушарии и того меньше — по 3000. А вот общее количество звёзд во Вселенной даже трудно оценить.

Ближайшей к Земле звездой (не считая Солнца) является Проксима Центавра. Она расположена на расстоянии 4,2 световых лет от нашей Солнечной системы.

1 световой год (1 св. год) — это расстояние, на которое свет распространяется за 1 год.

Зная, что скорость света равна 300 000 000 м/с, а в году $364 \cdot 24 \times \times 3600 = 31\ 449\ 600$ секунд, 1 световой год равен примерно $9{,}43 \times \times 1015$ м — почти 10 триллионов километров! Значит, до ближайшей звезды свет будет лететь 4,2 года и преодолеет за это время расстояние 39 триллионов км ($3{,}9 \cdot 10^{13}$ км).

Другой единицей расстояния в астрономии является 1 парсек (1 пк). 1 пк $= 3 \cdot 10^{16}$ м, или $3 \cdot 10^{13}$ км. Часто космические расстояния измеряют и в так называемых астрономических единицах.

Астрономическая единица — это среднее расстояние от Земли до Солнца, равное 150 млн км: 1 а. е. $= 1{,}5 \cdot 10^8$ км.

ЗВЁЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ. ГАЛАКТИКИ. Следующим структурным элементом Вселенной являются звёздные скопления.

Звёздные скопления — это десять и более расположенных в непосредственной близости друг от друга звёзд, гравитационно взаимодействующих друг с другом, имеющих совместное происхождение и близкий химический состав.

Между звёздами находится в виде газа и пыли межзвёздное вещество, которое, по сути, является тем же веществом, из которого образуются звёзды, только очень разреженным. Газ и пыль образуют соответственно газовые и пылевые **туманности**.

На следующей ступеньке «иерархической лестницы» Вселенной находятся галактики. Практически все процессы звёздообразования происходят именно в них.

Галактика — это гравитационно связанная система, состоящая из звёзд, межзвёздного газа и пыли.

Все объекты, составляющие галактики, участвуют в движении относительно общего центра масс, именно поэтому они рассматриваются как самостоятельные космические образования.

Галактики — чрезвычайно далёкие объекты. Именно из-за удалённости различить на небе невооружённым глазом можно всего лишь три из них: Туманность Андромеды (видна в Северном полушарии), Большое и Малое Магеллановы Облака (видны в Южном полушарии). Увидеть в галактиках отдельные звёзды не удавалось вплоть до начала XX в. К концу прошлого века учёным было известно всего около 30 галактик, в которых можно было разглядеть отдельные звёзды. А вот общее количество галактик во Вселенной учёные оценивают числом с одиннадцатью нулями — около 100 миллиардов.

По форме различают эллиптические, спиральные и неправильные галактики. Если выражать массу галактик в массе нашего Солнца, то самые крупные в триллионы раз тяжелее нашего светила. Диаметр галактик колеблется от 5 до 50 килопарсек (от 16 до 160 тысяч световых лет).

Солнечная система находится в галактике, которая называется Млечный Путь. Все видимые невооружённым глазом отдельные звёзды, а также сливающиеся в «молоко» звёздные скопления находятся в нашей галактике.

Самыми крупными объектами во Вселенной являются **скопления галактик** и **сверхскопления галактик**. Размер сверхскоплений достигает нескольких миллионов световых лет.

СОЗВЕЗДИЯ. С незапамятных времён люди видели на небе группы звёзд, расположение которых напоминало какую-нибудь фигуру. Такие звёздные группы стали называть созвездиями и давать им имена — мифологических царей, героев или предметов, животных.

До утра смотрел астроном.
Был в цветах душистый май,
И над бледным небосклоном
Выплыл новый неба край:
Лебедь был в зените мира,
Вниз спускался Геркулес,
В вышине горела Лира,
И сиял весь свод небес.

Н. Морозов

Созвездия — это участки звёздного неба, выделенные для удобства ориентировки на небесной сфере и обозначения звёзд.

На самом деле звёзды в созвездии, видимом с Земли, могут быть расположены очень далеко друг от друга, никак друг с другом не связаны. Поэтому созвездия не являются структурными элементами Вселенной, это чисто визуальное восприятие отдельных участков звёздного неба.

До XIX в. в созвездия включали группы звёзд, некоторые входили сразу в несколько созвездий. В начале XIX в. между созвездиями были

проведены условные границы, которые разделили весь небосвод на отдельные участки. Однако чёткого определения созвездий по-прежнему не было, и разные астрономы определяли их по-своему.

В 1922 г. в Риме решением I Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза был окончательно утверждён список из 88 созвездий, на которые было поделено звёздное небо, а в 1928 г. были приняты чёткие и однозначные границы между этими созвездиями.

Из этих 88 созвездий только 47 известны с незапамятных времён — уже несколько тысячелетий — и охватывают область неба, доступную наблюдателям с юга Европы. Остальные, более современные созвездия были определены в эпоху Великих географических открытий в XVII—XVIII вв. в результате изучения южного неба. Названия этих созвездий, как правило, не имеют мифологических корней.

Впервые давать названия небесным телам стали в Древнем Египте. Египтяне называли созвездия в честь богов, многие из которых представлялись в виде различных животных. Таких названий почти не сохранилось до наших дней.

Большинство названий созвездий (рис. 27), которыми мы пользуемся сейчас, появилось в Древней Греции. В основе их — главным образом мифологические корни. Благодаря поэтичному воображению греков, которые соединяли отдельные звёзды в осмысленные образы, на небе появились Кассиопея (внучка бога Гермеса, жена эфиопского царя Кефея), Андромеда (дочь Кефея и Кассиопеи, которую должны были принести в жертву чудовищу), Персей (победитель горгоны Медузы и спаситель Андромеды), Пегас (крылатый конь), Геркулес (римское имя героя древнегреческих мифов Геракла) и другие созвездия. Даже те названия, которые на первый взгляд не связаны с мифологическими персонажами, всё равно родом из мифологии. Например, чудовище Тифон (сын богини Геи) «способствовал» появлению ещё одного созвездия — созвездия Рыб. По одной из версий древнегреческой легенды, прекрасная богиня Афродита и её сын Эрот прогуливались по берегу реки и встретили Тифона. В ужасе, спасаясь от чудовища, они бросились в воду и превратились в двух рыб, что и нашло позднее отражение на небе в виде созвездия.

ЗОДИАК, ЗОДИАКАЛЬНЫЕ СОЗВЕЗДИЯ. При годовом движении среди звёзд Солнце проходит через 12 созвездий, называемых зодиакальными (в переводе с греческого «зодиак» означает «звериный»).

Зодиак — это совокупность созвездий, расположенных вдоль эклиптики — большого круга небесной сферы, по которому Солнце совершает свой видимый путь в течение года.

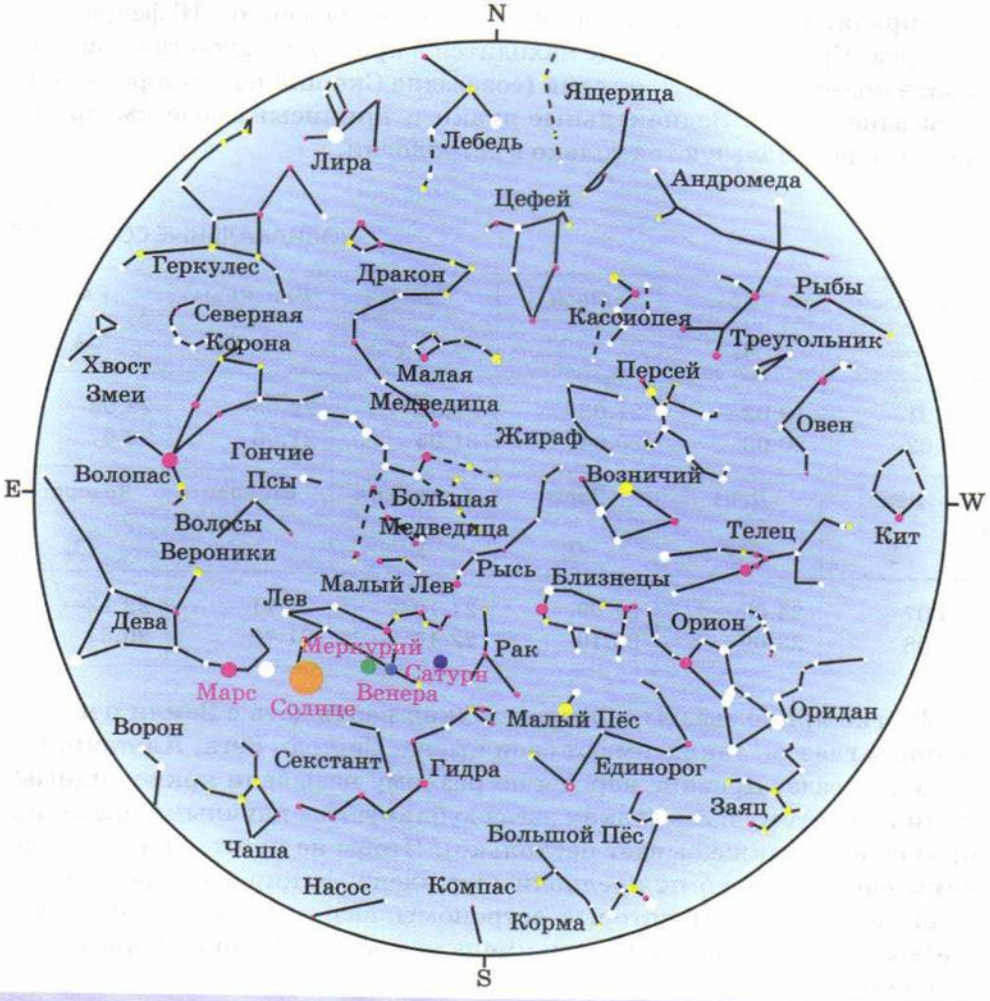


Рис. 27. Основные созвездия Северного полушария

Хотя Солнце проходит также и через 13-е созвездие — созвездие Змееносца, расположенное рядом с созвездиями Скорпиона и Стрельца, его по древней традиции не относят к зодиакальным.

Ещё в Древней Греции каждое зодиакальное созвездие кроме названия имело собственный знак-символ (табл. 4). Для нас привычно делить календарный год на примерно равные по продолжительности зодиакальные периоды, а затем по многочисленным гороскопам узнавать «тайны судьбы» в зависимости от того, под каким знаком Зодиака мы родились. При этом имейте в виду, что нет ничего общего между временем прохождения Солнца по «территории» зодиакального созвездия и периодами, указанными в таблице. Например, водолеями по гороскопу считаются люди, родившиеся в период с 21 января по

18 февраля, а Солнце проходит это созвездие примерно с 16 февраля по 11 марта. Кроме того, Солнце находится в пределах каждого созвездия разное количество дней: от семи (созвездие Скорпиона) до сорока семи (созвездие Девы). Зодиакальные знаки и приписываемые им промежутки года используются только в астрологии.

Таблица 4

ЗОДИАКАЛЬНЫЕ СОЗВЕЗДИЯ

Водолей	Рыбы	Овен	Телец	Близнецы	Рак
♒	♓	♈	♉	♊	♋
21.01—18.02	19.02—20.03	21.03—20.04	21.04—21.05	22.05—21.06	22.06—22.07
Лев	**Дева**	**Весы**	**Скорпион**	**Стрелец**	**Козерог**
♌	♍	♎	♏	♐	♑
23.07—23.08	24.08—23.09	24.09—23.10	24.10—22.11	23.11—21.12	22.12—20.01

Многие яркие звёзды, которые можно наблюдать с Земли невооружённым глазом, также имеют свои имена: Сириус, Вега, Альтаир, Полярная звезда. Древние народы по-разному называли яркие видимые светила, поэтому имена таких звёзд дублируются научными названиями (которых также бывает несколько). Чтобы не путаться в обозначениях звёзд, астрономы предпочитают идентифицировать их по координатам на небе. Некоторые астрономы называли вновь открытые звёзды в свою честь, однако эти имена никогда не были признаны официально.

ПЛАНЕТЫ, СПУТНИКИ. АСТЕРОИДЫ, КОМЕТЫ. Некоторые звёзды, подобно Солнцу, имеют свою планетную систему.

Планета — это небесное тело, вращающееся по орбите вокруг какой-либо звезды.

Под действием собственной гравитации планеты приобретают округлую форму.

Многие планеты вращаются вокруг своих звёзд не одни, а в сопровождении спутников.

Спутник — это небесное тело, вращающееся по собственной орбите вокруг планеты.

Спутники планет Солнечной системы тоже называли в честь мифологических персонажей. Например, Фобос и Деймос, спутники Марса, названы в честь сыновей бога войны Ареса (Марс — его римский аналог) и богини любви и красоты Афродиты (в Риме — Венеры).

Помимо звёзд, планет и их спутников в космическом пространстве наблюдают астероиды.

Астероиды — это небольшие планетоподобные небесные тела, движущиеся по орбите вокруг звезды.

В Солнечной системе обнаружено более полумиллиона астероидов, из которых только сотая часть имеет названия. Долгое время в астрономии сохранялась всё та же традиция называть астероиды именами мифологических богов и героев. Так, самым крупным астероидом в Солнечной системе считалась Церера (по имени древнеримской богини, покровительницы урожая и плодородия), имеющая размеры приблизительно 975 × 909 км и с 2006 г. получившая статус карликовой планеты. Постепенно запас мифологических имён иссяк, и астероиды стали называть именами собственными или нарицательными. Так, после теракта 11 сентября три астероида получили названия Сострадание, Солидарность и Великодушие.

Ещё один тип небесных тел — это кометы.

Комета — это небесное тело, движущееся по сильно вытянутым орбитам на значительном расстоянии от Солнца; имеет вид слабо светящегося пятна овальной формы, которая с приближением к Солнцу принимает вид головы и хвоста.

Когда средь сонма звёзд, размеренно и стройно,
Как звуков перелив, одна вослед другой,
Определённый путь свершающих спокойно,
Комета полетит неправильной чертой,
Недосозданная, вся полная раздора,
Невзнузданных стихий неистового спора,
Горя ещё сама и на пути своём
Грозя иным звездам стремленьем и огнём,
Что нужды ей тогда до общего смущенья,
До разрушения гармонии?.. Она
Из лона отчего, из родника творенья
В созданья стройный круг борьбою послана,
Да совершит путём борьбы и испытанья
Цель очищения и цель самосозданья.

А. Григорьев

Кометы представляют собой сгустки замороженных газов и несут в себе остатки веществ, сохранившихся со времён формирования Солнечной системы. Поэтому изучение комет представляет большой интерес.

Может ли обычный человек, не астроном, открыть комету? С появлением Интернета такая возможность появилась у каждого. Для этого достаточно загрузить на свой компьютер со специальных сайтов фотографии различных участков неба, сделанных профессиональными телескопами, и внимательно изучать их.

Отчасти чтобы стимулировать поиски комет, многие из которых обнаруживают любители, астрономы решили присваивать кометам имена первооткрывателей.

Как видите, изучать небесные тела и даже называть своими именами кометы доступно каждому. А как изучают Вселенную профессионалы? Об этом пойдёт речь в следующем параграфе. →

Вы знаете

- гипотезы об образовании Вселенной
- что такое звёзды
- что такое звёздные скопления, галактики
- что такое созвездия
- что такое Зодиак, зодиакальные созвездия
- что такое планеты, спутники; астероиды, кометы

Вы можете

- объяснить, в чём суть теории Большого взрыва
- назвать имена учёных, которые занимались вопросом образования Вселенной
- сформулировать основные астрономические понятия и термины: звезда, галактика, планета, созвездие и т. д.
- перечислить созвездия, названные именами мифологических царей, богов, героев

Выполните задания

1. Приведите гипотезы происхождения Вселенной. Расскажите, в чём их суть и на чём они основаны.
2. Объясните, чем отличается звезда от планеты, астероид от кометы.
3. Назовите другие галактики, известные вам.
4. Перечислите единицы измерения, которые используются в астрономии, дайте их определения.

Темы для рефератов

1. Наша галактика — Млечный Путь. 2. Астрология и астрономия — краткий исторический экскурс. 3. Мифология в астрономии.

§ 10. Приборы и аппараты для изучения астрономических объектов

1. Назовите открытия, сделанные учёными с помощью телескопа.
2. Перечислите известные вам астрономические инструменты.

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ТЕЛЕСКОПА. Самые выдающиеся открытия в астрономии свершились после того, как человек впервые взглянул на небо через окуляр телескопа.

В 1608 г. голландский оптик, мастер по производству очков *И. Липперсге́й* (ок. 1570—1619) продемонстрировал своё изобретение — подзорную трубу. Именно этот год и считается годом открытия телескопа, хотя, вероятно, подзорные трубы были известны ранее. Чертежи простейшего линзового телескопа были обнаружены ещё в рисунках Леонардо да Винчи, датируемых 1509 г.

Первым, кто направил зрительную трубу в небо, превратив её таким образом в телескоп, был Г. Галилей. В 1609 г. он изготовил первый телескоп с 3-кратным увеличением, затем приборы с 8-кратным и 32-кратным увеличением. Длина последнего была уже 1,25 м, а диаметр объектива около 4,5 см. Несмотря на всё несовершенство первых телескопов, Галилей с их помощью сделал ряд выдающихся открытий: обнаружил четыре спутника Юпитера, фазы Венеры, пятна на Солнце, горы на Луне, диск у Сатурна.

Полночных солнц к себе нас манят светы...
В колодцах труб пытливый тонет взгляд.
Алмазный бег вселенные стремят:
Системы звёзд, туманности, планеты,

От Альфы Пса до Веги и от Бэты
Медведицы до трепетных Плеяд —
Они простор небесный бороздят,
Творя во тьме свершенья и обеты.

О, пыль миров! О, рой священных пчёл!
Я исследил, измерил, взвесил, счёл, —
Дал имена, составил карты, сметы...

Но ужас звёзд от знанья не потух.
Мы помним всё: наш древний, тёмный дух,
Ах, не крещён в глубоких водах Леты!

М. Волошин

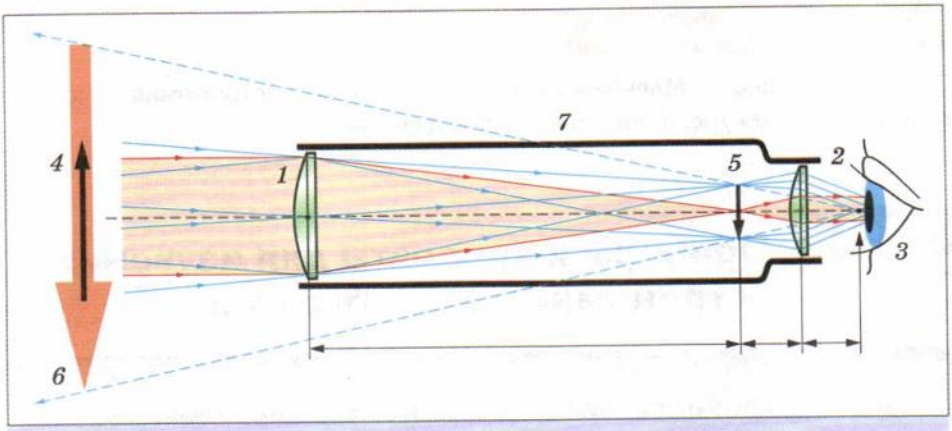


Рис. 28. Схема устройства линзового телескопа Кеплера: *1* — объектив (собирающая линза); *2* — окуляр (собирающая линза); *3* — глаз; *4* — объект; *5* — промежуточное изображение; *6* — увеличенное перевёрнутое изображение; *7* — корпус телескопа

ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛИНЗОВЫХ, ЗЕРКАЛЬНЫХ И ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫХ ТЕЛЕСКОПОВ. В зависимости от принципа действия и типа используемого объектива телескопы бывают линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые.

В линзовых телескопах, или рефракторах, для собирания света используется система линз, называемая **объективом**. Принцип действия таких телескопов основан на явлении преломления света — рефракции. Свет от небесных тел попадает в объектив. Объектив создаёт уменьшенное изображение рассматриваемого предмета в фокусе линзы, и наблюдатель рассматривает это изображение в окуляр, как в лупу. На рисунке 28 изображена схема телескопа, которым пользовался И. Кеплер и принцип действия которого лежит в основе большинства современных линзовых телескопов. Особенность такого телескопа заключается в том, что изображение наблюдаемого предмета является перевёрнутым. Самый большой линзовый телескоп находится в Йеркской обсерватории в США, диаметр его линзы составляет 102 см (рис. 29).



Рис. 29. Телескоп Йеркской обсерватории

В зеркальных телескопах, или рефлекторах, светособирающими элементами являются не линзы, а зеркала (рис. 30). Первый зеркальный телескоп был построен И. Ньютоном в 70-х гг. XVII в., с тех пор большинство астрономических наблюдений проводится именно рефлекторами. До начала XXI в. самым большим зеркальным телескопом в

мире считался российский телескоп «БТА», установленный в 1976 г. в горах Кавказа, диаметр его главного зеркала — 6 м. На сегодняшний день самым большим зеркальным телескопом является «Gran Telescopio Cana-rias» с диаметром главного зеркала 10,4 м, установленный в 2002 г. на Канарских островах.

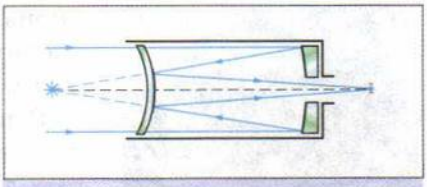


Рис. 30. Ход лучей в зеркальном телескопе

В зеркально-линзовых телескопах в качестве объектива используется система линз и зеркал (рис. 31). Основным преимуществом телескопов такого типа является относительно большое поле зрения, позволяющее вести измерения расстояний между небесными телами.

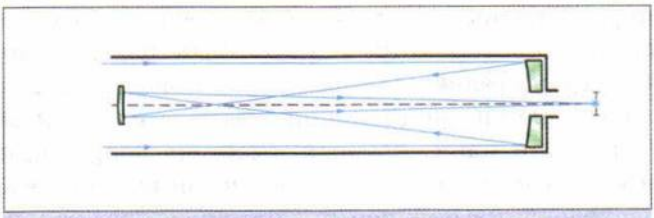


Рис. 31. Ход лучей в зеркально-линзовом телескопе

Для нас слово «телескоп» ассоциируется с прибором, который служит для увеличения угла зрения, под которым виден космический объект. Если это оптический телескоп, то это так. Но небесные тела излучают электромагнитные волны не только видимого диапазона, но и более длинноволновое излучение (инфракрасное, излучение в радиодиапазоне), и менее длинноволновое (ультрафиолетовое, рентгеновское, гамма-излучение). Поэтому в широком смысле слова телескопы служат для астрономических наблюдений за небесными телами на основе регистрации всех перечисленных видов электромагнитных волн.

РАДИОТЕЛЕСКОПЫ. Для исследования космических объектов, которые излучают радиоволны, применяют радиотелескопы. Основными элементами радиотелескопов являются принимающая антенна и очень чувствительное приёмное устройство — радиометр. Конструкции антенн радиотелескопов отличаются большим разнообразием, что обусловлено очень широким диапазоном длин волн, используемых в радиоастрономии (от 0,1 мм до 1000 м). Чаще всего антенны радиотелескопов представляют собой параболические отражатели, подобные зеркалам обычных оптических рефлекторов, которые фокусируют радиосигнал на радиометр. Радиометр усиливает принятое антенной ра-



Рис. 32. Российский радиотелескоп «РАТАН-600»

диоизлучение и преобразует его в форму, удобную для регистрации и дальнейшей обработки.

С помощью радиотелескопов учёные получают не привычное для нас изображение небесных тел, а иные их характеристики: точные координаты, пространственную структуру, интенсивность излучения и др.

Крупнейший отечественный радиотелескоп «РАТАН-600» (рис. 32) установлен в горах Северного Кавказа недалеко от станицы Зеленчукская. Местоположение выбрано не случайно: здесь в окружении гор, на высоте 970 м над уровнем моря, в южных широтах России практически круглый год ясное, безоблачное небо, а отсутствие поблизости больших населённых пунктов минимизирует влияние посторонних техногенных радиошумов. Телескоп состоит из 895 отражателей радиоволн, установленных по кольцу диаметром 576 м. В задачи специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, которая имеет на вооружении этот уникальный прибор, входят постоянный радиомониторинг небесного пространства, исследование излучения Солнца, звёзд, галактик и иных космических объектов, изучение эволюции, химического состава, магнитных полей небесных тел и многое другое. Как знать, быть может, первый радиосигнал от наших братьев по разуму из далёкого космического пространства будет зарегистрирован и расшифрован именно с помощью этого радиотелескопа.

КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП «ХАББЛ». Значительная часть электромагнитного излучения небесных тел поглощается атмосферой Земли и не доходит до её поверхности. А это означает, что для более детального изучения космоса телескопы необходимо выводить за пределы земной атмосферы, что стало возможным благодаря началу космической эры — успешному запуску космических аппаратов.



Рис. 33. Космический телескоп «Хаббл» (снимок с корабля «Атлантис»)

Наиболее известной автоматической обсерваторией, выведенной на околоземную орбиту, является космический телескоп «Хаббл» (рис. 33), названный в честь выдающегося американского астронома. Старт нового космического проекта, на тот период одного из самых дорогостоящих в истории изучения космоса, был дан в 70-х гг. прошлого века. Первоначальный проект из-за чрезмерно высокой стоимости был отклонён Конгрессом

США: планируемый диаметр главного зеркала рефлектора пришлось уменьшить с 3 до 2,4 м, а также отказаться от размещения дополнительных устройств. Самым дорогостоящим элементом телескопа является зеркало, а самыми главными его качествами — точность полировки и радиус кривизны. Представьте себе: допустимая шероховатость поверхности не должна была превышать $^1/_{20}$ длины волны принимаемого излучения! Если проводить наблюдение в видимом диапазоне с длиной волны примерно 600 нм, то глубина «бороздки» на зеркале не должна превышать 30 нм. Сопоставимая по сложности задача: «отполировать» поверхность земли площадью с Москву с отклонением от идеальной сферы не более 6 см.

Шлифовка зеркала заняла более двух лет и многократно превысила планируемые расходы. При этом предстояло построить космический корабль, который выведет на орбиту уникальный телескоп. Таким кораблём стал космический челнок «Дискавери», который с «Хаббломом» на борту стартовал 24 апреля 1990 г. и на следующий день вывел телескоп на расчётную орбиту.

Вот уже несколько десятилетий космический телескоп «Хаббл» находится на околоземной орбите примерно в 560 км от поверхности Земли. За годы работы им передано на Землю более миллиона изображений нескольких десятков тысяч небесных объектов — звёзд, туманностей, галактик (рис. 34), планет, а общий объём цифровой информации, накопленной за всё время работы телескопа, превышает 20 терабайт. Более 3900 астрономов получили возможность использовать его для наблюдений, опубликовано около 4000 статей в научных журналах. С помощью «Хаббла» впервые были получены карты поверхности Плутона, наблюдались ультрафиолетовые полярные сияния на Сатурне и Юпитере, получены данные о планетах вне Солнечной системы, подтверждена теория о сверхмассивных чёрных дырах в центрах галактик, уточнён возраст Вселенной.



Рис. 34. Снимок галактики M100, сделанный телескопом «Хаббл»

Вместе с тем цена, которую приходится платить за информацию с «Хаббла», весьма высока — в 100 и более раз выше, чем наземного рефлектора с таким же диаметром зеркала. Предполагается, что его работа на орбите будет закончена к 2014 г.

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ СТАНЦИИ, ИХ ВКЛАД В ИЗУЧЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ. Если возможно разместить телескоп на искусственном спутнике Земли, то нельзя ли снабдить им космический аппарат, направляющийся в межпланетное пространство?

Первый в мире космический аппарат, который развил вторую космическую скорость, преодолел притяжение Земли и стал искусственным спутником Солнца, — это советская межпланетная станция «Луна-1». В январе 1959 г. был осуществлён запуск станции на траекторию полёта к Луне с ракеты-носителя «Восток-Л». «Луна-1» приблизилась к поверхности естественного спутника Земли на расстояние всего 6000 км, передала на Землю ценнейшую для того времени информацию о радиационных и магнитных полях Земли и Луны, провела первые измерения параметров так называемого солнечного ветра (поток ионизированных частиц, истекающий из солнечной короны), передала детальные фотографии лунной поверхности.

С тех пор автоматические межпланетные станции стали незаменимыми помощниками учёных в изучении космического пространства. Типичными объектами их исследования являются планеты Солнечной системы, их естественные спутники, астероиды, кометы и т. п. При этом обычно производится фотографирование, изучение рельефа, измерение магнитного поля, радиации, температуры, определение химического состава атмосферы другой планеты, грунта и космического пространства вблизи планеты.

Необходимо отметить, что сложнейшие технологии проектирования, изготовления, запуска и эксплуатации межпланетных станций доступны лишь немногим высокоразвитым странам мира, среди которых Россия, США, Япония, страны Евросоюза, Китай и Индия. Среди наиболее известных аппаратов у каждого на слуху космические путешественники серии «Венера», «Маринер», «Викинг», «Галилео», «Вега», «Кассини» и др.

МЕЧТЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА О ДАЛЁКИХ ЗВЁЗДАХ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС. Что нужно для того, чтобы направить космический корабль за пределы Солнечной системы к далёким звёздам? Для этого необходимо, чтобы он набрал третью космическую скорость — минимально необходимую, позволяющую преодолеть притяжение Солнца и уйти в межзвёздное пространство. При благоприятном старте корабль может достичь третьей космической скорости уже при 16,6 км/с относительно Земли. В настоящее время звездолётами такого типа являются «Пионер-10», «Пионер-11», «Вояджер-1», «Вояджер-2».

Казалось бы, именно на межзвёздные летательные аппараты и нужно делать ставку исследователям космического пространства. Вот только два непреодолимых пока обстоятельства сдерживают оптимизм учёных: это огромные расстояния даже до ближайших звёзд и незначительная по сравнению со скоростью света скорость космических аппаратов. Например, «Пионер-10» движется по направлению к Альдебарану — ярчайшей звезде в созвездии Тельца и одной из ярчайших звёзд на ночном небе, до которой он долетит через... 2 миллиона

лет! Как вы уже знаете, расстояние от Земли до ближайшей после Солнца звезды Проксима Центавра (в звёздной системе Альфа Центавра), по данным телескопа «Хаббл», примерно 4,2 светового года, что в 270 000 раз больше расстояния от Земли до Солнца.

Неужели мы так и не станем свидетелями встречи земных аппаратов с далёкими звёздными системами? Научно-технический прогресс развивается такими темпами, что расстраиваться по этому поводу рано. Стоит только придать космическому кораблю скорость, близкую к скорости света, и он долетит до Проксимы Центавра за несколько лет. А для этого нужны новые космические двигатели, использующие принципиально иные источники энергии, возможность сборки межгалактических кораблей на орбите, уникальные конструкционные материалы.

Но, как минимум, нужны знания об основных законах движения небесных тел, и об этом — в следующем параграфе. →

Вы знаете

- историю создания телескопа
- принцип работы линзовых, зеркальных, линзово-зеркальных телескопов и радиотелескопов
- о работе космического телескопа «Хаббл» и межпланетных станций, их вкладе в изучение Вселенной
- как мечты человечества о далёких звёздах превратить в реальность

Вы можете

- объяснить принцип работы основных типов телескопов
- назвать крупнейшие российские и зарубежные оптические и радиотелескопы
- на примере телескопа «Хаббл» показать, какой вклад в науку был сделан учёными с помощью космических телескопов
- перечислить некоторые межпланетные станции и космические звездолёты-обсерватории

Выполните задания

1. Рассмотрите схемы устройства и объясните принцип работы линзового, зеркального и зеркально-линзового телескопов.
2. Объясните принцип работы радиотелескопа. Какие открытия в астрономии были сделаны с его помощью?

3. Сформулируйте, что такое первая, вторая и третья космические скорости.

4. Прочитайте фантастический рассказ А. Кларка «Солнечный ветер». Ответьте, за счёт чего приводились в движение космические корабли, участвующие в гонках будущего. Какая идея, высказанная Кларком в 1945 г., предвосхитила организацию глобальной системы связи и практически всех систем коммуникации, в том числе Интернета?

Темы для рефератов

1. История изобретения телескопа и первые открытия в астрономии, сделанные с его помощью. 2. Космические телескопы «Комптон», «Чандра», «Спитцер» и их роль в исследовании астрономических объектов. 3. Крупнейшие оптические телескопы на Земле. 4. Автоматические межпланетные станции и их вклад в изучение Вселенной. 5. Перспективы развития межзвёздных летательных аппаратов.

§ 11. Законы движения небесных тел

Дайте оценку научной деятельности И. Ньютона, его вклада в науку.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ДВИЖЕНИИ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ. Глядя на звёздное небо, не перестаёшь удивляться безукоризненному порядку, «управляющему» движением бесчисленного множества небесных тел.

И действительно, вы без труда найдёте на звёздном небе Полярную звезду (последняя звёздочка в ручке ковша Малой Медведицы), всегда указывающую направление на север (рис. 35). Кто-то сумеет показать утреннюю или вечернюю Венеру — третий по яркости объект на нашем северном небосводе. Более осведомлённые в астрономии отыщут созвездие Кассиопея, ярчайшие звёзды которого образуют фигуру в форме буквы W. Но только специалисты могут рассчитать положение любого космического объекта в любой момент

Движенья нет, сказал мудрец брадатый.
Другой смолчал и стал пред ним ходить.
Сильнее бы не мог он возразить;
Хвалили все ответ замысловатый.
Но, господа, забавный случай сей
Другой пример на память мне приводит:
Ведь каждый день пред нами солнце ходит,
Однако ж прав упрямый Галилей.

А. Пушкин

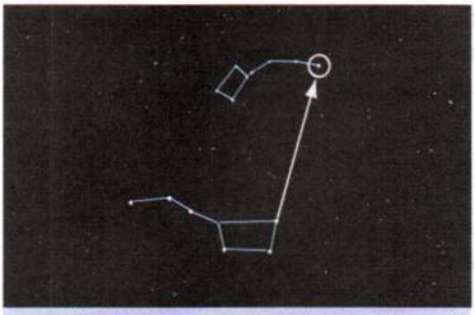


Рис. 35. Созвездия Большой и Малой Медведицы (в кружочке показана Полярная звезда)

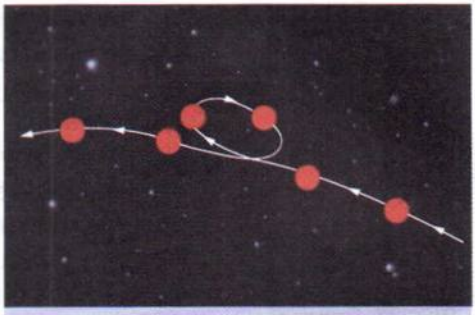


Рис. 36. Кажущаяся с Земли траектория движения Марса относительно неподвижных звёзд

времени, поскольку движение небесных тел подчиняется строгим закономерностям.

Эти закономерности всегда волновали исследователей. Наблюдателю с Земли кажется, что движение одних небесных тел (Луны, Земли вокруг Солнца) происходит по круговым орбитам, других (например, Марса) — по замысловатым траекториям (рис. 36). Последняя иллюзия создаётся потому, что мы ведём наблюдение не с неподвижного, а с движущегося объекта — нашей планеты Земля.

ТРИ ЗАКОНА КЕПЛЕРА. Предположение о равномерном круговом движении планет Солнечной системы не согласовывалось с гелиоцентрической системой мира Н. Коперника, поскольку расхождения между вычисленным и реальным положением планет в определённые промежутки времени было значительным. Это противоречие удалось разрешить выдающемуся немецкому астроному И. Кеплеру. На основании многолетних наблюдений за движением планет, изучения трудов своих предшественников Кеплер открыл три закона, названных впоследствии его именем.

Первый закон Кеплера, называемый также законом эллипсов, был сформулирован учёным в 1609 г.

Первый закон Кеплера: все планеты Солнечной системы движутся по эллиптическим орбитам, в одном из фокусов которых находится Солнце.

Ближайшая к Солнцу точка P траектории называется **перигелием**, точка A, наиболее удалённая от Солнца, — **афелием**. Расстояние между афелием и перигелием

» **Напомним,** что среднее расстояние от Земли до Солнца называется астрономической единицей (а. е.) и равно 150 млн км.

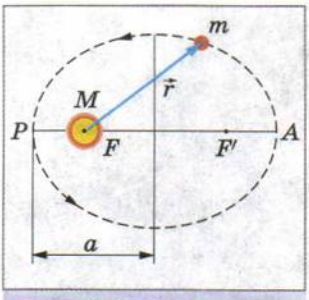


Рис. 37. Схема эллиптической орбиты движения планет: P — перигелий; A — афелий; a — среднее расстояние от планеты до Солнца; m — масса планеты; M — масса Солнца; F, F' — фокусы орбиты; $\vec{r}$ — радиус-вектор планеты

составляет большую ось эллиптической орбиты. Половина длины большой оси, полуось a, — это среднее расстояние от планеты до Солнца.

Форму эллипса, степень его отличия от окружности определяет соотношение c/a, где c — расстояние от центра эллипса до фокуса, a — большая полуось эллипса.

Чем больше это отношение, тем более вытянута орбита движения планеты (рис. 37), фокусы находятся дальше друг от друга. Если это отношение равно нулю, то эллипс превращается в окружность, фокусы сливаются в одну точку — центр окружности.

Орбиты Земли и Венеры почти круговые, для Земли соотношение c/a составляет 0,0167, для Венеры — 0,0068. Орбиты других планет более сплющенные. Наиболее вытянута орбита Плутона, для которого $c/a = 0{,}2488$.

По эллиптическим орбитам движутся не только планеты вокруг Солнца, но и спутники (естественные и искусственные) вокруг планет. Ближайшая к Земле точка движения спутника называется **перигеем**, самая удалённая — **апогеем**.

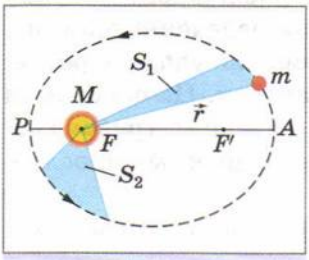


Рис. 38. Схема движения планет вокруг Солнца в равные промежутки времени: P — перигелий; A — афелий; m — масса планеты; M — масса Солнца; $\vec{r}$ — радиус-вектор планеты; S_1, S_2 — площади, описываемые радиусом-вектором планеты; F, F' — фокусы орбиты

Второй закон Кеплера (закон площадей): радиус-вектор планеты описывает в равные промежутки времени равные площади.

На рисунке 38 проиллюстрирован второй закон Кеплера. Из рисунка понятно, что радиус-вектор — это отрезок, соединяющий фокус орбиты (по сути, центр Солнца) и центр планеты в любой точке её движения по орбите. В соответствии со вторым законом Кеплера площади выделенных цветом секторов равны между собой. Тогда получается, что за одинаковый промежуток времени планета проходит по орбите разное расстояние, т. е. скорость движения не постоянна: $v_2 > v_1$. Чем ближе планета к перигелию, тем быстрее её движение, будто она стремится скорее уйти подальше от палящих солнечных лучей.

Третий закон Кеплера (гармонический): квадраты периодов обращения двух планет вокруг Солнца относятся друг к другу, как кубы больших полуосей их орбит.

Помня, что длина большой полуоси орбиты считается средним расстоянием от планеты до Солнца, запишем математическое выражение третьего закона Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

где T_1, T_2 — периоды обращения планет 1 и 2; a_1, a_2 — среднее расстояние от планет 1 и 2 до Солнца.

Третий закон Кеплера выполняется как для планет, так и для спутников, с погрешностью не более 1%.

На основании этого закона можно вычислить продолжительность года (время полного оборота вокруг Солнца) любой планеты, если известно её расстояние до Солнца. И наоборот — по этому же закону можно рассчитать орбиту, зная период обращения.



Рис. 39. Г. Кнеллер. Портрет Исаака Ньютона. *1689 г.*

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ. Что же заставляет планеты двигаться вокруг Солнца, почему они не разлетаются в разные стороны в безбрежные просторы Вселенной? Оказывается, управляет движением небесных тел закон всемирного тяготения, открытый И. Ньютоном (рис. 39) в 1682 г.

Закон всемирного тяготения: сила тяготения между двумя телами прямо пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Именно гравитация заставляет предметы падать на землю, удерживает нас на поверхности планеты, не отпускает Луну и искусственные спутники Земли в свободное плавание, а самой планете предписывает движение вокруг Солнца. Таким образом, научное обоснование эмпирических законов Кеплера дал выдающийся английский физик, математик и астроном Исаак Ньютон, один из основоположников классической физики.

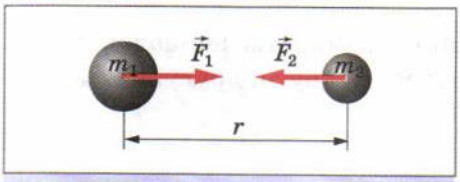


Рис. 40. Интерпретация закона всемирного тяготения

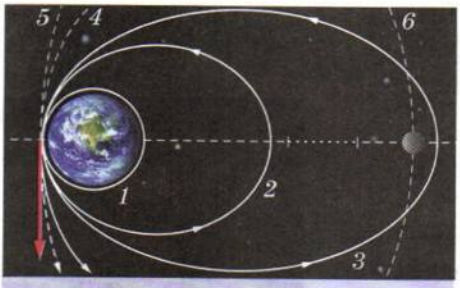


Рис. 41. Траектории движения спутника при различных скоростях: *1* — круговая; *2—3* — эллиптические; *4* — параболическая; *5* — гиперболическая; *6* — орбита движения Луны

Идея о взаимном притяжении тел высказывалась и до Ньютона, однако только он сумел облечь закон в строгую математическую форму:

$$F = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2},$$

где F — сила тяготения; G — гравитационная постоянная ($6{,}67 \times \times 10^{-11}$ Н · м^2/кг^2); m_1, m_2 — массы тел; r — расстояние между двумя телами.

Кроме того, как бы мы ни старались экспериментально обнаружить взаимное тяготение даже довольно массивных тел, массами в сотни тонн, сделать это нам вряд ли удастся из-за незначительной величины действующей на них силы. Ньютон распространил закон на движение небесных тел, которые, несмотря на большие расстояния, обладают гигантской массой и, следовательно, испытывают на себе действие больших сил гравитации (рис. 40).

На основе закона всемирного тяготения Ньютон дал строгую математическую интерпретацию законов Кеплера. Он доказал, что под действием гравитации одно небесное тело может двигаться относительно другого по круговой, эллиптической, параболической или гиперболической орбитам (рис. 41). Применительно к запуску космического корабля с поверхности Земли закон позволяет рассчитать начальные скорости, при которых этот корабль будет иметь различные траектории дальнейшего движения.

ПЕРВАЯ, ВТОРАЯ И ТРЕТЬЯ КОСМИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ. Чтобы преодолеть силу земного тяготения и превратиться в искусственный спутник Земли, двигающийся вокруг неё по круговой орбите, корабль должен развить **первую космическую скорость**: $\upsilon_1 = 7{,}9$ км/с. При дальнейшем увеличении скорости орбита движения приобретает всё более и более вытянутый, эллиптический характер вплоть до достижения **второй космической скорости**: $\upsilon_2 = 11{,}2$ км/с. Она позволяет космическому кораблю преодолеть земное тяготение, уйти на орбиту движения вокруг Солнца в его гравитационном поле, т. е. превратиться в миниатюрную планету Солнечной системы. При старте с ещё большей скоростью параболическая траектория превращается в гиперболу. А вот для

того чтобы покинуть пределы Солнечной системы, преодолеть гравитационное притяжение Солнца, межзвёздный корабль должен развить **третью космическую скорость:** $v_3 = 16{,}6$ км/с. Величина третьей космической скорости зависит от того, в каком направлении корабль выходит из зоны действия земного тяготения. Она минимальна ($v_3 = 16{,}6$ км/с), если это направление совпадает с направлением орбитального движения Земли вокруг Солнца, и максимальна ($v_3 = 72{,}8$ км/с), когда эти направления противоположны.

В завершение приведём один факт из жизни великого учёного. Будучи, безусловно, одним из умнейших людей своей эпохи, Ньютон тем не менее в преклонном возрасте стал жертвой финансовой аферы. Он приобрёл на крупную сумму ценные бумаги торговой компании. Вскоре финансовая пирамида рухнула, банк компании объявил себя банкротом. Ньютон потерял более 20 000 фунтов, после чего заявил: «Я могу рассчитать движение небесных тел, но не степень человеческой непорядочности». Советуем и вам при принятии ответственных решений вспоминать это изречение Ньютона.

ЗАКОН ХАББЛА. Подчиняется ли рассмотренным законам движение более крупных космических объектов — звёздных скоплений, галактик, туманностей? Безусловно, да. Однако в столь больших масштабах действуют и иные законы движения. В качестве примера приведём закон Хаббла — закон разбегания галактик.

Как вы уже знаете, наша Вселенная постоянно расширяется, расстояние между галактиками увеличивается. Оказалось, что такое разбегание подчиняется строгой закономерности.

Закон Хаббла: скорость удаления галактик друг от друга прямо пропорциональна расстоянию между ними.

Математическое выражение закона Хаббла очень простое:

$$v = H \cdot r,$$

где v — скорость удаления галактик друг от друга, H — коэффициент пропорциональности, или постоянная Хаббла, равная 70 км/(с · Мпк), r — расстояние между галактиками.

В следующем параграфе мы поговорим о галактиках подробнее. →

Вы знаете

- закономерности в движении небесных тел
- три закона Кеплера
- закон всемирного тяготения
- закон Хаббла

Вы можете

- назвать законы, которым подчиняется движение небесных тел
- сформулировать законы Кеплера, Хаббла, закон всемирного тяготения Ньютона
- объяснить, какую скорость нужно развить космическому кораблю, чтобы преодолеть силу земного тяготения
- показать связь между скоростью и формой орбиты, по которой двигается космический корабль

Выполните задания

1. Дайте определения первой, второй и третьей космической скорости.
2. Рассчитайте продолжительность марсианского года (в земных сутках), если известно, что Марс в 1,5 раза дальше от Солнца, чем Земля.
3. Определите, во сколько раз Уран дальше находится от Солнца, чем Земля, если он делает оборот вокруг Солнца за 84 земных года.
4. На сайте http://www.physics.ru/ найдите динамическую модель, иллюстрирующую законы Кеплера. Задайте исходные параметры орбиты спутника Земли (расстояние в перигее и начальную скорость), запишите в тетрадь остальные параметры движения из информационного окна. Убедитесь в эллиптической форме орбиты спутника.

Темы для рефератов

1. Жизнь и деятельность И. Кеплера. 2. Жизнь и деятельность И. Ньютона. 3. Жизнь и деятельность Э. Хаббла.

§ 12. Галактики

1. Объясните, что обнаружил Галилео Галилей при исследовании Млечного Пути с помощью телескопа.
2. Назовите имена учёных-физиков, разработавших теорию электромагнитного поля и обосновавших существование электромагнитных волн.
3. Перечислите наиболее понравившиеся вам научно-фантастические кинофильмы и научно-популярные телепередачи на тему устройства Вселенной и её изучения.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГАЛАКТИКАХ. Как вы уже знаете, звёзды во Вселенной объединены в гигантские звёздные системы, называемые галактиками.

Во Вселенной галактики распределены неравномерно: в одной области можно обнаружить целую группу близких галактик, а можно не обнаружить ни одной галактики. Масса галактик варьируется от 10^7 до 10^{12} масс Солнца (масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг).

Э. Хаббл выделил следующие основные типы галактик: эллиптические и сферические, состоящие в основном из старых звёзд, а также спиральные, в «рукавах» которых находятся молодые звёзды; галактики неправильной формы.

В центральных областях галактик находятся так называемые ядра — это скопление огромного количества звёзд. Периферию галактик составляют облака из редких звёзд. Кроме звёзд в галактиках содержатся космическая пыль и газ, образующие туманности. Пространство между галактиками и между звёздами содержит очень небольшое количество вещества. Его концентрация составляет в среднем 10^4 атомов/м^3. Для сравнения: в атмосфере Земли концентрация воздуха 10^{23} атомов/м^3, в лучшем лабораторном вакууме — 10^9 атомов/м^3.

И когда разбеганье галактик
Наблюдаешь в космической мгле,
То не столь теоретик, сколь практик,
Обращаешь ты взоры к Земле.

Л. Мартынов

ТИПЫ ГАЛАКТИК. **Эллиптические** (рис. 42) и **сферические галактики** имеют вид гладких эллипсов или кругов. Их яркость постепенно уменьшается от центра к периферии. Отличаются друг от друга эллиптические галактики меньшим или большим сжатием. Галактики, имеющие форму шара, не вращаются и не подвержены сжатию. Масса самых крупных эллиптических галактик составляет 10^{13} масс Солнца. Такую сравнительно большую массу они имеют из-за того, что в них мало газа и пыли.



Рис. 42. Эллиптическая галактика M87 в созвездии Девы

Спиральные галактики (рис. 43) состоят из ядра и спиральных ветвей. Они имеют две или более ветвей, которые могут быть одинаково или по-разному развиты. Спиральные галактики характеризуются многообразием форм и рисунков ветвей. К спиральным галактикам относятся, например, Туманность Андромеды и наша галактика — Млечный Путь. Эти галактики вращаются, они содержат большое количество газа и пыли. Спиральные галактики имеют массу от 10^{10} до 10^{12} масс Солнца.

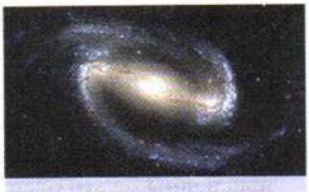


Рис. 43. Спиральная галактика

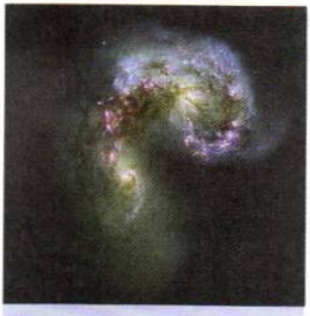


Рис. 44. Галактика Антенна — это пара взаимодействующих галактик

Галактики неправильной формы не характеризуются ни симметричностью, как спиральные, ни тем более правильностью формы, как эллиптические галактики. У них отсутствует ярко выраженное ядро. Существование таких галактик можно объяснить малой плотностью в них материи или их молодым возрастом. Другой причиной появления галактик неправильной формы может быть их взаимодействие в прошлом с другими галактиками, что и привело к нарушению их формы и структуры. В частности, в неправильных галактиках Магеллановы Облака были обнаружены признаки спиральной разрушенной структуры. Взаимодействующие галактики (рис. 44) наблюдаются и сейчас. Это двойные галактики, между которыми существуют светлые перемычки.

РАДИОГАЛАКТИКИ. Эти галактики составляют особый класс галактик, они являются источником мощного радиоизлучения. Переменное электромагнитное поле создаётся ускоренно движущимися электрическими зарядами. Характеристиками электромагнитных волн являются длина волны и частота колебаний. Под колебаниями понимается периодическое изменение напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля. Шкала электромагнитных волн включает волны разных диапазонов длин и соответствующих им колебаний разных частот, в том числе и радиоволны, длина волны которых $10^4 \div 10^{-4}$ м, соответствующая частота колебаний $3 \cdot 10^4 \div 3 \cdot 10^{12}$ Гц. Почти все радиогалактики относятся к эллиптическим.

Мощность радиоизлучения некоторых галактик достигает 10^{39} Вт. Для сравнения: обычная мощность радиоизлучения 10^{31}—10^{32} Вт. Наиболее мощные радиогалактики излучают в виде радиоволн энергию, которая сопоставима с энергией оптического излучения всех звёзд галактики, вместе взятых.

К наиболее мощным радиогалактикам относятся: Лебедь А — мощнейший внегалактический источник радиоизлучения; Центавр А — ближайшая радиогалактика (расстояние примерно 4 Мпк [мегапарсека]); Дева А — одна из самых массивных галактик в созвездии Девы; Печь А — четвёртый по мощности внегалактический источник радиоизлучения.

Причиной радиоизлучения является выброс из ядра галактики протонов и электронов, обладающих высокой энергией. Имея большую энергию, эти частицы разгоняются до скоростей, близких к скорости света.

» **Напомним,** что электромагнитные волны — это распространение в пространстве электромагнитного поля.

КВАЗАРЫ. Ещё более мощное радиоизлучение дают квазары (квазизвёзды, их ещё называют квазизвёздными радиоисточниками) — яркие объекты вблизи центра эллиптической галактики. Квазар производит примерно в 10 триллионов раз больше энергии в секунду, чем наше Солнце (и в миллион раз больше энергии, чем самая мощная известная звезда). В телескопе квазары можно принять за звёзды, но звёздами они не являются. Это особый светящийся источник радиоизлучения.

Первый квазар был обнаружен в конце 1950-х гг. *А. Сэндиджем* и *Т. Мэтьюзом* во время исследования неба с помощью радиотелескопа. В 1963 г. было известно уже 5 квазаров. Один из ближайших к нам, и наиболее яркий, расположен в созвездии Девы. Его светимость достигает значений в 10^{12} раз больших, чем светимость Солнца.

Самые далёкие квазары благодаря своей гигантской светимости, превосходящей в сотни раз светимость обычных галактик, регистрируются с помощью радиотелескопов на расстоянии более 10 млрд световых лет. Один квазар светится сильнее, чем вся наша галактика, примерно в 10 000 раз. Энергии среднего квазара хватило бы на то, чтобы снабжать всю Землю электроэнергией в течение нескольких миллиардов лет. Такую огромную энергию квазары выделяют во всех областях спектра электромагнитных волн, особенно в инфракрасной области.

Квазары видимы в телескоп благодаря их большой светимости, размеры же квазаров малы — диаметр их не больше $4 \cdot 10^{12}$ м (меньше диаметра орбиты Урана).

Существует несколько гипотез происхождения квазаров.

По одной из теорий, квазары представляют собой галактики на начальном этапе развития. Многие астрофизики считают, что светимость этих объектов поддерживается не термоядерным путём. Энергия квазаров — это гравитационная энергия, которая выделяется за счёт катастрофического сжатия, происходящего в ядре галактики.

Наибольшей популярностью пользуется гипотеза, согласно которой квазар является огромнейшей чёрной дырой, которая втягивает в себя окружающее вещество. По мере приближения к чёрной дыре частицы разгоняются, сталкиваются между собой, и это приводит к мощному радиоизлучению. Если у чёрной дыры есть и магнитное поле, то оно к тому же собирает частицы в пучки, которые разлетаются от полюсов. Под действием гравитационных сил, создаваемых чёрной дырой, вещество устремляется к центру, двигаясь по спиралям всё быстрее по мере приближения к нему. При столкновениях энергия частиц и скорость их движения уменьшаются, они потихоньку приближаются к чёрной дыре и поглощаются ею. Другими словами, то сияние, которое наблюдают астрономы, — это всё, что остаётся от галактики, погибшей в чёрной дыре.

Если чёрная дыра имеет магнитное поле, то часть заряженных частиц направляется им к полюсам чёрной дыры и вылетает оттуда

с огромной скоростью. Так образуются **джеты** — струи плазмы, длина которых достигает 1 млн световых лет. Частицы в джете сталкиваются с межзвёздным газом, излучая радиоволны.

Существует и объединённый вариант гипотезы, согласно которому квазар — это чёрная дыра, поглощающая вещество формирующейся галактики.

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ. В ясную безлунную ночь на небосклоне хорошо видна светлая полоса, которая опоясывает весь небосвод в виде серебристой ленты. Согласно древнегреческому мифу, Геракл пролил молоко, когда его кормила богиня Гера. Белая полоса на небе напоминает пролитое молоко, поэтому она получила название Млечный Путь.

Наблюдая Млечный Путь в телескоп, Галилей установил, что он состоит из большого количества звёзд, которые объединены в огромную звёздную систему. Эту звёздную систему назвали Галактикой (от *греч.* galaktikos — млечный). Впоследствии слово «галактика» стало употребляться как название огромных звёздных систем.

Млечный Путь составляет основную часть нашей галактики. Он включает в себя созвездия Возничего, Персея, Кассиопеи, Цефея, Стрельца, Ориона, Тельца и других. Солнечная система тоже входит в его состав и находится внутри него. Млечный Путь содержит около 200 миллиардов звёзд (для наблюдения доступны только 2 миллиарда), тысячи гигантских облаков пыли и газа, скоплений, туманностей. Невооружённым глазом можно увидеть около 4500 звёзд. Основная масса звёзд расположена в форме плоского диска. Среднее расстояние между звёздами — около 5 световых лет. Млечный Путь сжат в плоскости и похож на летающую тарелку (рис. 45). Он состоит из трёх основных частей: центральной (ядра), которая включает миллиарды старых звёзд; относительно тонкого диска из звёзд, газа и пыли (диаметром 100 тысяч световых лет и толщиной несколько тысяч световых лет); сферического гало (короны), содержащего карликовые галакти-



Рис. 45. Так выглядит наша галактика Млечный Путь

ки, шаровые звёздные скопления, отдельные звёзды, группы звёзд и горячий газ.

Масса нашей галактики Млечный Путь $3 \cdot 10^{12}$ масс Солнца ($6 \cdot 10^{42}$ кг), 1/100 её массы составляют межзвёздный газ и пыль. Для сравнения: масса галактики Туманность Андромеды почти такая же, а галактики Треугольник — в 20 раз меньше.

Млечный Путь — спиральная галактика, в её центре расположено ядро диаметром 1000—2000 пк — гигантское уплотнённое скопление звёзд, которое находится в созвездии Стрельца на расстоянии от нас почти 10 000 пк (30 тысяч световых лет). У него есть четыре гигантские закрученные ветви («рукава») из звёзд, газа, планет, пыли. В этих «рукавах» образуются новые звёзды. Солнечная система и Земля расположены в промежутке между двумя такими «рукавами» — «рукавом» Щита—Центавра и «рукавом» Персея (рис. 46). Они вращаются на расстоянии приблизительно 25 тысяч световых лет от центра Млечного Пути.

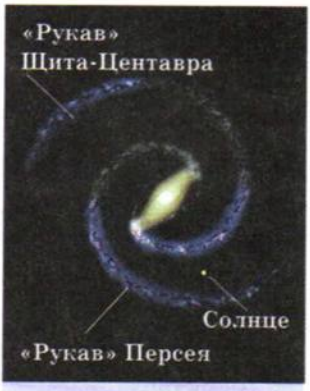


Рис. 46. Расположение Солнечной системы между двумя главными «рукавами» нашей спиральной галактики

Предположительно в центре Галактики располагается сверхмассивная чёрная дыра (Стрелец А), вокруг которой вращается чёрная дыра средней массы.

Истинная конфигурация «рукавов» Млечного Пути до сих пор остаётся неизвестной из-за облаков космической пыли, мешающей астрономам рассмотреть в подробностях структуру галактического диска. По той же причине структуру нашей родной галактики мы представляем себе намного хуже, чем структуру других спиральных галактик, например Туманности Андромеды.

Однако помимо электромагнитного излучения в видимой области спектра происходит излучение и в диапазоне радиоволн, проникающих сквозь облака галактической пыли. И вот тут на помощь астрономам приходят радиотелескопы, о которых мы рассказывали в § 10. Наблюдая радиоизлучение с помощью относительно небольшого радиотелескопа, расположенного на крыше одного из университетских зданий в Кембридже, сотрудники Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики сумели нанести на звёздную карту распределение вещества в самых удалённых областях Млечного Пути. Итогом стало обнаружение нового спирального «рукава», являющегося, по предположениям астрономов, продолжением «рукава» Щита—Центавра, выходящего из центральной перемычки галактической спирали.

В следующем параграфе поговорим о самых распространённых астрономических объектах, составляющих галактики, — о звёздах.

Вы знаете

- как различаются галактики по типам
- что представляют собой радиогалактики и квазары
- что такое Млечный Путь

Вы можете

- объяснить, что такое галактики, каковы их массы, как они устроены и из чего состоят
- назвать наиболее мощные радиогалактики, рассказать, как они функционируют
- описать структуру, размеры и тип галактики Млечный Путь

Выполните задания

1. Приведите примеры галактик каждого типа. К какому типу галактик относится наша — Млечный Путь?
2. Приведите гипотезы происхождения квазаров, объясните, в чём суть каждой из гипотез.
3. Расскажите, как устроена наша галактика — Млечный Путь, какие созвездия она в себя включает.

Темы для рефератов

1. Чёрные дыры во Вселенной, история их исследований. 2. Радиогалактики как источники мощного радиоизлучения. 3. Межзвёздная пыль, её природа и свойства. 4. Млечный Путь: история исследования.

§ 13. Звёзды. Солнце

1. Подготовьте сообщение об опытах Исаака Ньютона по получению спектров солнечного излучения с помощью призмы.
2. Назовите созвездия, которые были нанесены на древних картах звёздного неба и сохранили свои названия до наших дней.
3. Объясните, почему у многих древних народов существовал культ Солнца и в чём он выражался (на примере древних египтян и древних славян).

РОЖДЕНИЕ ЗВЁЗД. Звёзды являются самым распространённым объектом во Вселенной. Они образуются из газопылевого облака, состояще-

го в основном из гелия и водорода. Частицы этого облака под действием гравитационной силы притягиваются друг к другу и сближаются. При этом плотность вещества растёт. Облако начинает вращаться, захватывая всё новые частицы. Внешние слои давят на внутренние, что приводит к повышению давления и температуры. Такое космическое тело — уже не газопылевое облако, но ещё и не звезда. Оно называется **протозвездой**. При повышении температуры в недрах протозвезды до нескольких миллионов градусов вспыхивает реакция термоядерного синтеза гелия из водорода. При этом образуется электромагнитное излучение, которое давит на внешние слои вещества и препятствует гравитационному сжатию. Когда гравитационные силы и давление электромагнитного излучения уравновесят друг друга, протозвезда становится звездой. Протозвезде для превращения в звезду требуется от нескольких миллионов до нескольких сот миллионов лет.

Часто образуются двойные или тройные звёзды, которые вращаются вокруг общего центра.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗВЁЗД. Анализируя спектр звёзд с помощью прибора, называемого спектроскопом (рис. 47), можно установить их химический состав. Вспомним из курса физики, что при прохождении солнечного света через призму на экране можно наблюдать сплошной спектр солнечного света. Причиной разложения света в спектр является то, что солнечный свет сложный, в нём присутствуют простые цвета (красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый), каждому из которых соответствует определённая частота. Показатель преломления среды или скорость света в среде зависят от этой частоты. Поэтому свет разной частоты по-разному преломляется призмой. Существуют линейчатые спектры испускания, которые представляют собой чередование цветных линий, разделённых широкими тёмными полосами. Линейчатый спектр испускают все вещества в газообразном состоянии. Помимо спектров испускания существуют спектры поглощения. Такой спектр состоит из тёмных линий на фоне

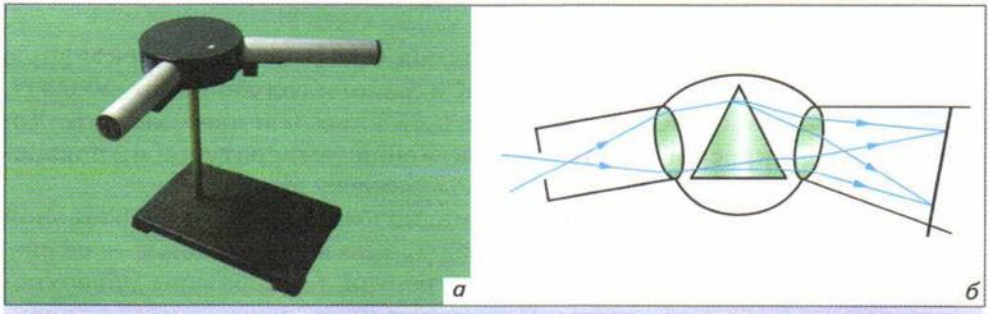


Рис. 47. Спектроскоп двухтрубный (*а*) и ход лучей в двухтрубном спектроскопе (*б*)

сплошного спектра. Поскольку каждому элементу соответствует определённая частота излучения, то по спектру можно определить химический состав вещества и соответственно химический состав звёзд. Именно при анализе спектра Солнца на нём был открыт элемент гелий. В среднем в звёздах на 10 000 атомов водорода приходится 1000 атомов гелия, 5 — кислорода, 2 — азота, 1 — углерода, остальных элементов ещё меньше. Таким образом, можно сказать, что звёзды состоят из водорода и гелия с небольшой примесью более тяжёлых элементов. Поскольку температура газа очень высокая, то он ионизирован и находится в состоянии высокотемпературной плазмы.

>> **Напомним,** что плазма — это четвёртое состояние вещества, когда газ полностью ионизирован. Плазма может быть низкотемпературной и высокотемпературной.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВЁЗД. Основными характеристиками звёзд являются светимость и спектральный класс.

Светимость — это количество энергии, излучаемой звездой в единицу времени.

Спектральный класс — это характеристика звезды, связанная с её температурой, светимостью, цветом и видом спектра.

Звёзды разделены на десять спектральных классов, которые обозначаются буквами W, O, B, A, F, G, K, M, L, T. В таблице 5 приведены спектральные классы звёзд, соответствующие этим классам цвет звезды и её температура.

Одним из параметров звёзд, характеризующих светимость, является **эффективная температура**, т. е. температура абсолютно чёрного тела с размерами, равными размерам небесного тела, и излучающего такое же количество энергии в единицу времени. Эту характеристику не следует путать с привычным для нас пониманием термина «температура».

Горячие звёзды спектральных классов O и B имеют эффективную температуру на поверхности 10 000 К и выше и голубой цвет. У звёзд, сходных с нашим Солнцем, спектральный класс G и цвет жёлтый. Холодные звёзды красного цвета с эффективной температурой их поверхности 3000 К относятся к спектральному классу M.

На рисунке 48 приведена диаграмма, на которой по горизонтальной оси показан спектральный класс звезды, а по вертикальной — её светимость. Из диаграммы следует, что с ростом температуры поверхности растёт и светимость звезды. Плавная кривая, которая идёт из верхнего левого угла в правый нижний угол, называется главной последо-

Таблица 5

СПЕКТРАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЁЗД

Спектральный класс	Цвет	Эффективная температура (К)	Название звезды
W	голубой	80 000	γ Парусов
O	голубой	20 000	Спика, Беллатрикс
B	бело-голубой	15 000	Регул
A	белый	10 000	Сириус
F	бело-жёлтый	8000	Альтаир
G	жёлтый	6000	Солнце
K	оранжевый	4500	Арктур, Альдебаран
M	красный	3000	Антарес, Бетельгейзе
L	тёмно-красный	2000	Kelu-1
T	коричневый	1500	Gliese 229B

вательностью. В её области находятся звёзды, источником энергии которых является термоядерная реакция синтеза гелия из водорода. К этой последовательности принадлежит большинство звёзд (в том числе Солнце и Сириус). Масса звёзд главной последовательности лежит в пределах от 0,05 массы Солнца до 100 масс Солнца.

КРАСНЫЕ ГИГАНТЫ И СВЕРХГИГАНТЫ. С течением времени энергия в центре звезды уменьшается, поэтому уменьшается давление. Гравитационные силы становятся больше силы давления, и ядро звезды сжимается, температура опять возрастает. Звезда увеличивается, светимость её растёт и превышает солнечную. Она превращается в красный гигант (на рис. 48 — в правом верхнем углу). Пример красного гиганта — звезда Арктур (α Волопаса), её радиус равен 25 солнечным радиусам, светимость превышает солнечную в 140 раз.

Выше звёзд-гигантов на диаграмме находятся сверхгиганты (например, звезда Антарес — α Скорпиона, красный сверхгигант). Параметры этих звёзд много больше аналогичных солнечных. Так, их светимость в сотни тысяч раз больше светимости Солнца. Звёзды-гиганты были обнаружены астрономами при исследовании звёздных скоплений с помощью большого телескопа, установленного в Чили. Эти скопления расположены в областях, где густые облака межзвёздного газа и пыли собираются в ещё более плотные образования. В таких областях вспыхивают новые звёзды, которые существуют недолго, но горят ярко, а затем взрываются, сбрасывая свои оболочки и «засеивая»

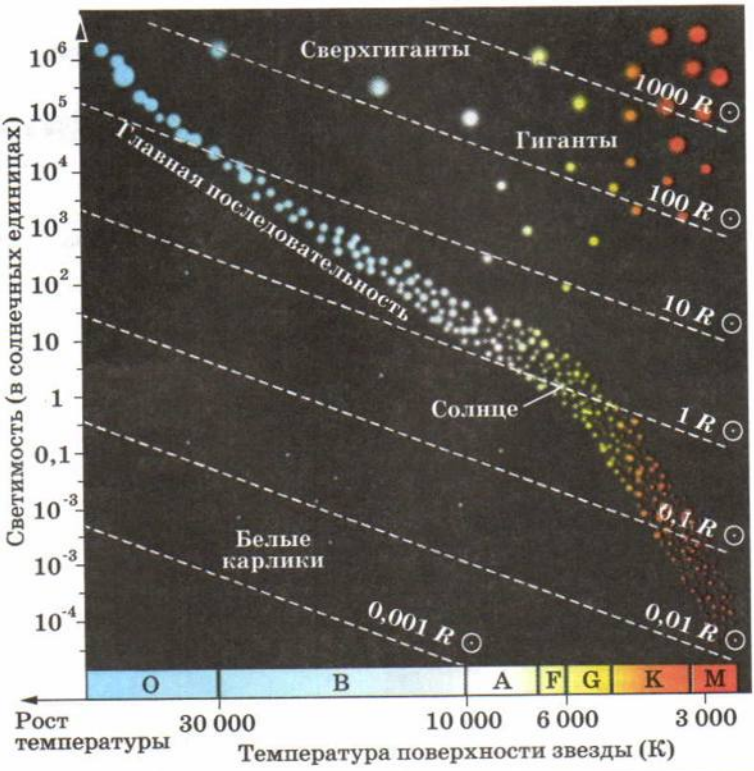


Рис. 48. Диаграмма «спектральный класс — светимость» (диаграмма Герцшпрунга—Ресселла)

межзвёздное пространство тяжёлыми элементами. Одно из таких скоплений располагается на сравнительно небольшом расстоянии от Солнечной системы — всего в 22 тысячах световых лет.

Астрономы обнаружили в звёздных скоплениях несколько ярких звёзд с эффективной температурой поверхности выше 40 000 К, что в 7 раз превышает температуру на Солнце. Эти звёзды обладают огромной массой и высокой светимостью. Одна из таких звёзд — R136a1 в созвездии Золотая Рыба Южного полушария неба — имеет массу, в 265 раз превышающую массу Солнца, и может претендовать на звание самой массивной из известных нам звёзд. Существует гипотеза, что при рождении эта звезда могла обладать ещё большей массой — до 320 масс Солнца. Кроме того, её размеры раз в 30 превышают размеры Солнца.

БЕЛЫЕ КАРЛИКИ. После того как температура красного гиганта достигнет 100—150 млн градусов, под действием горячих внутренних слоёв происходит отделение внешних слоёв звезды. С течением времени они рассеиваются, и образуется небольшая горячая и очень плотная звез-

да, которая называется белым карликом. Белые карлики на диаграмме (см. рис. 48) находятся в левом углу ниже главной последовательности. Своё название они получили из-за цвета. Карлики именно белого цвета были обнаружены вначале. Сейчас известны карлики жёлтого и других цветов. Количество белых карликов во Вселенной невелико — немного больше 1500. Эти звёзды имеют сравнительно малую массу, у большинства она примерно равна массе Солнца, у некоторых даже меньше массы Солнца. У белых карликов малые размеры, они сравнимы с размерами Земли. Поэтому плотность звёзд очень велика.

Примерами белых карликов являются яркие звёзды Сириус А и Сириус В. Сириус В имеет диаметр 40 000 км, т. е. в 2,5 раза больше, чем Земля. Его масса составляет 95% от массы Солнца. Средняя плотность этой звезды $3 \cdot 10^8$ кг/см^3.

Белые карлики имеют атмосферу. По характеру спектров было обнаружено, что в атмосфере горячих белых карликов (температура 50 000 К) присутствуют гелий, кальций, железо, углерод, кислород и небольшое количество (0,05%) водорода, а атмосфера холодных белых карликов почти полностью состоит из гелия, водород в них отсутствует.

НЕЙТРОННЫЕ ЗВЁЗДЫ. В звезде протоны и электроны могут соединиться в нейтроны.

Нейтронная звезда — это звезда, в которой давление нейтронного газа и сила гравитации находятся в равновесии.

Нейтронные звёзды образуются при вспышках сверхновых звёзд и поглощении вещества белым карликом. При этом масса белого карлика может увеличиться очень быстро, за миллион лет. Может произойти переход белого карлика в нейтронную звезду.

Нейтронная звезда имеет малые размеры, она могла бы поместиться внутри Московской кольцевой автодороги. Соответственно, средняя плотность нейтронной звезды составляет около 10^{18} кг/м^3. Расчёты показывают, что нейтронные звёзды должны быстро вращаться вокруг своей оси и обладать сильным магнитным полем.

ЗВЁЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ. По современным данным, не менее 70% звёзд галактики входят в состав двойных и кратных систем, а одиночные звёзды (как, например, наше Солнце) — это, скорее, исключение из правил. Но нередко звёзды собираются и в более многочисленные «коллективы» — звёздные скопления.

Звёздное скопление — это группа звёзд, расположенных в пространстве недалеко друг от друга, связанных общим происхождением и взаимным тяготением.

Все входящие в скопление звёзды находятся от нас на одном расстоянии (с точностью до размеров скопления) и имеют примерно одинаковый возраст и химический состав. В то же время они находятся на разных стадиях эволюции (определяется начальной массой каждой звезды), что делает их удобным объектом для проверки теорий происхождения и эволюции звёзд.

Существует два типа звёздных скоплений — шаровые и рассеянные.

Шаровые звёздные скопления имеют правильную сферическую или несколько сплюснутую форму. В настоящее время известно около 150 шаровых скоплений в галактике. Они насчитывают в своём составе от десятков тысяч до миллионов звёзд. В шаровых скоплениях отсутствуют массивные звёзды главной последовательности. Это свидетельствует о значительном возрасте шаровых скоплений (10—12 миллиардов лет, т. е. они формировались одновременно с образованием самой галактики) — за такое время запасы водорода исчерпываются у звёзд с массой, близкой к солнечной, и они покидают главную последовательность, образуя ветвь субгигантов и гигантов. Поэтому в шаровых скоплениях самыми яркими звёздами являются красные гиганты.

Примером шарового скопления может служить звёздное скопление, расположенное в созвездии Геркулеса. Диаметр этого скопления 36 световых лет, оно содержит около миллиона звёзд.

Два самых ярких шаровых скопления — ω Центавра и 47 Тукана — хорошо видны невооружённым глазом в южных странах, а в средних широтах Северного полушария для невооружённого глаза доступны скопления в созвездиях Стрельца и Геркулеса.

Рассеянные звёздные скопления имеют неправильную форму и содержат относительно немного звёзд — от нескольких десятков до нескольких тысяч. Самым известным рассеянным скоплением являются Плеяды, видимые в созвездии Тельца. В нём 120 звёзд, расстояние до него 410 световых лет.

Известно более 1200 рассеянных звёздных скоплений. Они распределены по небесной сфере неравномерно, но, в отличие от шаровых скоплений, практически все скопления этого типа видны вблизи Млечного Пути. Как правило, скопления состоят из относительно плотного ядра и более разреженной короны. В рассеянные скопления входят звёзды разного типа: в них встречаются голубые и красные сверхгиганты, гиганты и др.

СОЛНЦЕ. Наше Солнце — одна из миллиардов звёзд. Есть звёзды, значительно большие, чем Солнце (гиганты), есть звёзды и меньше Солнца (карлики). Такие звёзды, как Солнце, живут примерно 10—15 миллиардов лет.

Масса Солнца $1{,}9891 \cdot 10^{30}$ кг, т. е. 332 946 масс Земли, или 99,866% от суммарной массы всей Солнечной системы. Средний диаметр $1{,}392 \cdot 10^9$ м, что составляет 109 диаметров Земли. Расстояние от центра галактики ~ $2{,}5 \cdot 10^{20}$ м (26 000 световых лет). Среднее расстояние от Земли 149,6 млн км (8,31 световых минут). Плотность вещества Солнца 1409 кг/м^3.

Температура солнечной короны 1 500 000 К, а ядра Солнца — 13 500 000 К. По спектральной классификации Солнце относится к типу G2V (жёлтый карлик).

Солнце состоит из водорода (~ 73% от массы и ~ 92% от объёма), гелия (~ 25% от массы и ~ 7% от объёма) и других элементов с меньшей концентрацией — железа, никеля, кислорода, азота, кремния, серы, магния, углерода, неона, кальция и хрома. На миллион атомов водорода приходится 98 000 атомов гелия, 851 кислорода, 398 углерода, 123 неона, 100 азота, 47 железа, 38 магния, 35 кремния, 16 серы, 4 аргона, 3 алюминия, по 2 атома никеля, натрия и кальция, а также совсем немного всех прочих элементов. Как и все звёзды главной последовательности, Солнце вырабатывает энергию путём термоядерного синтеза. В случае Солнца подавляющая часть энергии вырабатывается при синтезе гелия из водорода.

Солнце обладает сильным магнитным полем, индукция которого меняется со временем и которое меняет направление приблизительно каждые 11 лет, во время солнечного максимума. Изменение магнитного поля Солнца вызывает появление солнечных пятен, солнечных вспышек, солнечного ветра и т. д. Все эти явления называются солнечной активностью. Активность Солнца вызывает на Земле полярные сияния в высоких и средних широтах и геомагнитные бури, которые негативно сказываются на работе средств связи, средств передачи электроэнергии, а также негативно воздействует на живые организмы, вызывая у метеозависимых людей головную боль и плохое самочувствие.

» **Напомним,** что магнитная индукция — силовая характеристика магнитного поля; модуль вектора магнитной индукции (B) — физическая величина, равная отношению силы (F), действующей на проводник с током, помещённый в это магнитное поле, к длине (l) проводника и силе тока (I) в нём: $B = F/lI$.

Предполагается, что солнечная активность играет большую роль в формировании и развитии Солнечной системы. Она также оказывает влияние на структуру земной атмосферы.

Подробнее о планетах Солнечной системы вы узнаете из материала следующего параграфа. ——→

Вы знаете

- как рождаются звёзды
- химический состав звёзд
- характеристики звёзд
- чем различаются красные гиганты и сверхгиганты
- что такое белые карлики, нейтронные звёзды, звёздные скопления
- физические параметры и химический состав Солнца

Вы можете

- объяснить, как рождаются звёзды, как обычные звёзды превращаются в красных гигантов, белых карликов или нейтронные звёзды
- назвать спектральные классы звёзд
- описать шаровые и рассеянные звёздные скопления
- дать основные характеристики Солнца
- сформулировать, что такое светимость, спектральный класс, нейтронная звезда, звёздное скопление
- рассказать, чем шаровые звёздные скопления отличаются от рассеянных

Выполните задания

1. Покажите, как связаны между собой светимость, цвет и температура звезды.
2. Объясните, какая существует связь между нейтронными звёздами и белыми карликами.
3. Назовите типы звёздных скоплений, приведите примеры каждого типа.
4. Подготовьте сообщение о каком-либо созвездии. Расскажите легенду, объясняющую название этого созвездия.
5. Докажите, что Солнце является жёлтым карликом.

Темы для рефератов

1. Теории происхождения и эволюции звёзд. 2. Сравнительная характеристика звёзд-гигантов и белых карликов. 3. Солнечный ветер и влияние его на планеты Солнечной системы (на примере Земли).

§ 14. Солнечная система и её планеты

1. Опишите, как представляли себе строение Солнечной системы учёные Древней Греции и средневековой Европы.
2. Назовите имена учёных — физиков, астрономов, математиков, открывших планеты, кометы и другие астрономические объекты Солнечной системы на протяжении XVII—XX вв.
3. Объясните, как Пётр I познакомился с геоцентрической картиной мира Птолемея и системой мира Коперника, что он впоследствии сделал для развития астрономии как науки в России.

ПЛАНЕТНЫЕ СИСТЕМЫ. Слово «планета» в переводе с греческого означает «блуждающая». Так древние наблюдатели отличали планеты от неподвижных звёзд.

Планетные системы — это совокупности планет, вращающихся вокруг звезды.

Современные теории доказывают, что планетные системы образуются из газопылевого облака, окружающего звезду. Под действием гравитационных и электромагнитных сил происходит уплотнение отдельных участков облака. Поскольку газопылевое облако неоднородно по плотности, составу и другим физическим свойствам, то уплотнение происходит в местах облака, имеющих наибольшую плотность. Именно в этих местах и образуются планеты звёздной системы.

Доказательством такого происхождения планет служит наблюдение подобного процесса вокруг звезды Южного полушария β Живописца, расположенной на расстоянии 53 световых лет от Солнца. В настоящее время открыто около 39 планетных систем.

Несколько лет назад у звезды Gliese (Глизе) 581 была обнаружена планетная система, подобная Солнечной. Gliese 581 — это красный карлик, находящийся в созвездии Весов на расстоянии 20 световых лет от Земли. Несколько планет вблизи этой звезды имеют условия, потенциально пригодные для существования жизни. Неудивительно, что в 2007 и 2008 гг. Gliese 581 выбиралась в качестве звезды, на которую были отправлены радиопослания братьям по разуму.

Небесный свод, горящий славой звёздной,
Таинственно глядит из глубины, —
И мы плывём, пылающею бездной
Со всех сторон окружены.

Ф. Тютчев

ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. Гипотеза об образовании Солнечной системы из газопылевого облака была предложена в XVIII в. немецким философом *И. Ка́нтом* (1724—1804) и французским астрономом и математиком *П.-С. Лапла́сом* (1749—1827). В дальнейшем эта модель подвергалась уточнениям с использованием новых данных наблюдений.

В настоящее время полагают, что формирование Солнечной системы началось 4,6 млрд лет назад, когда под действием гравитационной силы произошло сильное уплотнение гигантского газопылевого облака. Это облако уже содержало водород, гелий и многочисленные тяжёлые элементы. В процессе сжатия росла скорость вращения облака, оно уплотнялось, и формировался диск. Поскольку росла плотность вещества облака и интенсивность движения составляющих его частиц, то повышалась температура вещества, особенно в центральной области. Когда температура достигла нескольких тысяч кельвинов, центральная область начала светиться и сформировалась протозвезда. Внешние области диска оставались холодными, в них начали образовываться уплотнения, ставшие центрами формирования планет из вещества протопланетного диска. Когда температура в центре протозвезды достигла миллионов кельвинов, в центральной области началась термоядерная реакция и протозвезда превратилась в обычную звезду. Во внешней области диска крупные сгущения образовали планеты, вращающиеся вокруг звезды примерно в одной плоскости и в одном направлении.

СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. Солнечная система (рис. 49) включает в себя (помимо центральной звезды — Солнца) восемь больших

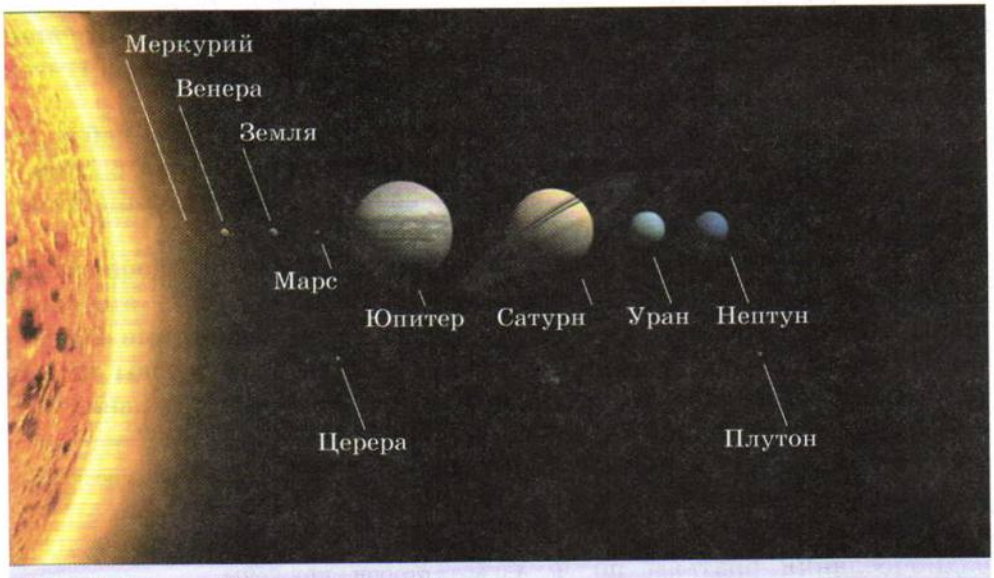


Рис. 49. Строение Солнечной системы

планет — Меркурий, Венеру, Землю, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и их спутники, а также две карликовые планеты — Плутон и Цереру, малые планеты (астероиды), кометы, метеориты и космическую пыль.

Планеты бывают внутренние и внешние — по отношению к поясу астероидов, который их разделяет. К внутренним планетам относятся Меркурий, Венера, Земля, Марс, к внешним — Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.

Одни учёные считают астероиды Солнечной системы остатками вещества, из которого образовались планеты, другие — остатками разрушившейся планеты Фаэтон.

КОМЕТЫ — НЕБЕСНЫЕ СВЕТИЛА. В переводе с греческого «комета» означает «волосатая, косматая». Комета (рис. 50) имеет ядро, состоящее из сгустков замёрзшего газа, пыли и льда. Когда она оказывается в зоне непосредственного действия солнечного излучения, лёд испаряется, в результате вокруг ядра образуется оболочка из ионизированного газа. Эта оболочка может иметь размеры, сравнимые с диаметром Солнца. Под действием солнечного давления и солнечного ветра часть газов оболочки отталкивается в сторону, противоположную Солнцу, и комета приобретает светящийся хвост, направленный от Солнца. Хвост кометы может иметь длину от нескольких миллионов километров до нескольких десятков миллионов километ-ров. Кометы имеют массу примерно 10^{15}—10^{18} кг.

Наиболее известной кометой является комета Галлея, которая, двигаясь по эллиптической орбите, может подойти к Земле достаточно близко. Последний раз её наблюдали в 1986 г. В следующий раз она появится в 2062 г. Изучение этой кометы отечественными космическими станциями, которые подлетали к ней на расстояние 8000 км, позволило получить её фотографии и оценить её размеры. Ядро кометы Галлея имеет размеры $16 \times 18 \times 8$ км.



Рис. 50. Комета

Большинство комет вращается вокруг Солнца по вытянутым орбитам. При своём движении комета теряет вещество и разрушается. Ядра комет могут быть опасными для планет при столкновении с ними. Есть предположение, что ядром кометы мог быть знаменитый Тунгусский метеорит. Учёным удалось предсказать и пронаблюдать (как с Земли, так и из космоса) столкновение кометы Шумейкеров—Леви с Юпитером в июле 1994 г.

МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ. На тёмном небе порой можно наблюдать движение светящихся частиц — так называемых падающих звёзд.

Метеор — это частица, попадающая в атмосферу Земли и сгорающая в ней, оставляя яркий светящийся след.

Метеорит — это твёрдое тело космического происхождения, упавшее на поверхность Земли.

Метеорное тело входит в атмосферу Земли со скоростью от 11 до 72 км/с. При этом оно разогревается и начинает светиться. За счёт обгорания масса метеорного тела, долетевшего до поверхности, значительно меньше его массы на входе в атмосферу. Например, небольшое тело, вошедшее в атмосферу Земли со скоростью 25 км/с и более, сгорает почти без остатка. Может также произойти разрушение метеорного тела на фрагменты, что приводит к выпадению метеоритного дождя. Если метеор не сгорает в атмосфере, то по мере торможения он теряет свою скорость, перестаёт светиться и остывает. Некоторые метеорные тела долетают до Земли и падают на её поверхность.

По химическому составу метеориты делятся на три большие группы: каменные, железные и железокаменные, — каждая из которых в свою очередь включает ряд подклассов.

Железные метеориты состоят из железо-никелевого сплава. Самый крупный железный метеорит — Гоба — массой 60 т был обнаружен в Намибии. Такие метеориты находили и на территории России. К ним относится, например, Сихотэ-Алинский метеорит, упавший в Уссурийской тайге 12 февраля 1947 г. Общая масса осколков этого метеорита — 30 т.

Примером каменного метеорита является Царёвский метеорит, который упал 6 декабря 1922 г. вблизи села Царёв Волгоградской области и распался в виде метеоритного дождя. Общая масса собранных осколков 1,6 т на площади около 15 км^2. Вес самого большого упавшего фрагмента составил 284 кг.

Обнаружение метеорита — довольно редкое явление. Всего на территории России за 50 лет было найдено только 125 метеоритов.

Метеориты оставляют на поверхности Земли круглые следы правильной формы, называемые кратерами. Это объясняется взрывными

процессами, сопровождающими его падение. Один из самых известных кратеров в мире — Аризонский, его диаметр 1207 м, глубина 174 м. Предполагается, что наибольший метеоритный кратер — на Земле Уилкса в Восточной Антарктиде, его диаметр около 500 км.

ПЛАНЕТЫ. Планеты Солнечной системы делятся на планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля и Марс) и планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун).

Все планеты Солнечной системы обращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам и в ту же сторону, что и Солнце вокруг своей оси.

Планеты земной группы имеют достаточно малую массу (Меркурий — 0,055 массы Земли, Марс — 0,108, Венера — 0,815 земной массы) и высокую среднюю плотность — от 4 до 5,5 г/см^3. Радиус планет земной группы составляет от 0,38 до 0,532 радиуса Земли. Они состоят из тяжёлых химических элементов. Для этих планет характерны радиоактивные процессы, протекающие в их недрах. Все планеты, кроме Меркурия, окружены атмосферой, состоящей из тяжёлых газов — азота, кислорода, углекислого газа и др. Лёгких газов в их атмосфере нет, поскольку вследствие малой массы они имеют слабое гравитационное поле.

У планет-гигантов масса в несколько раз больше массы Земли: масса Юпитера составляет 317,8 масс Земли, Сатурна — 95,1, Урана — 14, Нептуна — 17 масс Земли. Для больших планет характерна сравнительно небольшая плотность — от 0,7 до 2,3 г/см^3. Их радиус колеблется от 3,93 до 11,18 радиусов Земли. Планеты этой группы имеют атмосферу, состоящую из водорода, гелия и других газов.

У планет обеих групп, кроме Меркурия и Венеры, есть спутники, которых насчитывается от одного, как у Земли, до 64, как у Юпитера. Кроме того, планеты-гиганты окружены кольцами из мелких частиц вещества размерами от метра до долей метра.

Познакомимся с планетами Солнечной системы более подробно.

Меркурий — маленькая планета, размером примерно с Луну (диаметр Меркурия 4878 км), находится на расстоянии около 60 млн км от Солнца. На той стороне Меркурия, которая обращена к Солнцу, температура около 430°С. Меркурий имеет малую скорость вращения: сутки на Меркурии длятся 176 земных суток. Поверхность его изрезана кратерами. Предполагают, что один из кратеров — котловина Калорис — образовалась при столкновении Меркурия с огромным космическим телом.

Венера (рис. 51*а*) достаточно хорошо исследована космическими аппаратами, в частности космическими зондами «Венера», «Маринер» и др., совершавшими посадку на её поверхность. Она обладает плотной атмосферой из углекислого газа, в которой зарегистрированы грозовые разряды. Температура на Венере ещё выше, чем на Мерку-



а



б

Рис. 51. Планеты:
а — Венера; *б* — Марс

рии, — почти 500°С. Это связано с тем, что атмосфера Венеры создаёт парниковый эффект: слой углекислого газа не выпускает инфракрасное излучение с поверхности планеты. Поверхность Венеры представляет собой каменистую лавовую равнину, на которой находятся разломы, вулканы, следы метеоритных кратеров.

Марс (рис. 51*б*) больше всех планет похож на Землю. Это наиболее изученная с помощью космических аппаратов планета Солнечной системы. Установлено, что марсианские сутки на 40 минут длиннее земных. Атмосфера Марса сильно разрежена, поэтому она не может ночью сохранить ту энергию, которую получает днём. Следствием этого является то, что температура атмосферы у поверхности Марса на экваторе днём +22°С, а за ночь понижается до −90°С. На Марсе, как и на Земле, есть тепловые пояса: два холодных, два умеренных и один жаркий. Поскольку Марс находится дальше от Солнца, чем Земля, то марсианский год почти в 2 раза длительнее земного. На полюсах Марса имеются полярные шапки из твёрдого углекислого газа и, вероятно, льда, тающие летом. Поверхность этой планеты местами равнинная песчаная, на ней видны дюны и барханы, местами каменистая, покрытая кратерами, горами, вулканами (крупнейший имеет высоту более 20 км). Хорошо видны на поверхности Марса следы водных потоков, похожие на русла высохших рек.

Вокруг Марса вращаются два естественных спутника — Фобос и Деймос, которые видны лишь в мощные телескопы. Оба спутника — глыбы, покрытые кратерами, предположительно от ударов метеоритов.

Юпитер — самая большая планета Солнечной системы, он имеет наибольшие радиус и массу. Поэтому ускорение свободного падения на Юпитере в 2,67 раза больше, чем на Земле. Состав Юпитера похож на состав звёзд: водород в нём составляет примерно 80%, гелий — примерно 17%. Огромная скорость вращения Юпитера приводит к тому, что он сильно сплюснут у полюсов. Юпитер имеет мощное магнитное поле, происхождение которого связано с тем, что в недрах Юпитера существует огромное давление, при котором водород переходит в металлическое состояние.

У Юпитера 64 спутника, самые крупные — Ио, Европа, Ганимед и Калисто, их размеры сравнимы с размером Луны. Эти спутники видны с Земли в сильный бинокль.

Сатурн (рис. 52) — планета, знаменитая своими кольцами. Кольца Сатурна представляют собой тонкий слой обломков разного размера, вращающихся вокруг него. Первое кольцо было открыто в 1656 г. нидерландским астрономом и физиком *Х. Гю́йгенсом* (1629—1695). Снимки, переданные на Землю с космических кораблей «Вояджер», показали, что таких колец почти 1000. Их ширина от 25 до 90 км.



Рис. 52. Планета Сатурн

Вокруг Сатурна вращаются 62 спутника, наиболее крупным является Титан, имеющий диаметр в 1,5 раза больше диаметра Луны.

Уран так же, как Сатурн и Юпитер, представляет собой газовый шар, состоящий из водорода, гелия, метана и аммиака. У него тоже есть кольца, только сравнительно тонкие. Уран имеет 27 спутников разного размера, диаметр многих из них превышает 1000 км.

Нептун очень похож по своим физическим свойствам на Уран. Его размер и масса близки к значениям размера и массы Урана, атмосфера имеет такой же состав. Он окружён системой колец, более тонких, чем Уран, и вокруг него вращаются 13 спутников диаметром от 54 до 400 км.

История открытия Нептуна весьма интересна, она подтверждает не только справедливость физических законов, но и их предсказательную роль в научном познании. Нептун — самая дальняя планета Солнечной системы, и обнаружить её в ходе наблюдений учёные никак не могли. Изучая в середине XIX в. движение Урана, английский астроном *Дж.-К. А́дамс* (1819—1892) и французский астроном *У.-Ж. Леверье́* (1811—1877) обнаружили, что Уран движется с некоторыми отклонениями от той орбиты, которую они рассчитали для него, пользуясь законами движения Ньютона. Они предположили, что за Ураном находится ещё одна планета, притяжение к которой искажает рассчитанную траекторию его движения. Воспользовавшись законом всемирного тяготения, они рассчитали координаты предполагаемой планеты. Позже Нептун обнаружили именно в том месте, координаты которого ими были рассчитаны.

В 1930 г. таким же образом был открыт **Плутон**, долгое время считавшийся девятой планетой Солнечной системы (имеет 4 спутника). Однако несколько лет назад была высказана гипотеза, что Плутон — сошедший с орбиты спутник Нептуна.

О том, что собой представляет Земля как планета Солнечной системы, вы узнаете из следующих параграфов этой главы. →

Вы знаете

- что такое планетные системы
- как сформировалась Солнечная система и из чего она состоит
- что представляют собой кометы, метеоры и метеориты
- какие планеты есть в Солнечной системе

Вы можете

- рассказать об образовании Солнечной системы
- объяснить, что такое астероиды, кометы, метеоры, метеориты, метеоритный дождь
- назвать все планеты Солнечной системы, самые большие метеориты (из найденных в нашей стране) и самые большие метеоритные кратеры
- описать историю открытия Нептуна
- дать сравнительную характеристику Сатурна и Урана

Выполните задания

1. Приведите доказательства рождения планет из газопылевого облака.
2. Объясните, почему именно на планетную систему звезды Gliese 581 были отправлены радиосигналы братьям по разуму. Считаете ли вы возможной жизнь на других планетах? Аргументируйте свою точку зрения.
3. Расскажите, что представляют собой кометы, метеоры и метеориты, чем они отличаются друг от друга.
4. Подготовьте сообщение об одной из планет земной группы и одной из планет-гигантов.
5. Дайте характеристику Земли, Венеры и Марса, покажите, в чём их различия и что у них общего.

Темы для рефератов

1. История открытия планет Солнечной системы. 2. Эдмунд Галлей и его исследования. 3. Тунгусский метеорит: факты и гипотезы. 4. Юпитер и его спутники. 5. Церера — самая близкая к Земле карликовая планета. 6. Планета Фаэтон: гипотезы и доказательства. 7. Пьер-Симон Лаплас — «отец небесной механики».

§ 15. Строение Земли. Литосфера

1. Назовите бога огня из древнеримской мифологии, покровителя кузнечного дела, чьим именем теперь обозначают конусообразную гору с кратером на вершине, через который происходит извержение расплавленной лавы и пепла.
2. Перечислите три города на юге Италии, которые были разрушены и погребены под слоем пепла в результате извержения Везувия в 79 г. н. э.
3. Определите наиболее сейсмически опасные районы земного шара, где особенно много вулканических гор и где наиболее часты землетрясения.
4. Из курса географии вспомните и объясните, как происходит круговорот вещества в литосфере.
5. К каким экологическим проблемам приводит нарушение литосферы в связи с хозяйственной деятельностью человека?

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕМЛИ. Словосочетание «земной шар» входит в нашу жизнь уже с детского сада. И на самом деле наша планета — шар, только немного сплюснутый вблизи полюсов, что является результатом её вращения вокруг своей оси. Поэтому земной шар имеет как бы два диаметра: экваториальный, равный 12 725 км, и полярный, равный 12 714 км. Площадь поверхности Земли 510,2 млн км^2. Масса нашей планеты равна $5{,}976 \cdot 10^{21}$ т. Если её принять за единицу, то масса Венеры будет равна 0,815 массы Земли, а Марса 0,108, т. е. из ближайших к нам планет Земля самая тяжёлая. Зато Земля уступает таким гигантским планетам, как Сатурн, масса которого в 95,1 раза больше массы Земли, и Юпитер, который тяжелее Земли в 317,8 раза. Размеры и масса нашей планеты определяют её вторую космическую скорость, или скорость убегания, т. е. такую скорость, которую должно иметь тело, чтобы преодолеть притяжение Земли. Если масса планеты невелика, то молекулы газов её атмосферы легко покидают планету и уносятся в космос. Следовательно, масса и размеры планеты влияют на размеры её атмосферы. Поэтому на лёгком Меркурии атмосфера вообще отсутствует, а Марс, который почти в 10 раз легче Земли, имеет очень тонкую атмосферу. И наоборот, планеты-гиганты имеют очень мощную атмосферу. Все эти данные мы привели лишь для того, чтобы показать, почему именно на Земле возникли условия, которые позволили развиться здесь жизни.

Средняя плотность земного вещества равна 5,52 г/см^3 — выше, чем у других планет Солнечной системы, кроме Меркурия, у которого она 5,59 г/см^3. Определено, что средняя плотность минералов на поверхности Земли вдвое меньше средней плотности планеты. Следовательно, можно говорить о значительном увеличении плотности от поверхности планеты к её центру, где она достигает 13,6 г/см^3.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИТОСФЕРЫ.

Ядро Земли имеет температуру, достигающую 3000°С. Внешняя часть ядра жидкая, а внутренняя скорее всего твёрдая, так как давление, оказываемое на него наружными слоями, огромно. Ядро планеты состоит из железа и никеля. Так как жидкая часть ядра движется, то вокруг Земли возникает магнитное поле, которое защищает жизнь на нашей планете от гибели под действием заряженных космических частиц. Магнитный полюс Земли, к которому притягивается северный конец стрелки компаса, не совпадает с северным географическим полюсом. Под действием исходящего от Солнца течения плазмы — солнечного ветра — магнитное поле Земли искажается и вытягивается в направлении от Солнца на сотни тысяч километров в виде шлейфа.

Вокруг ядра расположена **мантия** (от *греч.* mantion — покрывало), температура которой внутри выше 2000°С, а снаружи достигает 800°С. По химическому составу она представлена диоксидом кремния и оксидами магния, железа, алюминия, кальция. Внутренняя часть мантии твёрдая из-за высокого давления, а внешняя — размягчена, пластична. На внешней части мантии, как льдины в воде, подвижно расположены литосферные плиты.

Верхний слой мантии переходит в твёрдую слоистую внешнюю оболочку планеты, которая называется **земной корой** и образует вместе с ней литосферу (от *греч.* lithos — камень и sphaira — шар).



Рис. 53. Извержение вулкана

Литосфера — это внешняя твёрдая оболочка Земли, которая включает всю земную кору с частью верхней мантии и состоит из осадочных, изверженных и метаморфических пород.

Вещества внешней части мантии, которые проникают в земную кору и изливаются на её поверхность, называются **магмой** (от *греч.* mágma — густая мазь). Изливающуюся на поверхность магму называют **лавой**. Она образуется при извержении **вулканов** (рис. 53). Извержение сопровождается выделением в атмосферу различных газов: водяной пар H_2O,

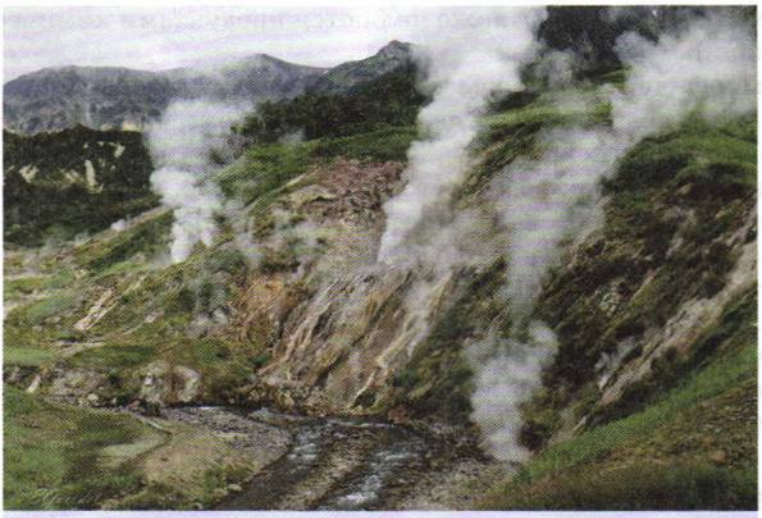


Рис. 54. Долина гейзеров на Камчатке

хлороводород HCl, сероводород H_2S, сернистый газ SO_2, углекислый газ CO_2 и др. Вулканы имеют магматический очаг и канал или трещины, по которым поднимается магма. При извержении по центральному каналу около его выхода на поверхность образуется гора из продуктов извержения с воронкой (кратером) на вершине.

В местах вулканической деятельности возникают горячие, часто фонтанирующие источники — **гейзеры**. Наиболее известна в нашей стране долина гейзеров на Камчатке (рис. 54).

Толщина литосферы составляет всего 1,5% объёма Земли, или 0,8% её массы. В глубину планеты земная кора простирается от 5 км (под океанами) до 70 км (под горными вершинами). Литосфера на 90% состоит из кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, калия, натрия, магния. Эти восемь элементов образуют оксиды, из которых более половины приходится на диоксид кремния, а около 15% — на оксид алюминия.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ. ЛИТОСФЕРНЫЕ ПЛИТЫ. Перечисленные выше оксиды образуют однородные по физическим свойствам природные тела — минералы, из которых состоят горные породы. В свою очередь горные породы по происхождению делятся на магматические, осадочные, метаморфические.

Магматические горные породы составляют 60% земной коры и образуются при застывании магмы на её поверхности (например, базальты) или в её глубине (граниты).

Осадочные породы образуются в результате отложения на суше и на дне океанов обломков магматических или метаморфических горных пород (песок, галька, песчаник), остатков живых организмов (извест-

няк, каменный уголь), а также являются продуктами химических реакций (соли).

Метаморфические породы — это результат превращения разных горных пород под действием давления, температуры или химических веществ (мрамор, гнейс).

Верхний слой литосферы состоит из осадочных пород, а нижний — из базальтов. Средний слой литосферы составляют в основном гранитные породы, но это характерно только для континентальной (материковой) коры.

Литосферу можно сравнить со скорлупой, которая, подобно яичной, охватывает всю поверхность Земли. Но «земная скорлупа» как бы растрескалась на части и состоит из нескольких крупных литосферных плит (рис. 55), которые медленно перемещаются относительно друг друга.

Учёные насчитали 9 громадных плит (3 океанические и 6 смешанного состава) и множество плит поменьше. Океанические плиты находятся на дне океанов, а плиты смешанной конструкции объединяют континентальные площади с участками дна океана.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ. Взаимное перемещение плит часто приводит к деформации их краёв. Когда предел упругих деформаций пород, образующих плиты, превосходит допустимые значения, возникают разломы и землетрясения. Поэтому пограничные области между плитами называют поясами сейсмичности. Здесь происходит не менее 95% всех землетрясений планеты.



Рис. 55. Литосферные плиты

Основные очаги землетрясений расположены в двух узких сейсмических поясах, окаймляющих земной шар, — тихоокеанском и средиземноморском. Тихоокеанский пояс протянулся вдоль восточного побережья Азии, к северу и востоку от Австралии, вдоль западного побережья Америки (68% всех землетрясений, особенно в Японии и на Филиппинах). Средиземноморский пояс охватывает острова Зелёного Мыса, Португалию, Средиземное и Чёрное моря, Малую Азию, Гималаи и Индонезию с боковой ветвью в сторону Центрального Китая. В этом поясе происходит 21% землетрясений. В России основными сейсмическими районами являются Кавказ, район Байкала, Камчатка, Курильские острова.

Землетрясения — это колебания Земли, вызванные внезапными изменениями в состоянии недр планеты.

Ежедневно на Земле происходят тысячи землетрясений, но лишь немногие из них ощущаются человеком.

По характеру процессов, происходящих в недрах Земли, выделяют несколько типов землетрясений, среди которых основными являются тектонические и вулканические.

Причиной тектонических землетрясений являются глубинные разломы в земной коре.

Вулканические землетрясения происходят при резких перемещениях расплава магмы в недрах Земли или в результате возникновения разломов в коре под влиянием этих перемещений.

В результате землетрясений, происходящих в толще Земли, возникают сейсмические волны.

Сейсмические волны — это упругие колебания, распространяющиеся от очагов землетрясений в толще Земли с достаточно большой скоростью на большие расстояния.

Наиболее сильные землетрясения иногда ощущаются на расстояниях более 1500 км от их очага. Очаги большей части землетрясений лежат в земной коре на глубинах не более 16 км, однако в некоторых районах глубины очагов достигают 700 км. Скорость распространения сейсмических волн и их характер зависят от упругих свойств и плотности пород. Такие волны могут быть как поперечными, так и продольными.

Сейсмические волны регистрируются специальными приборами, называемыми сейсмографами. Сейсмограф сначала регистрирует продольные волны. При их прохождении области среды сначала сжимаются, а затем расширяются, совершая колебания в направлении распространения волны. Следующими регистрируются поперечные сейсмические волны, называемые также вторичными.

Помимо продольных и поперечных сейсмических волн существуют ещё поверхностные волны. Поверхностные волны возникают на границе раздела двух сред, находящихся в разных агрегатных состояниях (жидкость — газ, твёрдое тело — газ и т. д.) под воздействием колебаний, приходящих от очага землетрясения к этой границе.

Вблизи очага землетрясения наблюдаются колебания с различными периодами — от долей секунды до нескольких секунд. С увеличением расстояния от очага землетрясения период колебаний увеличивается. Так, на расстояниях порядка сотен километров он составляет от 1 до 10 секунд для продольных волн и несколько большее значение имеет для поперечных волн. Значение периода поверхностных волн лежит в интервале от нескольких секунд до нескольких сотен секунд.

Амплитуда колебаний значительна вблизи очага, однако с увеличением расстояния она уменьшается, и на расстояниях 1500 км и более она меньше 10^{-6} м для продольных и поперечных волн и меньше 10^{-10} м — для поверхностных волн.

Для характеристики силы землетрясения используют особую величину, называемую магнитудой.

Магнитуда землетрясения — это величина, характеризующая энергию, выделившуюся при возникновении сейсмических волн.

Шкалу магнитуд называют шкалой Рихтера в честь американского сейсмолога *Ч. Ри́хтера* (1900—1985), который и предложил её в 1935 г. (Не путать со шкалой оценки силы землетрясения в баллах по



Рис. 56. К. Брюллов. Последний день Помпеи. *1830—1833 гг.*

12-балльной системе!) В соответствии с ней землетрясения можно классифицировать следующим образом (в условных единицах — магнитудах, которые вычисляются по колебаниям, регистрируемым сейсмографом):

2 — самые слабые ощущаемые толчки;

4,5 — слабые толчки, приводящие к небольшим разрушениям;

6 — умеренные разрушения;

8,5 — самые сильные из известных землетрясений.

Во время сильных землетрясений образуются трещины, уступы, оползни. Разрушаются строения — здания, мосты, плотины, гибнут люди и животные, горят леса.

На картине *К. П. Брюллóва* (1799—1852) «Последний день Помпеи» (рис. 56) в выразительной художественной форме изображено извержение в 79 г. н. э. вулкана Везувия, погубившего цветущий город Помпеи близ Неаполя, а также города Геркуланум, Стабии и множество посёлков.



Рис. 57. Цунами

Везувий зев открыл — дым хлынул клубом — пламя
Широко развилось, как боевое знамя.
Земля волнуется — с шатнувшихся колонн
Кумиры падают! Народ, гонимый страхом,
Под каменным дождём, под воспалённым прахом,
Толпами, стар и млад, бежит из града вон.

А. Пушкин

ЦУНАМИ. При извержениях подводных вулканов или при подводных землетрясениях образуются цунами (в переводе с японского — «приливные волны»).

Цунами — это длинные волны, порождаемые мощным воздействием на всю толщу воды в океане или другом водоёме.

Причиной 85% всех цунами являются подводные землетрясения (рис. 57). При землетрясении под водой образуется вертикальная трещина и часть дна опускается, а часть повышается. Дно перестаёт поддерживать столб воды, лежащий над ним. Поверхность воды опускается, столб воды приходит в колебательное движение в вертикальном направлении и порождает волны.

Водная поверхность при землетрясении может опуститься всего на несколько десятков сантиметров, но при этом масса потерявшего опору в океане столба воды будет огромной. Поэтому возникающие цунами имеют маленькую высоту и очень большую длину волны. Так, в результате землетрясения, которое произошло в 1923 г. в Японии, ре-

льеф дна изменился на площади 150 км^2, при этом одни участки дна поднялись на 230 м, другие опустились на 400 м. В результате подъёма дна была вытолкнута на поверхность вода, объём которой составил 23 км^3. Цунами — это обычно серия волн, но так как волны длинные, между их появлением может проходить более часа. С учётом причин возникновения эти волны часто называют сейсмическими.

На море штиль, но в мире нет покоя —
Локатор ищет цель за облаками.
Тревога — если что-нибудь такое —
Или сигнал: внимание — цунами!

В. Высоцкий

Цунами, обрушиваясь на берег, являются причиной страшных разрушений и гибели людей. Во время цунами в декабре 2004 г. в Юго-Восточной Азии погибло 235 000 человек и остались без крова более полумиллиона. Ещё долго из памяти человечества не сотрётся землетрясение, произошедшее 11 марта 2011 г. в Японии, которое вызвало цунами и привело к затоплению и разрушению городов, авариям и остановке работы реакторов на нескольких атомных станциях и гибели более 25 000 человек.

В следующем параграфе мы поговорим о водной оболочке Земли — гидросфере. →

Вы знаете

- физические характеристики Земли
- внутреннее строение Земли и химический состав литосферы
- типы горных пород и литосферных плит
- причины землетрясений и цунами

Вы можете

- назвать основные физические характеристики Земли
- объяснить, что такое гейзеры и как они возникают
- перечислить типы горных пород в зависимости от их происхождения, показать основные пояса сейсмичности на Земле
- дать краткую характеристику таких природных катаклизмов, как извержение вулканов, землетрясения, цунами, рассказать о причинах их возникновения
- определить, что такое сейсмические волны, каким прибором они регистрируются и с какой целью

Выполните задания

1. Охарактеризуйте физические параметры Земли и объясните, почему земной шар сплюснут.

2. Изобразите на схеме внутреннее строение нашей планеты, дайте определение литосферы.
3. Назовите горные породы и слои литосферы, которые из них состоят.
4. Объясните, как происходит извержение вулкана.
5. Ответьте, какая величина (и условная единица) используется для характеристики силы землетрясений.

Темы для рефератов

1. Наиболее сильные извержения вулканов в XX—XXI вв. 2. Крупнейшие гейзеры мира (Исландия и Камчатка). 3. Землетрясение и цунами в Японии в 2011 г. 4. Природные катастрофы в литературе и искусстве.

§ 16. Гидросфера

1. Перечислите мореплавателей, совершавших кругосветные плавания в эпоху Великих географических открытий, чьими именами названы моря, заливы, проливы и т. п.
2. Оцените вклад российских учёных и мореплавателей в исследование Северного Ледовитого океана; вспомните, кто и почему назвал Тихий океан именно так.
3. Назовите три крупнейшие реки Европы, Африки и Азии. Куда они впадают?
4. Приведите примеры литературных произведений из русской и зарубежной классики, посвящённых морским путешествиям, исследованиям океанов и морей.

СОСТАВ ГИДРОСФЕРЫ. Не зря мы называем свою Землю голубой планетой, из космоса она так и выглядит — голубым шаром. И это благодаря гидросфере (от *греч.* hýdōr — вода и sphaira — шар) — водной оболочке, подобной нет ни на одной из планет Солнечной системы.

Гидросфера — это единая водная оболочка Земли, которая включает в себя всю химически не связанную воду: жидкую, твёрдую, газообразную.

Почему химически не связанную? Потому что вода — замечательный реагент и вступает в химические реакции, связываясь с органиче-

скими и неорганическими веществами в более сложные соединения. Например, с кислотными и основными оксидами она образует, соответственно, кислородные кислоты и основания. Например:

$$\underset{\text{оксид серы (IV)}}{SO_2} + H_2O \leftrightarrow \underset{\substack{\text{сернистая}\\\text{кислота}}}{H_2SO_3},$$

$$\underset{\text{оксид кальция}}{CaO} + H_2O = \underset{\text{гидроксид кальция}}{Ca(OH)_2}.$$

Первая реакция — одна из причин возникновения так называемых кислотных дождей, вторая описывает процесс гашения извести. Связывание воды иллюстрирует диалектику этого процесса: если в первом случае наносится вред окружающей среде, то второй используется в строительстве и сельском хозяйстве.

В природе химически связанная вода существует не только в живых организмах, но и в различных минералах — например, в гипсе ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), мирабилите, или глауберовой соли ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), и в других. Такая вода в состав гидросферы не включается.

Гидросфера состоит из Мирового океана, вод суши и воды в атмосфере. Общий объём её около 1400 млн км^3, из которых на долю Мирового океана приходится 96,5%. Доля материковых вод составляет лишь 3,5%, из которых 1,8% содержится в виде льда и постоянного снега (Антарктида, Гренландия), и только 1,7% в виде жидкой воды подземных вод, рек, озёр, болот и других водоёмов. В атмосфере вода присутствует в виде водяного пара, капель воды и кристаллов льда, из которых состоят облака.

МИРОВОЙ ОКЕАН. Древние греки называли океан «рекой, обтекающей землю», и в этом представлении — глубокая мудрость предков, которые предвосхитили современное ви́дение Мирового океана как сплошной водной оболочки нашей планеты, в которой материки не более чем крупные острова в океане.

Мировой океан — это основная часть гидросферы, водная оболочка, окружающая материки и острова и обладающая общностью солевого состава.

На долю океана приходится 361 млн км^2 из 510 млн км^2 общей площади Земли, т. е. на долю океана приходится 70,8%. Очевидно, нашу планету надо было бы называть более точно — планета Океан.

Воды Мирового океана распределены по поверхности Земли очень неравномерно. И эту поверхность можно разделить на два полушария так, что на одном окажется наибольшая часть вод, а на другом — наибольшая часть суши. Первое обычно называют океаническим (рис. 58*а*)

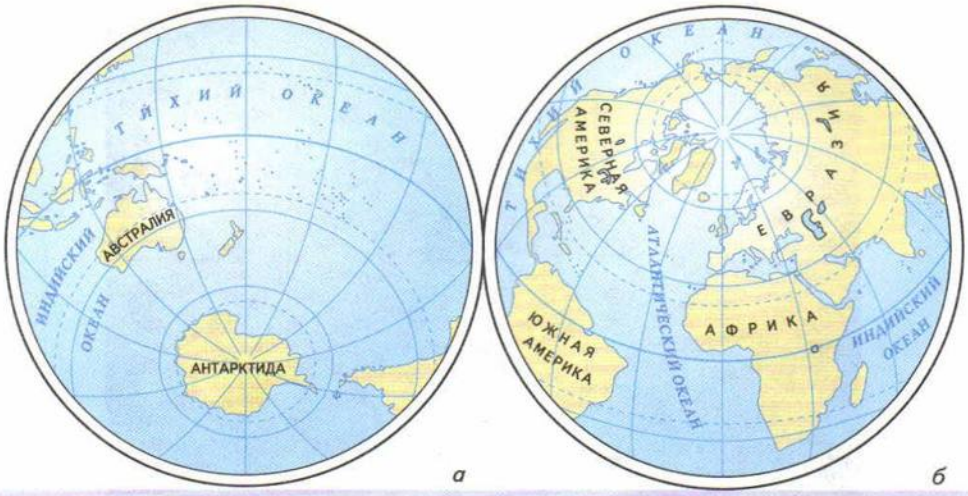


Рис. 58. Океаническое (*а*) и материковое (*б*) полушария Земли

полушарием, второе — материковым (рис. 58*б*). Важно подчеркнуть, что даже в материковом полушарии на долю океана приходится 53%, а в океаническом на сушу приходится лишь 9%.

Мировой океан и сушу связывает большой, или мировой, круговорот воды. Он состоит из испарения воды со всей поверхности Мирового океана, переноса влаги в атмосфере, выпадения осадков над океаном и над сушей, их просачивания, поверхностного и подземного стоков снова в океан. Таким образом происходит постепенное обновление воды во всех частях гидросферы.

ОКЕАНЫ И МОРЯ. Мировой океан состоит из четырёх соединённых между собой океанов: Тихого, Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого. В последние годы стали выделять ещё Южный океан, окружающий Антарктиду.

Океан — это крупная часть Мирового океана, обладающая всеми присущими ему свойствами.

Океаны, вдаваясь в сушу, образуют моря (рис. 59).

Море — это часть океана, обособленная сушей или возвышениями подводного рельефа и отличающаяся от открытой части океана солёностью и температурой воды.

Условно морями называют также некоторые открытые части океанов (например, Саргассово море) и некоторые крупные озёра (Мёртвое, Каспийское, Аральское).

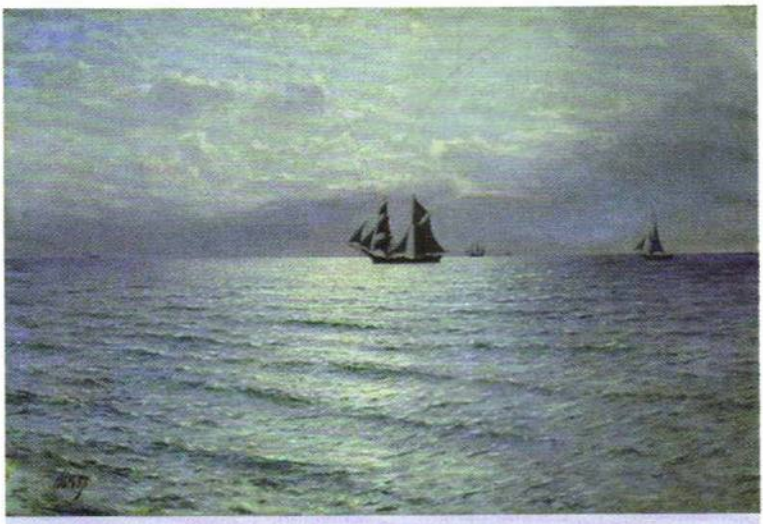


Рис. 59. Л. Лагорио. Море. *1898 г.*

СОСТАВ И ЦВЕТ ОКЕАНИЧЕСКОЙ И МОРСКОЙ ВОДЫ. Самым важным свойством морской воды является её солёность: в среднем на 1 кг воды приходится 35 г солей. Из них на долю хлорида натрия приходится 85%. Понятно, что такая вода должна иметь солёный вкус. Горьковатый вкус морской воде придают соли магния. Кроме того, вода Мирового океана содержит соли калия, кальция, стронция, из которых наиболее характерны хлориды и сульфаты. Морская вода содержит также соединения брома и даже фтора. Можно утверждать, что в морской воде содержится большинство элементов таблицы Менделеева. Например, в крови голотурий (морских огурцов — беспозвоночных животных типа иглокожих) содержится ванадий, в крови моллюсков — никель, в крови омаров и мидий — кобальт.

Содержание солей в водах Мирового океана принято выражать не в сотых долях — процентах (%), а в тысячных долях — промилле (‰). Среднее значение его составляет 35 ‰.

Солёность воды в открытых океанах зависит от расстояния до устья крупных рек, от таяния льдов, испарения и от скорости перемешивания воды под действием ветров и течений. Вода Средиземного и Красного морей очень солёная — до 40‰, а в Балтийском море содержание соли гораздо ниже — до 11‰.

Кроме солей и органических веществ, морская вода содержит газы — кислород, азот, углекислый газ, сероводород, аммиак, метан. И их количество в водах морей и океанов тоже различно. Например, глубинные воды Чёрного моря насыщены сероводородом, поэтому на глубине более 200 м практически отсутствует флора и фауна, там можно встретить лишь некоторые виды анаэробных бактерий.

Цвет воды в разных районах океанов и морей сильно различается, но всё же представление о цвете моря связано с синим цветом. Этот цвет обусловлен тем, что самые короткие лучи солнечного спектра — синие — рассеиваются во всех направлениях, когда проникают в воду, и за счёт этого придают ей синий оттенок. Зависит цвет от интенсивности солнечных лучей. Так, во время захода солнца ярко-синий сменяется золотым, так как уменьшается угол, под которым лучи попадают в воду. Цвет морской воды зависит и от взвешенных в ней различных частиц. Например, Жёлтое море получило своё название от жёлтой окраски частиц горных пород, сбрасываемых в это море реками Китая. А Красное море получило своё название благодаря присутствию в нём красных водорослей.

ЛЁД В МИРОВОМ ОКЕАНЕ. АЙСБЕРГИ. Морские льды широко распространены в Мировом океане. Например, Северный океан носит красноречивый дополнительный «титул» — Ледовитый. Водные просторы вокруг Антарктиды, а также вокруг Гренландии — самого большого острова в мире покрыты многометровой толщей льда.

По происхождению льды, которые плавают в морях и океанах, бывают не только морскими (образовавшимися при замерзании солёной воды), но и пресными — которые образуются в реках и выносятся ими в море или сползают с материков и островов. Материковые льды в океане образуют **айсберги** (рис. 60) — ледяные горы, некоторые из них достигают десятков километров в длину и ширину. Подводная часть айсбергов обычно в 5—7 раз больше надводной.

Северной родиной айсбергов является Гренландия, которая непрерывно накапливает лёд на своей поверхности, а потом сбрасывает излишки в воды Атлантики, южная родина айсбергов — Антарктида. Десятки судов стали жертвами этих плавающих ледяных гор. В апреле 1912 г. затонул английский пароход «Титаник» — крупнейшее пассажирское судно своего времени длиной 269 м и водоизмещением 52,3 тыс. т. Он не успел уклониться от столкновения с айсбергом. Вы-



Рис. 60. Айсберг

дававшаяся вперёд подводная часть ледяной горы разрезала корабль от носа до капитанского мостика, погибло 1513 человек.

ВОЛНЫ. Вода Мирового океана находится в непрерывном движении, которое происходит не только на поверхности, но и в его глубинах.

Утёсы. Зной и сон в пустыне,
Песок да звонкий хрящ кругом,
И вдалеке земной твердыне
Морские волны бьют челом.

На той черте уже безвредный,
Не докатясь до красных скал,
В последний раз зелёно-медный
Сверкает Средиземный вал;

И, забывая век свой бурный,
По пёстрой отмели бежит
И преломлённый и лазурный;
Но вот преграда — он кипит,

Жемчужной пеною украшен,
Встаёт на битву со скалой
И, умирающий, всё страшен
Всей перейдённой глубиной.

А. Фет. «Прибой»

На поверхности возникают волны, в которых различают верхнюю часть — гребень и нижнюю — подошву. Под напором ветра частицы воды в гребне волны движутся по направлению волны, а в подошве — в противоположную сторону, совершая путь по круговым орбитам. Поэтому предметы не движутся на волне, а колеблются, и такие волны называют колебательными. Высота волны в метрах определяет степень волнения в баллах. Если высота волны равна 0, то степень волнения также равна 0 баллов, и такое состояние моря называют **штилем** (рис. 61). Нередко на море наблюдается волнение, когда ветер уже стих, а море всё не успокаивается, оно словно дышит, медленно поднимаясь и опускаясь, — это **зыбь.** Вид волн у берегов, где уменьшается глубина моря, резко меняется. Скорость волн из-за трения о дно затухает, но высота растёт, передний склон становится всё



Рис. 61. И. Айвазовский. Штиль на Средиземном море. *1892 г.*



Рис. 62. И. Айвазовский. Ураган на море. *1899 г.*

круче, на гребне появляется пена, и волна с грохотом обрушивается на берег — так возникает **прибой**. Покорение волн прибоя породило специальный вид спорта — сёрфинг. Если скорость ветра достигает 20 м/с и более, то начинается **шторм** (рис. 62) и такое волнение на море оценивается высокими баллами (8—9). Волны напоминают горы, их много, и они с грохотом обрушиваются в море, над волнами летят тучи брызг. Судам в это время лучше находиться в порту. Если волны порождены не ветром, а землетрясением, то возникает цунами, о котором мы уже говорили в предыдущем параграфе.

Под действием сил притяжения Луны и Солнца происходят ритмичные подъёмы и опускания вод морей и океанов, не зависящие от погоды, — **приливы** и **отливы**. Так как Земля вращается вокруг своей оси, прилив распространяется по поверхности Мирового океана огромной пологой волной, длина которой достигает многих сотен километров. Приливы обладают громадной энергией, которая в полтора раза больше, чем энергия всех рек планеты. Для решения энергетической проблемы человечество в будущем, очевидно, обратится к этому источнику энергии.

МОРСКИЕ ТЕЧЕНИЯ. Толщу Мирового океана во всех направлениях пронизывают течения. Они образуются из-за того, что в разных его районах

Свежеет ветер, меркнет ночь.
А море злей и злей бурлит,
И пена плещет на гранит —
То прянет, то отхлынет прочь.

Всё раздражительней бурун;
Его шипучая волна
Так тяжела и так плотна,
Как будто в берег бьёт чугун.

Как будто бог морской сейчас,
Всесилен и неумолим,
Трезубцем пригрозя своим,
Готов воскликнуть: «Вот я вас!»

А. Фет. «Буря»



Рис. 63. Течение Гольфстрим (схема)

плотность воды, её солёность и температура различны. У экватора, где океан получает наибольшее количество энергии, наблюдается мощный восходящий поток более холодной воды из глубины. Нагреваясь, она растекается к Арктике и Антарктике. Здесь эта вода вновь охлаждается и начинает опускаться, а затем направляется к экватору, чтобы снова нагреться и повторить всё сначала.

В океанах существует система поверхностных течений, которые зависят от направления господствующих ветров — пассатов и муссонов.

Совместные действия ветров, конвекция (перемешивание) и вращение Земли создают стройную систему океанических течений, наиболее известное из которых Гольфстрим (рис. 63). Это тёплое течение в Атлантическом океане, оно начинается в Мексиканском заливе, имеет протяжённость более 10 000 км и достигает острова Новая Земля. Если взять сток всех рек земного шара, то всё равно он будет в 22 раза меньше количества воды, которое несёт Гольфстрим. Трудно переоценить его значение для формирования климата в Северном полушарии. Гольфстрим приносит в северные моря почти 45% всего тепла, которое они получают за год. Одна лишь Норвегия обогревается Гольфстримом так же, как от воображаемой печки, в которой сжигалось бы 100 000 т нефти в минуту! Морские течения совершают неустанную работу, перемешивая Мировой океан. В результате вода разных частей океанов имеет сходный или незначительно различающийся солевой состав. Для морских обитателей течения несут корм туда, где его нет. Обогащённые на поверхности океана кислородом, течения уносят его в глубины, давая возможность дышать рыбам и другим организмам.

Морская вода обладает большой удельной теплоёмкостью. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/кг · град. Такое значение удельной теплоёмкости приводит к тому, что вода, поглощая солнечную энергию, медленнее нагревается и медленнее охлаждается по сравнению с сушей. Вследствие разной удельной теплоёмкости воды и суши на морских побережьях возникают приятные прохладные ветры — бризы.

Накапливая и надёжно сохраняя энергию, океан влияет на формирование двух типов климата — континентального и морского. Континен-

>> **Вспомните,** что удельной теплоёмкостью вещества называется физическая величина, равная количеству теплоты, которое необходимо для нагревания 1 кг вещества на 1°С.

тальный климат — это сильные морозы зимой, палящее солнце и безоблачное небо летом, он характерен для глубинных районов суши. Морской климат — это прохладное лето и мягкая зима, он характерен для прибрежных районов суши. Климат прибрежных стран Северной Атлантики в значительной мере определяется тремя течениями — тёплым Гольфстримом и холодными Лабрадорским и Восточно-Гренладским течениями. Океан оказывает не только глобальное влияние на климат Земли, но и управляет погодой в местном масштабе.

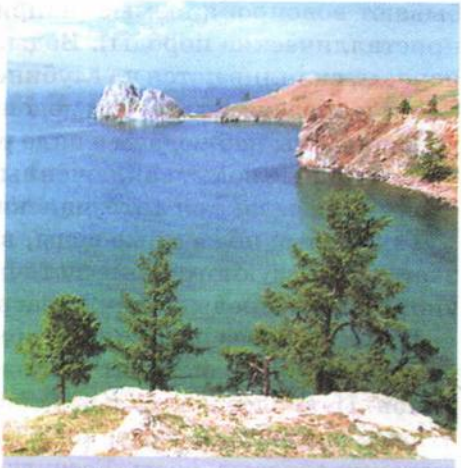


Рис. 64. Озеро Байкал

ВОДЫ СУШИ. Воды суши — это воды озёр, рек, болот, ледников, водохранилищ, а также подземные воды. С ними вы знакомились в курсе географии, и тем не менее хочется ещё раз сказать о нашем уникальном национальном достоянии — озере Байкал (рис. 64).

В Байкал впадает 336 рек, а вытекает только одна — Ангара. Это самое крупное пресноводное озеро мира. Его прозрачная и чистая вода содержит очень мало минеральных солей — меньше 100 мг/л. И такой воды Байкал содержит 23 000 км^3. Понятно, что Байкал требует бережного и деликатного отношения, тем более что проблема пресной воды носит глобальный характер.

> Байкал удивителен, и недаром сибиряки величают его не озером, а морем. Вода прозрачна необыкновенно, так что видно сквозь неё, как сквозь воздух; цвет у неё нежно-бирюзовый, приятный для нас.
>
> *А. Чехов*

> Я не знаю,
> в стихах ли, в прозе ли,
> но писать о Байкале надо.
> Вот оно,
> озеро и не озеро,
> и не клад, а дороже клада.
> Пенится,
> плещется
> море пресное —
> нет его в мире чище.
> С чем сравнить?
> Разве только с песнею,
> ясною, как слезища.
>
> *С. Васильев*

Подземные воды — это воды, которые находятся под поверхностью земли, т. е. в толщах горных породах верхней части земной коры.

Горные породы в зависимости от способности пропускать воду

бывают водопроницаемые (например, пески) и водоупорные (глины и кристаллические породы). Воды, прошедшие через водопроницаемые породы, скапливаются на глубине, задерживаясь там над водоупорным слоем и образуя тем самым водоносные слои. Выход такого слоя на поверхность мы наблюдаем в виде **родников**.

Подземные воды, заключённые между двумя водонепроницаемыми слоями, называются **артезианскими**.

Глубинные подземные воды, выходящие наружу от магматических очагов, образуют горячие источники — гейзеры, о которых мы уже упоминали в предыдущем параграфе.

Проходя через различные горные породы, подземные воды немного растворяют их и выходят на поверхность в виде **минеральных источников**. Наиболее известными такими источниками в нашей стране являются источники Северного Кавказа — серные воды Пятигорска, щёлочно-солевые воды Ессентуков, углекислые воды Кисловодска, железистые минеральные воды Железноводска.

КАРСТ. АНОМАЛЬНОЕ ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ВОДЫ. Растворение горных пород природными водами называется **карстом**. В основе карстовых явлений лежит химический процесс превращения нерастворимых солей угольной кислоты — карбонатов кальция и магния в растворимые — гидрокарбонаты:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2,$$
$$MgCO_3 + H_2O + CO_2 = Mg(HCO_3)_2.$$

Процесс происходит под влиянием углекислого газа, который растворяется в воде, образуя угольную кислоту:

$$H_2O + CO_2 \leftrightarrow H_2CO_3.$$

Под действием именно этой кислоты карбонатные породы (известняк $CaCO_3$ и доломит $CaCO_3 \cdot MgCO_3$) превращаются в гидрокарбонаты. В итоге образуются карстовый рельеф и карстовые пещеры.

В результате же обратного процесса:

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

в пещерах растут сталактиты (с потолка вниз) и сталагмиты (со дна вверх), имеющие форму огромных застывших сосулек (рис. 65).

Вода имеет способность к **аномальному тепловому расширению**. Все жидкости, как и твёрдые тела, расширяются при нагревании. Их объёмное расширение можно наблюдать на следующем опыте.

Лабораторный опыт

Наполним колбу водой и закроем пробкой со вставленной в неё трубкой. Будем нагревать воду в колбе и увидим, что вода начнёт подниматься по трубке. Это происходит потому, что жидкость при нагревании расширяется.



Рис. 65. Карстовая пещера со сталактитами и сталагмитами

Тепловое расширение жидкости объясняется увеличением средних расстояний между положениями равновесия её молекул.

Все жидкости достаточно равномерно расширяются с повышением температуры. Исключение составляет вода. Вода расширяется только при нагревании свыше +4°С. При нагревании от 0 до +4°С она сжимается. При этом её объём уменьшается, а плотность увеличивается. Наибольшую плотность вода имеет при +4°С.

Под действием солнечных лучей верхние слои воды нагреваются, предположим, до температуры +2°С. Плотность воды в этом слое больше, чем в слое, лежащем ниже и имеющем температуру 0°С. Нагретая вода опускается вниз. Её место занимает вода, имеющая более низкую температуру. Таким образом, происходит непрерывная смена слоёв воды и равномерное прогревание всей её толщи. Это будет происходить, пока температура воды не станет равной +4°С.

При дальнейшем нагревании верхние слои становятся менее плотными и остаются вверху. Поэтому большие толщи воды прогреваются быстро лишь до +4°С (наибольшая плотность), дальнейшее прогревание нижних слоёв идёт медленно. Охлаждение воды до +4°С происходит быстро, а дальнейшее охлаждение замедляется. Это приводит к тому, что водоёмы, начиная с некоторой глубины, имеют температуру +2—3°С. Даже зимой вода в водоёмах не промерзает до дна. Верхние, более холодные, слои воды опускаются вниз, а тёплые занимают их место. Такое перемещение происходит до тех пор, пока температура воды не станет +4°С. При дальнейшем охлаждении верхние слои не будут опускаться вниз и постепенно замёрзнут.

Эта особенность теплового расширения воды имеет очень большое значение для формирования климата Земли, так как бóльшая часть поверхности нашей планеты покрыта водой.

Следующий, заключительный параграф этой главы будет посвящён воздушной оболочке Земли — атмосфере.

Вы знаете

- состав гидросферы
- что представляет собой Мировой океан
- состав и цвет океанической и морской воды
- какие бывают льды в океанах и морях и что такое айсберг
- какие бывают волны
- роль морских течений в формировании климата
- что включает в себя понятие «воды суши»
- что такое карст и в чём заключается аномальное тепловое расширение воды

Вы можете

- дать определения основных объектов, входящих в понятия «Мировой океан» и «воды суши»
- объяснить, что такое океаническое и материковое полушария, продемонстрировать это на карте или глобусе
- охарактеризовать химический состав и цвет воды океанов и морей, привести примеры морей с водой разной степени солёности
- на примере Гольфстрима показать, как океан влияет на формирование климата стран, вдоль берегов которых это течение проходит
- назвать источники, в виде которых подземные воды выходят на поверхность

Выполните задания

1. Объясните, какая вода называется химически связанной, какая — кристаллической. Приведите примеры кристаллогидратов.
2. Опишите круговорот воды в природе и его значение для живой и неживой природы.
3. Приведите примеры нетипичных морей на Земле. В чём их особенность?
4. Дайте характеристику свойств морской и океанической воды.
5. Сформулируйте, что такое волна, штиль, зыбь, прибой, приливы и отливы. Какие из перечисленных явлений описываются в стихотворении М. Ю. Лермонтова «Парус»?
6. Приведите примеры холодных и тёплых течений, покажите их роль в жизни прибрежных стран.
7. Перечислите воды суши, которые вы знаете, объясните, что такое карст и в чём заключается аномальное тепловое расширение воды.

Темы для рефератов

1. Южный океан — пятый океан на Земле. 2. Саргассово море — загадка природы. 3. Моря-озёра на Земле (Мёртвое, Каспийское, Аральское). 4. Карстовые пещеры в России. 5. Морская тема в литературе и искусстве.

§ 17. Атмосфера

1. Назовите имя ученика Г. Галилея, учёного, впервые доказавшего существование атмосферного давления и сконструировавшего первый барометр.
2. Из курса биологии и из собственных наблюдений приведите примеры, как животные могут предсказывать погоду.
3. Вспомните и опишите принцип работы барометра-анероида, гигрометра, психрометра.

СТРОЕНИЕ АТМОСФЕРЫ. От космического пространства, пронизанного мощным, губительным для всего живого излучением, нашу планету защищает газовая оболочка — атмосфера (от *греч.* atmós — пар и sphaíra — шар).

Атмосфера — это воздушная (газовая) оболочка Земли, удерживаемая силой земного притяжения и вращающаяся с ней как единое целое.

В атмосфере выделяют: тропосферу (до 18 км), стратосферу (до 50 км), мезосферу (до 80 км) и термосферу, постепенно переходящую в космическое пространство (рис. 66).

Около 90% всей массы атмосферы приходится на **тропосферу**. Её высота над экватором до 18 км, а в полярных областях — 8—10 км. Температура в тропосфере понижается с высотой в среднем на 6°С на каждый километр. В ней сосредоточен весь водяной пар, образуются облака и выпадают осадки. Именно в тропосфере сосредоточена вся жизнь планеты.

Плотность воздуха и давление в **стратосфере** незначительны. Разреженный воздух состоит из тех же газов, что и тропосфера. В **мезосфере** плотность воздуха в 200 раз меньше, чем в тропосфере. Выше неё расположена термосфера, которая получила своё название за счёт

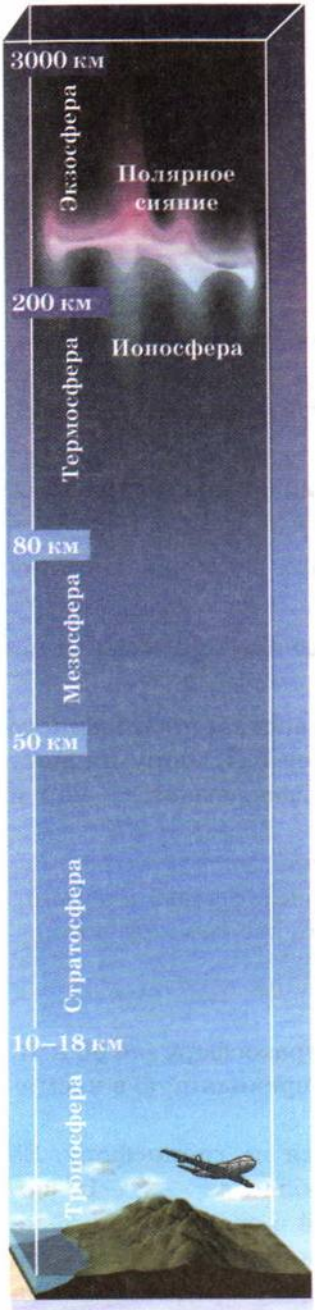


Рис. 66. Строение атмосферы

высокой температуры (она достигает от 200 К до 1000 К). В термосфере нет молекул, так как образующие атмосферу газы находятся в ней в виде отдельных атомов, которые немедленно превращаются в заряженные частицы — ионы в результате того, что от них отрываются электроны под действием коротковолновой солнечной радиации. Поэтому эту часть термосферы называют **ионосферой** в отличие от другой, внешней её части — **экзосферы**, где газ сильно разрежен и откуда идёт утечка его частиц в межпланетное пространство. Для ионосферы характерна высокая наэлектризованность и способность отражать, как от зеркала, длинные и средние радиоволны. В ионосфере возникают полярные (северные) сияния, а также мощные электрические токи, которые вызывают нарушение магнитного поля Земли.

Полярное (северное) сияние — оптическое явление в ионосфере, свечение ионов под действием заряженных частиц, летящих от Солнца.

СОСТАВ ВОЗДУХА. Ещё в конце XVIII в. А. Лавуазье установил, что воздух — смесь газообразных веществ: азота N_2 (на его долю приходится $^4/_5$ объёма воздуха) и кислорода O_2 (с объёмной долей $^1/_5$). В дальнейшем представления о составе воздуха были уточнены. В настоящее время различают постоянные, переменные и случайные составные части воздуха.

Постоянные составные части воздуха (табл. 6) — это азот, кислород и благородные газы (в первую очередь аргон). Содержание их в тропосфере постоянно.

Переменные составные части воздуха — это углекислый газ (около 0,003% по объёму), водяные пары и озон (около 0,00004% по объёму). Содержание их может сильно изменяться в зависимости от природных и антропогенных условий.

Таблица 6

ПОСТОЯННЫЕ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ВОЗДУХА

Газ	Содержание газа (%)	
	по объёму	по массе
Азот (N_2)	78,08	75,51
Кислород (O_2)	20,95	23,15
Аргон (Ar)	0,93	1,28
Гелий (He)	0,00182	0,00125
Неон (Ne)	0,00053	0,00007
Криптон (Kr)	0,00012	0,00029

К случайным составным частям воздуха относят пыль, микроорганизмы, пыльцу растений, сажу, пепел, кристаллики льда и морской соли, некоторые газы, в том числе и те, которые образуют кислотные дожди (оксиды серы и азота), и т. д.

ОЗОНОВЫЕ ДЫРЫ И ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ. На высоте 20—25 км расположен **озоновый слой**, защищающий Землю от ультрафиолетового излучения Солнца. Его более точно и значимо называют озоновым щитом планеты. В настоящее время возникла угроза разрушения этого щита, и в первую очередь под действием содержащих хлор соединений — фреонов. Эти соединения используются в холодильных установках и аэрозольных упаковках (в баллончиках с дезодорантами и т. д.). Истончение озонового слоя называется **озоновой дырой**. Как она образуется? В верхних слоях атмосферы молекулы фреонов попадают под воздействие космических лучей, в результате чего из них освобождается хлор. Он соединяется с озоном, а затем это соединение вновь разрушается, однако в данном случае образуется не озон O_3 и хлор Cl, а кислород O_2 и хлор Cl. Освободившийся хлор тут же соединяется с новой молекулой озона, затем превращает его в кислород и т. д. Подсчитано, что 1 атом хлора может разрушить 100 000 молекул озона. Этот процесс интенсивнее всего происходит над Антарктидой, откуда обеднённый озоном воздух распространяется по всей планете, а вместо него поступает нормальный воздух. Так Антарктида превращается в своеобразный химический завод, на котором год за годом уничтожается озоновый щит планеты. Сейчас большинство промышленных стран прекратили выпуск фреонов, заменив их другими веществами. Но учёные подсчитали, что имеющийся в атмосфере запас фреонов будет ещё в течение 100 лет разрушать озоновый слой Земли.

Другая не менее важная проблема, связанная с составом атмосферы, называется **парниковым эффектом** или атмосферным тепличным эффектом. Этот эффект вызван содержанием в атмосфере углекислого газа, водяного пара, метана и других примесей, которые обладают удивительной способностью пропускать сквозь себя солнечный свет и задерживать тепловое излучение, исходящее от земной поверхности. В результате наблюдается постепенное потепление климата на нашей планете. Так, за период с 1906 по 2005 г. средняя температура Земли повысилась на 0,74°С, в наши дни это уже составляет 1°С, а к 2020 г. может достигнуть 2,2—2,5°С. Каких последствий ждать от этого эффекта? В первую очередь это повышение уровня Мирового океана и, следовательно, затопление прибрежных районов морей и океанов, а также изменение природных и климатических зон на земном шаре.

Представление о парниковом эффекте даёт следующий пример. Если в жаркий полдень сесть в автомобиль, простоявший хотя бы 10—15 минут на солнце с закрытыми дверями, то на собственном опыте можно ощутить, как разнится температура снаружи и внутри салона. Всё дело в том, что стёкла автомобиля имеют различную проницаемость для лучей видимого света и инфракрасных лучей, поэтому в нём значительно повышается температура.

ПОГОДА И КЛИМАТ. С развитием цивилизации зависимость людей от **погоды** не уменьшается, а только увеличивается, причём физически человек стал более чувствительным к её изменениям.

Погодой называется состояние атмосферы (а точнее — тропосферы) в данной местности и в данное время.

В основном погода определяется температурой воздуха, атмосферным давлением, преобладающим направлением и скоростью ветра, влажностью воздуха, облачностью и осадками.

Для описания того, как изменяется состояние атмосферы на протяжении продолжительного времени, используют понятие климат, которое ввёл в науку древнегреческий астроном *Гиппáрх* (ок. 180/190 — 125 г. до н. э.) более 2 тысяч лет назад.

Климат — это многолетний режим погоды, характерный для какой-либо местности.

Климат отдельных регионов Земли зависит от их географического положения, морских течений, рельефа и высоты над уровнем моря. Температура воздуха периодически изменяется в течение суток и в течение года. От экватора к полюсам амплитуды суточных колебаний температур убывают. При этом размах их в прибрежных районах ни-

же, чем в глубине суши. Как вы знаете, этот фактор определяет тип климата — морского или континентального.

Каждые сутки во всём мире проводится более 100 000 наблюдений за погодой у поверхности Земли и более 11 000 — за её состоянием в верхних слоях атмосферы. Слежение за погодой осуществляют 9000 наземных станций, которые получают информацию с помощью приборов, установленных на самолётах, научных кораблях, метеорологических зондах, спутниках. Координатором деятельности метеорологических служб разных стран является Всемирная метеорологическая организация — специализированное межправительственное учреждение ООН.

АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ. Одним из определяющих показателей погоды является атмосферное давление.

Атмосферное давление — это давление, оказываемое воздухом на поверхность Земли.

Рассчитать его так, как рассчитывают давление жидкости на дно сосуда, невозможно, поскольку плотность атмосферы заметно изменяется с высотой. Поэтому атмосферное давление было определено экспериментально. В 1647 г. его измерил итальянский физик и математик *Э. Торричелли* (1608—1647). Он заполнил ртутью запаянную с одного конца трубку длиной 1 м и, закрыв другой конец трубки, перевернул её и опустил в сосуд с ртутью (рис. 67). После того как этот конец трубки открыли, часть ртути вылилась, а высота оставшегося столба ртути оказалась равной 760 мм. Таким образом, атмосферное давление оказалось равным 760 мм ртутного столба — это **нормальное атмосферное давление**. С тех пор единицей давления считается 1 мм ртутного столба (1 мм рт. ст.), это внесистемная единица. В СИ единицей давления, в том числе и атмосферного, является 1 паскаль (1 Па = 1 Н/м^2). Соотношение между этими единицами таково: 1 мм рт. ст. = 133,3 Па; 1 Па = 0,75 мм рт. ст. В паскалях нормальное атмосферное давление равно 101 300 Па, или примерно 10^5 Па.

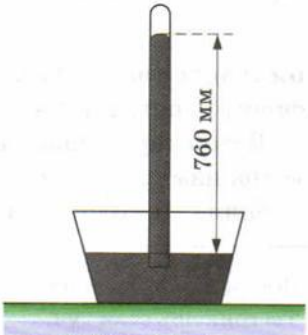


Рис. 67. Опыт Э. Торричелли по измерению атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления используют прибор, называемый барометром. Достаточно точным, но неудобным в обращении является ртутный барометр, подобный трубке с ртутью, которую использовал Торричелли. Если к этой трубке прикрепить шкалу,

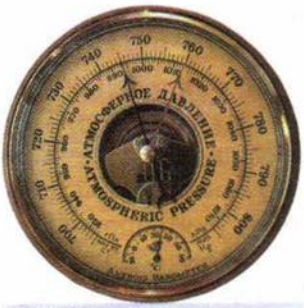


Рис. 68. Барометр-анероид

проградуированную в миллиметрах, то по высоте столба ртути можно судить о значении атмосферного давления. Менее точным, но более удобным в использовании является металлический барометр, который называют анероид (рис. 68).

ВЕТЕР. Изменением давления также объясняется перемещение воздуха. Воздух движется непрерывно: он поднимается или опускается (восходящее или нисходящее движение), а также перемещается в горизонтальном направлении, образуя **ветер**.

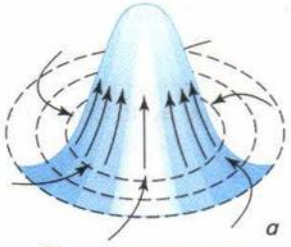


Рис. 69. Схема образования: *а* — циклона; *б* — антициклона

В замкнутой области пониженного давления воздух устремляется к центру, отклоняясь вправо в Северном полушарии и влево — в Южном. Образуются восходящие вихри — **циклоны** (рис. 69*а*). Они основной источник влаги, которую атмосфера возвращает на Землю в виде дождя и снега. Это происходит потому, что тёплые и холодные воздушные массы циклона движутся по кругу, образуя **атмосферные фронты** — границу раздела между ними. Холодный воздух, встречаясь с тёплым, оказывается внизу, вытесняя тёплый воздух наверх. Тёплый воздух теснит холодный и поднимается над ним по линии раздела. В зависимости от «победы» того или другого воздуха различают тёплые и холодные атмосферные фронты.

В замкнутой области повышенного давления формируются нисходящие вихри — **антициклоны** (рис. 69*б*). В них условий для образования атмосферных фронтов нет, так как воздух опускается и растекается в стороны.

Ветер характеризуется скоростью, силой и направлением. Скорость ветра измеряется в метрах в секунду (м/с) или баллах шкалы Бофорта (1 балл — около 2 м/с). Направление ветра определяется той стороной горизонта, с которой дует ветер (южный, юго-восточный, северный и т. д.).

Ветер, ветер! Ты могуч,
Ты гоняешь стаи туч,
Ты волнуешь сине море,
Всюду веешь на просторе...
А. Пушкин

Сильные ветры обычно связаны с атмосферными фронтами. Они срывают крыши, выворачивают с корнем деревья, опасны для самолётов и ещё более опасны

на морях, где вызывают огромные волны, способные потопить корабли.

Самые сильные и опасные циклоны — это **тайфуны** (рис. 70*а*). Ветер достигает скорости 90—110 м/с и обладает огромной энергией — в полмиллиона раз больше той, которая выделилась при взрыве атомной бомбы, сброшенной на Хиросиму.

Летом можно наблюдать небольшие по размеру (50—450 м в диаметре) сильные вихри, которые спускаются из грозового облака до самой поверхности Земли в виде столба или рукава, — это **смерч** (рис. 70*б*). В верхней части он воронкообразно расширяется и сливается с облаком. Когда смерч достигает поверхности земли, то его нижняя часть тоже становится похожей на воронку. Высота смерча бывает до 1,5 км, а скорость — до 300 м/с. Возникают смерчи при необычно резком падении температуры воздуха в зависимости от высоты, воздух в этом случае быстро поднимается вверх и закручивается по спирали. Большая разница давления снаружи и внутри смерча действует как засасывающая сила, которая поглощает всё на своём пути: дома и железнодорожные вагоны, животных и людей, воду из водоёмов и т. д. Известны случаи, когда далеко от места возникновения смерча выпадали из облаков рыбы, лягушки и даже серебряные монеты, захваченные смерчем из старинного клада. Ежегодно от смерчей, например в Северной Америке (там они бывают наиболее часто и называют **торнадо**), погибают до 400 человек.


а


б

Рис. 70. Тайфун (*а*) и смерч (*б*)

ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА. Этот показатель погоды характеризуется содержанием водяного пара в воздухе.

Абсолютная влажность (ρ) — это плотность водяного пара, содержащегося в воздухе, или масса водяного пара в 1 м^3 воздуха.

Единица абсолютной влажности — кг/м^3. Отношение абсолютной влажности (ρ) к плотности насыщенного водяного пара (ρ_0) при данной температуре называется **относительной влажностью** (φ): $\varphi = \rho/\rho_0 \cdot 100\%$.

Значение плотности насыщенного водяного пара при той или иной температуре воздуха метеорологи определяют по специальным таблицам.



Рис. 71. Роса

Чем больше относительная влажность воздуха, тем ближе содержащийся в нём пар к состоянию насыщения. Так, после дождя относительная влажность воздуха бывает очень высокой и порой равна 100%. В этом случае пар, содержащийся в воздухе, является насыщенным.

С влажностью воздуха связано такое природное явление, как выпадение росы (рис. 71).

Звёзды меркнут и гаснут. В огне облака.
Белый пар по лугам расстилается.
По зеркальной воде, по кустам лозняка
От зари алый свет разливается.
Дремлет чуткий камыш. Тишь — безлюдье вокруг.
Чуть приметна тропинка росистая.
Куст заденешь плечом — на лицо тебе вдруг
С листьев брызнет роса серебристая.

И. Никитин

Предположим, что абсолютная влажность воздуха при температуре +18°С равна $9{,}4 \cdot 10^{-3}$ кг/м³. Понижение температуры воздуха приведёт к тому, что при некоторой температуре пар станет насыщенным. Согласно табличным данным, значение этой температуры равно +10°С. При дальнейшем понижении температуры водяной пар начнёт конденсироваться, и выпадет роса.

Точка росы — это температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным.

Понятно, что для приведённого выше примера точкой росы является температура +10°С.

Влажность измеряют с помощью гигрометров и психрометров (рис. 72).

Влажность воздуха играет большую роль в жизни человека, животных и растений. Нормальной влажностью жилых помещений считают 60%. Для хорошего самочувствия человека относительная влажность воздуха должна быть 40—60%. Если влажность меньше, то это ведёт к усиленному испарению воды из организма и высыханию слизистых оболочек носа, горла, лёгких, что повышает вероятность простудных заболеваний. В этих случаях необходимо увлажнять воздух в жилых и служебных помещениях. При низкой влажности быстро испаряется влага, накопленная растениями, что ведёт к их засыханию.

От влажности зависит климат, так как влажностью определяется количество осадков, образование тумана и т. п. Большое значение имеет информация о влажности воздуха для метеорологических наблюдений, для предсказания погоды. Контроль влажности воздуха важен для сохранности произведений искусства. В залах музеев обычно висят термометры и психрометры, которые позволяют следить за температурой и влажностью воздуха.

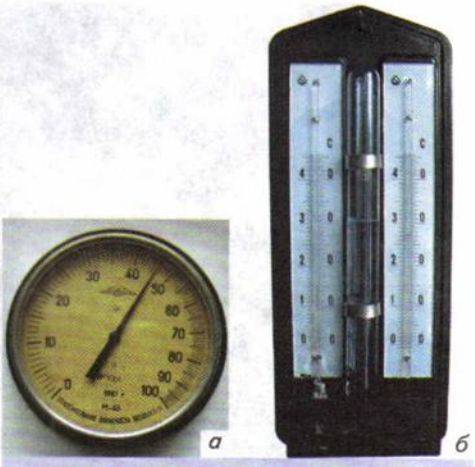


Рис. 72. Гигрометр (*а*) и психрометр (*б*)

ОБЛАКА И ОСАДКИ. При конденсации водяного пара в атмосфере возникают маленькие капельки воды, которые при понижении температуры превращаются в кристаллики льда. Просто охлаждения воздуха для этого недостаточно, нужно, чтобы он содержал какие-нибудь твёрдые частицы — центры конденсации (пылинки, кристаллики соли и т. п.). Так возникают **облака**, которые могут пролиться **дождём** или обрушиться **градом**. В каплях

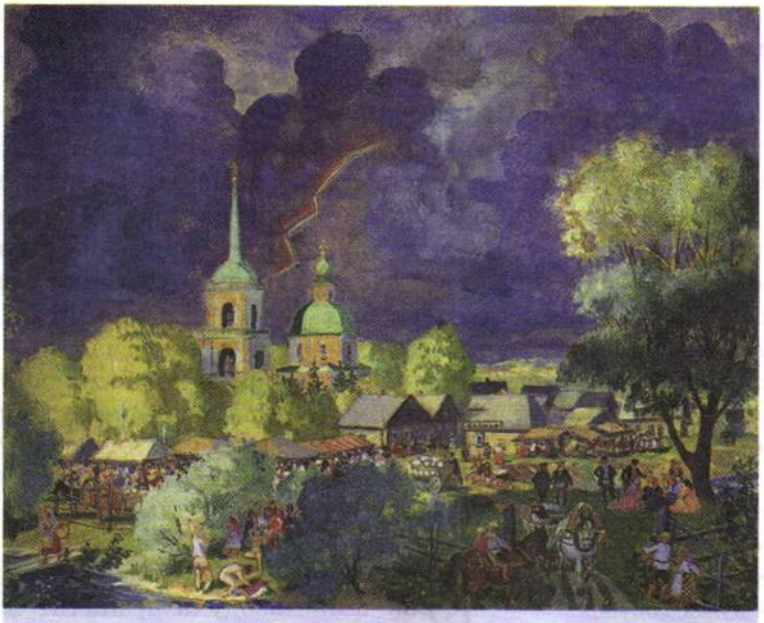


Рис. 73. Б. Кустодиев. Гроза. *1919 г.*



Рис. 74. Б. Кустодиев. После грозы. *1921 г.*

и ледяных кристалликах облаков возникают положительные и отрицательные заряды. В результате между разнозаряженными участками одного или разных облаков или облаком и землёй проскакивает гигантская искра — молния (рис. 73), которая часто сопровождается звуковым эффектом — громом.

Иногда солнечные лучи подсвечивают облако или дождь, в результате чего возникает яркое и эффектное оптическое явление в атмосфере — радуга (рис. 74). Это явление объясняется преломлением и последующей дисперсией (т. е. разложением на составные части) солнечных лучей в каплях дождя или облаках. На равнине радуга всегда имеет вид дуги, так как нижнюю её половину рассмотреть нельзя — она ушла в землю. Когда говорят: все цвета радуги, — то имеют в виду следующую последовательность цветовых полос: красная (внутренняя), оранжевая, жёлтая, зелёная, голубая, синяя, фиолетовая.

При понижении температуры водяной пар, находящийся в приземном слое атмосферы, конденсируется, превращаясь в жидкость, т. е. образуется **туман**. Таким образом, туман — это облако, лежащее на поверхности земли или воды. Особенно известен своими туманами Лондон — столица Великобритании.

Люблю грозу в начале мая,
Когда весенний, первый гром,
Как бы резвяся и играя,
Грохочет в небе голубом.

Ф. Тютчев

Если над промышленным городом движение воздуха незначительное, то там часто образуется **смог** (*англ.* smog,

от smoke — дым и fog — туман) — скопление ядовитых паров, пылевых частиц, копоти в густом тумане. Под действием смога разрушаются здания и архитектурные сооружения, он очень вреден для здоровья людей, так как вызывает или обостряет различные заболевания.

Вы знаете

- строение атмосферы
- состав воздуха
- что представляют собой озоновые дыры и парниковый эффект
- что такое погода и климат
- как возникает ветер
- что такое атмосферное давление и влажность воздуха
- как образуются облака и осадки

Вы можете

- определить, чем отличается тропосфера от стратосферы, мезосферы, термосферы
- рассказать, как образуется озоновая дыра, какие химические процессы при этом происходят
- сформулировать, что такое погода и климат, назвать организацию — координатора деятельности метеорологических служб всех стран мира
- охарактеризовать основные показатели погоды — температуру воздуха, атмосферное давление, направление и скорость ветра, влажность воздуха, облачность и осадки
- объяснять влияние на погоду циклонов и антициклонов

Выполните задания

1. Расскажите, что представляет собой атмосфера, какие слои в ней выделяют.
2. Перечислите постоянные составные части воздуха.
3. Дайте характеристику таких явлений, как парниковый эффект, озоновая дыра, циклон, ветер, тайфун, смерч. Чем они опасны, какими бедами грозят людям?
4. Объясните, как образуются облака, туман, смог.

5. Назовите приборы, с помощью которых измеряют атмосферное давление, влажность воздуха.

6. Сравните такие оптические явления в атмосфере, как северное сияние и радуга, объясните физическую сущность этих явлений.

Темы для рефератов

1. Атмосфера Земли — наша защита от космоса. 2. Смог в Лондоне 1952 г. и в Москве в 2010 г.: сравнительная характеристика. 3. Смерчи, их классификация, причины и места образования. 4. Самые страшные ураганы и тайфуны последнего десятилетия.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

4 Изучение звёздного неба с помощью подвижной карты

Цель работы: научиться находить на подвижной карте звёздного неба звёздные объекты и определять их координаты.

Оборудование: карта звёздного неба, накладной круг.

Ход работы

Установите подвижную карту звёздного неба на день и час наблюдения и найдите созвездия, расположенные в южной части неба от горизонта до полюса мира и на востоке — от горизонта до полюса мира.

Найдите созвездия, расположенные между точками запада и севера 10 октября в 21 час. Проверьте правильность определения визуальным наблюдением звёздного неба.

Найдите на звёздной карте созвездия с обозначенными в них туманностями и проверьте, можно ли их увидеть невооружённым глазом.

Определите, будут ли видны созвездия Девы, Рака, Весов в полночь 5 мая.

Выясните, какие из созвездий: Малая Медведица, Волопас, Возничий, Орион — для данной широты будут незаходящими.

На карте звёздного неба найдите любые 2—3 из созвездий: Большая Медведица, Кассиопея, Андромеда, Пегас, Лебедь, Лира, Геркулес, Северная Корона — и определите небесные координаты (склонение и прямое восхождение) звёзд этих созвездий.

Подготовьте отчёт о проделанной работе.

5 Изучение коллекции горных пород

Цель работы: научиться описывать внешний вид горных пород, классифицировать их по происхождению и минеральному составу.

Оборудование и материалы: коллекция горных пород — по три образца магматических (базальт, гранит), осадочных (песок, галька, песчаник), метаморфических (мрамор, гнейс, кварцит) пород; увеличительное стекло; перочинный нож; медная монетка; напильник.

Ход работы

Получите у учителя коллекцию горных пород. Рассмотрите их под увеличительным стеклом, определите, к каким группам по происхождению (магматическим, осадочным, метаморфическим) и по минеральному составу (моно- или полиминеральным) они относятся. Запишите названия горных пород по группам в тетрадь.

Выберите по одной породе из каждой группы по происхождению и опишите её по следующему плану:

1) какого цвета порода, обладает ли она блеском;

2) является порода моно- или полиминеральной;

3) если порода полиминеральная, то какими минералами она образована;

4) какова текстура породы (слоистая, упорядоченная, хаотическая);

5) какова примерная твёрдость породы по шкале Мооса (для определения этого параметра воспользуйтесь методом царапания породы).

Шкала Мооса — это минералогическая шкала твёрдости, набор эталонных минералов для определения относительной твёрдости методом царапания.

В качестве эталонов в шкале Мооса приняты 10 минералов, расположенных в порядке возрастающей твёрдости:

1) тальк (царапается ногтем);

2) гипс (царапается ногтем);

3) кальцит (царапается медной монетой);

4) флюорит (царапается ножом, кусочком стекла);

5) апатит (царапается ножом, кусочком стекла);

6) полевой шпат (царапается напильником);

7) кварц;

8) топаз;

9) корунд;

10) алмаз (самый твёрдый минерал).

Для определения твёрдости горной породы нужно знать, что по шкале Мооса твёрдость

человеческого ногтя — 2,5;

медной монеты — 3,5;

кусочка обычного стекла и лезвия перочинного ножа — 5,5;

напильника — 6,5.

6 Получение жёсткой воды и устранение её жёсткости

Цель работы: научиться получать газообразные вещества, работать с нагревательными приборами, наблюдать за химическими явлениями, фиксировать результаты и делать на их основе выводы.

Оборудование и реактивы: прибор для получения газов, пробирки, пробки, спиртовка, спички, пробиркодержатель, известковая вода, мрамор, соляная кислота, раствор соды, раствор мыла.

Ход работы

Поместите в прибор для получения газов кусочки мрамора и добавьте соляную кислоту. Налейте в пробирку известковую воду и начинайте пропускать через неё углекислый газ из прибора для получения газов. Что наблюдаете?

Продолжайте пропускать углекислый газ до получения прозрачного раствора. Полученную жёсткую воду разлейте в три пробирки. К содержимому одной пробирки добавьте немного раствора мыла, закройте её пробкой и сильно встряхните. Что происходит? Почему?

Вторую пробирку зажмите в пробиркодержателе и нагрейте на пламени спиртовки до кипения жидкости. Что вы видите? Объясните наблюдаемое явление.

К содержимому третьей пробирки добавьте раствор соды. Что наблюдаете?

Сделайте вывод о свойствах жёсткой воды и возможности её применения в технических и пищевых целях, а также о способах устранения жёсткости.

7 Изучение параметров состояния воздуха в кабинете

Цель работы: измерить атмосферное давление с помощью барометра-анероида, температуру — с помощью термометра, влажность воздуха — с помощью психрометра.

Оборудование: термометр, барометр-анероид, психрометр.

Температура воздуха		Атмосферное давление		Влажность воздуха						
абсолютная погрешность (Δt, °C)	температура с учётом абсолютной погрешности ($t + \Delta t$, °C)	нормальная температура (t, °C)	абсолютная погрешность (Δp, мм рт. ст.)	давление с учётом абсолютной погрешности ($p + \Delta p$, мм рт. ст.)	относительная (φ, %)	абсолютная (ρ, г/м³)	температура сухого термометра (t_1, °C)	температура влажного термометра (t_2, °C)	разность температуры сухого и влажного термометров ($t_1 - t_2$, °C)	плотность насыщенного пара (ρ_0, г/см³)

Ход работы

Измерьте температуру воздуха в кабинете с помощью термометра, для этого:

определите цену деления термометра;

запишите абсолютную погрешность измерения температуры, считая её равной половине цены деления, а также значение температуры воздуха с учётом абсолютной погрешности измерения.

Вспомните, что называют атмосферным давлением, в каких единицах оно измеряется, каков принцип работы барометра-анероида. Измерьте атмосферное давление с его помощью, для этого:

определите цену деления барометра;

запишите абсолютную погрешность измерения давления, считая её равной половине цены деления, а также значение атмосферного давления с учётом абсолютной погрешности измерения.

Вспомните, что называют абсолютной и относительной влажностью воздуха, в каких единицах они измеряются, каков принцип работы психрометра. Измерьте влажность воздуха в кабинете, для этого:

определите показания сухого и влажного термометра, вычислите разность их показаний;

по психрометрической таблице определите относительную влажность воздуха.

Вычислите абсолютную влажность воздуха, для этого:

воспользуйтесь формулой $\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%$, где φ — относительная влажность воздуха, ρ — абсолютная влажность воздуха (плотность водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре); ρ_0 — плотность насыщенного водяного пара в воздухе при данной температуре;

по таблице определите плотность насыщенного водяного пара в воздухе при температуре, которую показывает сухой термометр психрометра;

сделайте вычисления;

запишите полученные результаты в таблицу, сделайте вывод о соответствии значений параметров состояния воздуха их нормальным значениям. Как вы знаете, нормальным считается атмосферное давление, равное 760 мм рт. ст., а нормальной влажностью —40—60%.

глава

III

Макромир





§ 18. Жизнь, признаки живого и их относительность

1. Перечислите явления живой и неживой природы, которые вам известны.
2. Дайте определения понятий «теплота», «внутренняя энергия», «температура».
3. Вспомните, что вам известно о происхождении жизни на Земле.
4. Назовите произведения художественной литературы и кинофильмы, посвящённые появлению представителей внеземных цивилизаций на нашей планете.

ЧЕМ ЖИВОЕ ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ НЕЖИВОГО. Проблема различия между живым и неживым очень стара, она существует столько же, сколько и человеческий разум. Какой же признак является определяющим в разделении живого и неживого? Сравним два папоротника: живой лесной, например орляк, и нарисованный художником-морозом на оконном стекле (рис. 75). Если на нарисованный морозом папоротник упадёт солнечный луч, он растает. А вот лесной, благодаря энергии солнечного света, будет расти, развиваться и размножаться с помощью спор.

С точки зрения химии, живой и неживой мир построен из одних и тех же элементов. В таком случае, возможно, признаком живого является его способность к движению. Но ведь вода в реке, ветер или пески пустынных барханов движутся тоже. Живое обладает способностью к росту. Но сосульки сталактитов и сталагмитов тоже растут навстречу друг другу, образуя в пещерах причудливые колонны; растут и кристаллы в перенасыщенном растворе... Живое воспроизводит себя, т. е. размножается. Однако и огонь самовоспроизводится, становясь причиной многочисленных лесных пожаров. Следовательно, необходимо рассматривать не отдельные признаки, присущие живому, а их совокупность. Это

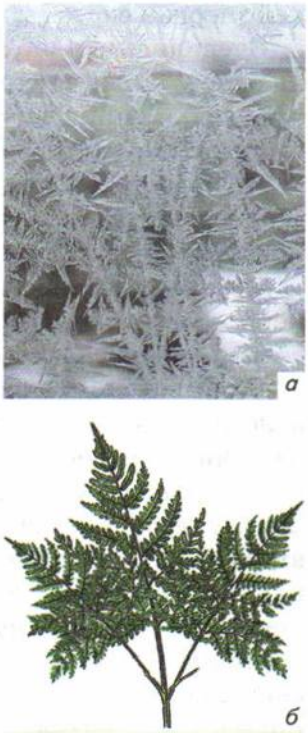


Рис. 75. Два папоротника: *а* — морозный узор на стекле; *б* — лесной (орляк)

способность к движению, росту, питанию и выделению продуктов жизнедеятельности, дыханию, размножению, а также раздражимость, приспособленность к окружающей среде, наследственность и изменчивость.

Прежде всего живое от неживого отличает способ восприятия энергии. Внутреннюю энергию живых и неживых систем можно изменить путём теплопередачи или совершения работы.

Первый закон (начало) термодинамики, или закон сохранения энергии в тепловых процессах: количество теплоты, сообщённое системе, расходуется на совершение работы системы против внешних сил и на увеличение её внутренней энергии:

$$Q = \Delta U + A,$$

где Q — количество теплоты, полученное системой; ΔU — изменение внутренней энергии системы; A — работа, совершённая системой.

Работа и количество теплоты являются мерами изменения внутренней энергии системы при разных процессах.

Очевидно, что внутренняя энергия системы может быть изменена на одно и то же значение или при передаче ей некоторого количества теплоты, или при совершении работы без теплообмена. Это положение выражает принцип эквивалентности теплоты и работы.

Из первого закона термодинамики следует вывод о том, что невозможно создать вечный двигатель. Действительно, если к системе не подводят энергию, то работа будет совершаться только за счёт внутренней энергии системы, которая со временем уменьшится и в конце концов станет равной нулю. Это означает, что рано или поздно двигатель прекратит работу.

Все изменения в неживой природе, например испарение воды, конденсация пара и объединение капель в облака, выпадение дождя, образование ручьёв и рек и т. д., связаны с превращением энергии. Согласно важнейшему фундаментальному закону природы — первому началу термодинамики, — энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно, а только превращается из одной формы в другую. Так, под действием солнечной энергии вода испаряется, а энергия падающей воды на гидроэлектростанциях превращается в электрическую.

Причиной всех изменений той же воды в природе является действие ещё одного фундаментального закона природы, известного под названием второго начала термодинамики. Познакомимся с ним подробнее.

Вам известно, что при контакте двух тел с разной температурой тело, имеющее более высокую температуру, отдаёт некоторое количество теплоты и остывает, а тело, имеющее более низкую температуру, получает некоторое количество теплоты и нагревается.

В соответствии с первым законом термодинамики возможен и такой процесс, при котором менее нагретое тело отдаёт некоторое количество теплоты и ещё сильнее остывает, а более нагретое тело получает некоторое количество теплоты и ещё сильнее нагревается. При этом полная энергия системы сохраняется, если она замкнутая и теплоизолированная. Таким образом, первый закон термодинамики ничего не говорит о направлении процесса теплообмена, т. е. о том, какое тело отдаёт энергию, а какое получает, и не запрещает самопроизвольную передачу энергии от холодного тела к горячему. Этот запрет накладывает второй закон термодинамики, который содержит утверждение о направленности процессов теплообмена. Прежде чем обсуждать второй закон термодинамики, рассмотрим понятие **необратимости.**

Итак, при теплообмене энергия переходит от более нагретого тела к менее нагретому. Обратный процесс самопроизвольно происходить не может, т. е. теплопередача — необратимый процесс.

Если поместить в сосуд кристаллы медного купороса и налить туда воды, то через некоторое время вещества перемешаются и образуется однородный раствор. Диффузия произошла самопроизвольно. Обратный процесс, т. е. разделение смеси на вещества, самопроизвольно произойти не может. Диффузия — пример необратимого процесса.

Ещё один пример — движение шарика, упавшего на твёрдый пол и отскочившего от него. При этом шарик сам не поднимется на ту высоту, с которой упал, поскольку часть механической энергии превратится во внутреннюю энергию воздуха, шарика и пола. Если бы отсутствовало сопротивление воздуха, то шарик после удара поднялся бы на прежнюю высоту и его движение было бы обратимым.

В живой природе необратимым является процесс старения.

Итак, необратимыми являются процессы, обратные которым самопроизвольно не происходят.

Понятие необратимости процессов составляет содержание второго закона (начала) термодинамики, который указывает направление энергетических превращений в природе. Он имеет несколько эквивалентных формулировок. Немецкий учёный *Р. Клáузиус* (1822—1888) предложил одну из них: невозможен процесс, единственным результатом которого был бы переход энергии от холодного тела к горячему.

Из приведённой формулировки следует: если от холодного тела энергия передаётся горячему, то при этом происходят определённые изменения в окружающих телах. В холодильнике, например, энергия передаётся от холодильной камеры среде, имеющей более высокую температуру. Но данный процесс осуществляется при совершении работы над рабочим веществом (хладагентом), и при этом происходят определённые изменения в окружающей среде.

Вернёмся к опыту с купоросом. Вода и медный купорос в сосуде первоначально находились в упорядоченном состоянии: в нижней части

сосуда размещались кристаллы медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (состоящие из ионов Cu^{2+}, So_4^{2-} и молекул воды), в верхней — молекулы воды. Со временем молекулы воды и ионы перемешались, и порядок нарушился, т. е. система «медный купорос — вода» также перешла из упорядоченного состояния в неупорядоченное. Обратный переход невозможен сам по себе.

Мерой беспорядка термодинамической системы является физическая величина, называемая **энтропией** (от *греч.* entropia — поворот, превращение). Энтропия системы тем больше, чем больший беспорядок характерен для её состояния. Соответственно, энтропия неупорядоченного состояния системы больше, чем упорядоченного, и теплоизолированная система самопроизвольно переходит из состояния с меньшей энтропией в состояние с большей энтропией; обратный самопроизвольный переход невозможен.

Второй закон термодинамики: все системы в неживой природе, предоставленные самим себе, стремятся к состоянию максимальной неупорядоченности.

Стремление к максимальной неупорядоченности сродни разрушению порядка — разрушается лужа при испарении воды, разрушается облако, проливаясь дождём, и т. д.

Живой мир, наоборот, стремится к упорядоченности или организованности. Так, сперматозоид, сливаясь с яйцеклеткой, образует более сложную живую систему — одноклеточный зародыш, который, в свою очередь, усложняется (дробится, растёт, его клетки дифференцируются, образуя ткани и органы), превращаясь в целостный организм, столь похожий на родительский (рис. 76).

Жизнь — это процесс существования сложных систем, состоящих из биополимеров (прежде всего белков и нуклеиновых кислот) и способных самовоспроизводиться и поддерживать своё существование в результате обмена энергией, веществом и информацией с окружающей средой.

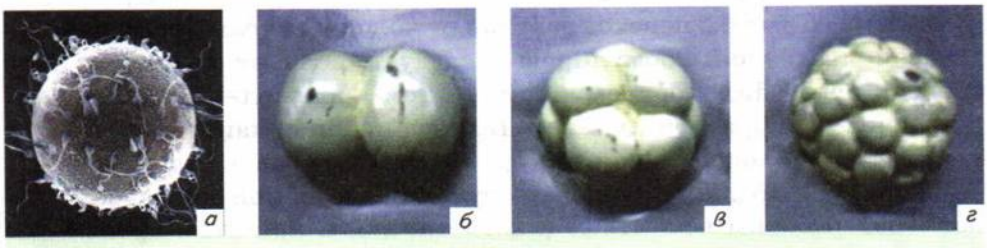


Рис. 76. Начальный этап эмбрионального развития человека: *а* — яйцеклетка, окружённая многочисленными сперматозоидами; *б*, *в*, *г* — последовательные стадии дробления зиготы



Рис. 77. Микеланджело Буонарроти. Бог, создающий Землю и размещающий Солнце и Луну на небе. Фрагмент росписи плафона Сикстинской капеллы в Ватикане. *1508—1512 гг.*

ТЕОРИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ А. И. ОПАРИНА. Откуда и как возникла жизнь на «планете малой, затерянной в пространстве мировом» (В. Брюсов)? Существует несколько теорий происхождения жизни на Земле.

По одной из них наш мир и жизнь на планете сотворены Богом. Глубокая вера в это и высочайшее мастерство позволили великому итальянскому художнику *Микела́нджело Буонарро́ти* (1475—1564) создать гениальную роспись Сикстинской капеллы в Ватикане с изображением сцен библейской легенды о сотворении мира и первых людей на Земле (рис. 77).

Другого мнения придерживались многие авторитетные учёные. Известный вам из курса химии С. Аррениус, например, считал, что жизнь имеет внеземное происхождение и доказал путём расчётов принципиальную возможность переноса бактериальных спор с планеты на планету, т. е. из космоса. Однако точных доказательств этому нет. Следует принять во внимание и тот факт, что жизнь на нашей планете удивительным образом приспособлена для существования именно в земных условиях и, если она возникла на других планетах, то они должны быть планетами земного типа.



Рис. 78. Александр Иванович Опарин

Как утверждают учёные, свободный кислород первоначально отсутствовал в атмосфере нашей планеты. Она состояла из паров воды, углекислого газа, водорода, азота, аммиака, метана и циановодорода.

Рассмотрим получившую широкую известность **теорию происхождения жизни на Земле**, в 1924 г. предложенную выдающимся рос-

сийским учёным впоследствии академиком *А. И. Опáриным* (1894—1980; рис. 78).

Первый этап, согласно этой теории, состоял в образовании органических веществ из неорганических. Реальность этого этапа экспериментально подтвердили американские учёные *С. Мúллер* (1930—2007) и *Г. Юри* (1893—1981) в 1953 г. Воздействуя электрическими зарядами на вещества, характерные для ранней атмосферы Земли, они получили целую смесь из нескольких десятков органических соединений — органических кислот (в том числе аминокислот), азотистых оснований, углеводов и др. Ещё активней стимулировало синтез органических веществ из неорганических ультрафиолетовое излучение. В результате Мировой океан ранней Земли стал представлять собой «первичный бульон», т. е. раствор органических веществ в воде. Однако сами эти вещества — ещё не жизнь. Её химическую основу, напомним, составляют биополимеры — белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды и их производные, которые слагаются из аминокислот, нуклеотидов и моносахаридов. Для того чтобы возникли биополимеры, необходимы процессы, идущие с затратой энергии (например, при участии АТФ), а также ДНК, РНК и ферменты, которые сами являются продуктами такого процесса.

Второй этап, по теории Опарина, — это этап возникновения жизни. Так, он показал, что в растворах органических соединений образуются **коацерваты** — маленькие капельки, ограниченные полупроницаемой оболочкой — первичной мембраной. В коацерватах могут концентрироваться органические вещества, в них быстрее идут реакции и обмен веществ с окружающей средой. Они способны даже делиться, как бактерии. Экспериментально это предположение Опарина было подтверждено американским исследователем *С. Фоксом* (1912—1998), который назвал эти капельки микросферами.

Третий этап, по мнению Опарина, состоял в том, что в коацерватах мог сформироваться первичный ген, несущий информацию о первом белке. Вероятно, таким капелькам-коацерватам были присущи свойства наследственности и даже естественного отбора, потому что выживали более приспособленные и усовершенствованные из них. В результате такого отбора жизнь на Земле выбрала асимметрические органические молекулы аминокислот и сахаров. Такие молекулы, как вы знаете, называют также хиральными. Они похожи друг на друга, как правая рука человека на левую (рис. 79), т. е. являются зеркальными отражениями друг друга. Их так и назвали — правыми и левыми. Аминокислоты, из которых состоят белки земных организмов, всегда левые, а углеводы (рибоза и де-

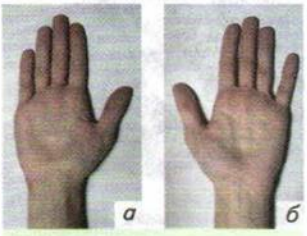


Рис. 79. Две руки: *а* — правая; *б* — левая

зоксирибоза), входящие в состав нуклеиновых кислот, всегда правые. Экспериментально доказано, что коацерваты-микросферы из асимметричных биополимеров росли быстрее симметричных и вытесняли их. Однако, как подчеркнул А. Эйнштейн, то, что аминокислоты у нас левые, а углеводы правые, можно объяснить простой случайностью.

Нетрудно заметить, что предположение о первых этапах возникновения жизни на Земле, по теории Опарина, доказано экспериментально, а вот последний этап носит гипотетический характер. На заключительном этапе возник биосинтез белка — процесс, который характерен даже для самых примитивных микроорганизмов. Механизм его не менялся за всю историю Земли.

По мнению учёных, наша планета образовалась около 5 миллиардов лет назад. На возникновение жизни на ней потребовалось около миллиарда лет. Около 4 миллиардов лет назад появились первые микроорганизмы — прокариоты (т. е. одноклеточные организмы, не имеющие ядра) — бактерии и синезелёные водоросли, положившие начало всему многообразию флоры и фауны нашей планеты.

ЕСТЬ ЛИ ЖИЗНЬ НА ДРУГИХ ПЛАНЕТАХ? Представления о существовании жизни на других небесных телах, например на планетах, обращающихся вокруг звёзд вне нашей Солнечной системы, восходят к глубокой древности. Они нашли отражение в древнеиндийской философии, в учениях греческих и римских философов. Страстным проповедником идеи множественности обитаемых миров был великий итальянец Джордано Бруно. Убеждёнными сторонниками этой гипотезы были И. Ньютон, М. В. Ломоносов, П. Лаплас и конечно же К. Э. Циолковский.

В настоящее время поиски жизни и разума во Вселенной становятся мировой научной проблемой и имеют логическое научное обоснование. Ведь повсюду во Вселенной действуют одни и те же физические законы, все небесные тела состоят из одних и тех же химических элементов, а наше Солнце — обычная, рядовая звезда, расположенная далеко от центра нашей галактики, которая насчитывает более 100 миллиардов звёзд. В наблюдаемой же части Вселенной находится свыше миллиарда галактик. Трудно представить, что в этой невообразимо огромной Вселенной только на нашей планете могла возникнуть жизнь. В космическом пространстве обнаружены сложные органические соединения, которые образуют химическую основу живой



Рис. 80. «Марсианское божество», напоминающее человека в скафандре. Наскальное 6-метровое изображение в пещере плато Тассили в Сахаре. *VI в. до н. э.*

клетки. Очевидно, теория происхождения жизни на Земле, с которой вы познакомились, является аргументом в пользу множественности обитаемых миров. Нередко высказывается предположение о том, что представители высокоразвитых внеземных цивилизаций посещали нашу планету в прошлом (рис. 80).

Сторонники идеи существования инопланетян создали даже целое учение — уфологию (от *англ.* Unidentified Flying Object, что в переводе означает «неопознанный летающий объект — НЛО»). В качестве подтверждений своей теории они приводят многочисленные сведения о случаях наблюдения НЛО, исследовании тел инопланетян с разбившихся летательных аппаратов и др. Однако сведения эти нуждаются в тщательном анализе, так как непроверенные данные и скороспелые выводы только наносят вред научным предположениям о внеземных цивилизациях.

В следующем параграфе вы узнаете об уровнях организации живой материи на нашей планете.

Вы знаете

- чем живое отличается от неживого
- основные положения теории происхождения жизни на Земле А. И. Опарина
- что поиски жизни и разума во Вселенной стали мировой научной проблемой

Вы можете

- сформулировать первый и второй законы термодинамики
- рассказать, какие процессы называются необратимыми
- привести примеры необратимых и обратимых процессов из разных областей естествознания (физики, химии, биологии)
- объяснить, что такое энтропия, коацерваты

Выполните задания

1. Сформулируйте, что такое жизнь с точки зрения химии, физики, биологии.
2. Попытайтесь аргументировать, что теория панспермии — внеземного происхождения жизни — состоятельная естественно-научная теория. При подготовке задания используйте дополнительную литературу и возможности Интернета.

3. Объясните, какую роль асимметрия играет в организации живой материи. Как организованы белки и полисахариды с точки зрения асимметрии и почему именно так?

4. Дайте собственное толкование такому утверждению нобелевского лауреата Ф. Крика (вместе с Дж. Уотсоном установил структуру молекулы ДНК) : «...Мы не видим пути от «первичного бульона» до естественного отбора. Можно прийти к выводу, что происхождение жизни — чудо, но это свидетельствует только о нашем незнании».

Темы для рефератов

1. Теория происхождения жизни на Земле А. И. Опарина и её экспериментальное подтверждение. 2. Теории происхождения жизни: основные положения и их состоятельность. 3. Уфология в России и в мире.

§ 19. Уровни организации жизни на Земле

1. Вспомните, из каких неорганических веществ и органических соединений состоят клетки.
2. Дайте краткие определения белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот.
3. Перечислите продукты с высоким содержанием белков, жиров или углеводов.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ. Все живые существа на нашей планете организованы сходным образом: имеют идентичный химический состав, строение молекул и клеток, аналогичную структуру у растений или у животных. Это позволяет представить общую систему организации живой материи на Земле в виде усложняющихся уровней — от молекулярного до биосферного (рис. 81):

молекулярный → клеточный → тканевый → организменный → популяционно-видовой → биоценотический → биосферный.

В составе веществ, образующих клетки всех живых организмов (человека, животных, растений), обнаружено более 70 химических элементов. Эти элементы принято делить на макроэлементы и микроэлементы.

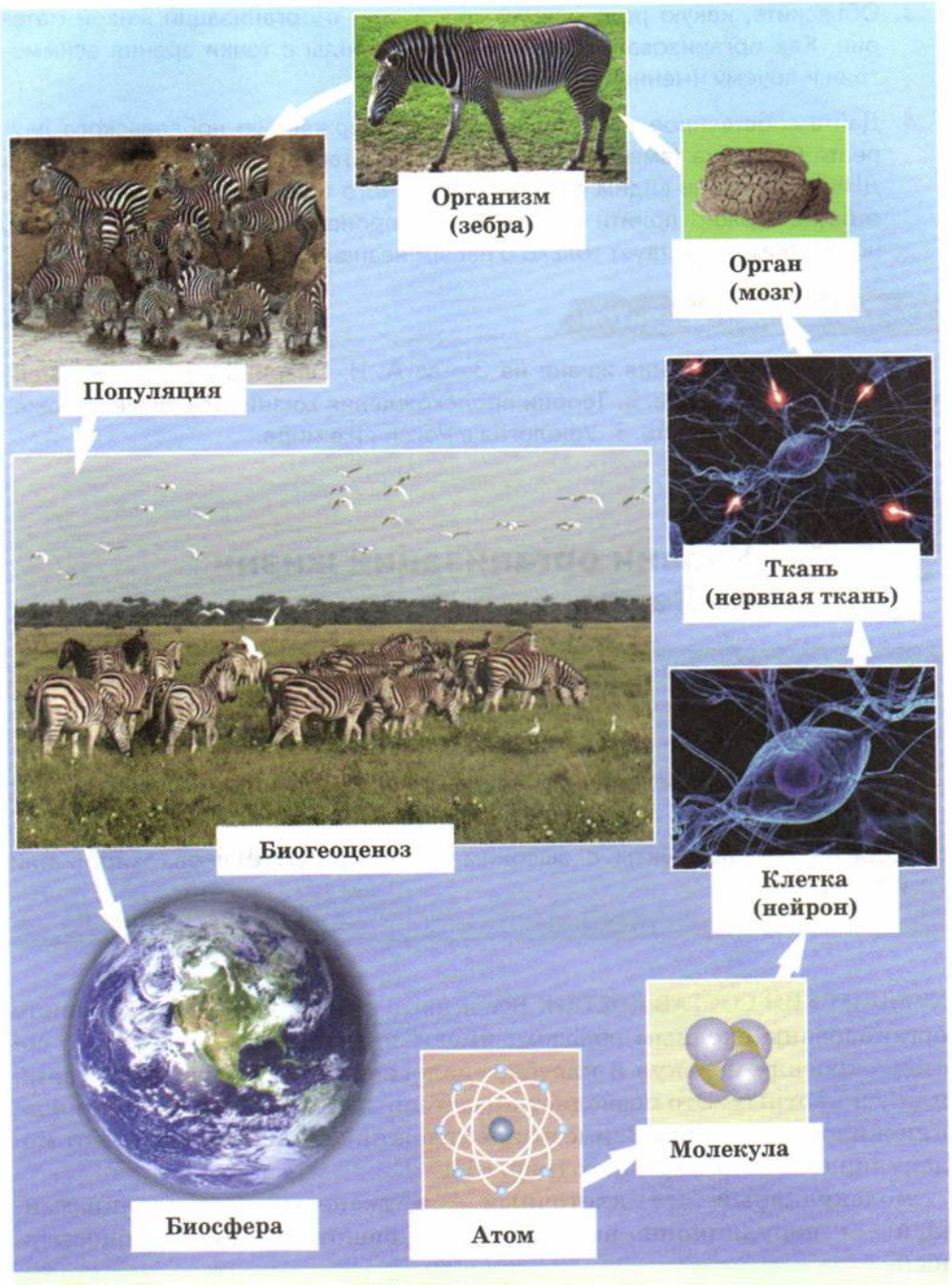


Рис. 81. Уровни организации живой материи

Макроэлементы — это элементы, которые содержатся в клетках в больших количествах. Прежде всего это углерод, кислород, азот и водород. В сумме они составляют почти 98% содержимого клетки. Кроме названных к макроэлементам относят также магний, калий, кальций, натрий, фосфор, серу и хлор. Суммарное содержание этих элементов составляет 1,9%. Таким образом, на долю остальных химических элементов приходится около 0,1%. Это **микроэлементы**: железо, цинк, марганец, бор, медь, иод, кобальт, бром, фтор и др.

Как можно заметить, в клетке нет каких-либо особенных элементов, характерных только для живой природы, т. е. на атомном уровне различий между живой и неживой природой не существует. Эти различия обнаруживаются лишь на уровне сложных веществ — на молекулярном уровне. Так, наряду с неорганическими веществами (водой и минеральными солями), клетки живых организмов содержат характерные только для них органические соединения: белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты и др.

Повторим основные сведения об этих веществах из курса биологии основной школы, расширим и углубим их.

Белки — полимеры, построенные из остатков аминокислот (рис. 82). Они имеют ряд биологических функций. Назовём их:

1. **Структурная функция.** Белки — это строительный материал всех без исключения клеток: бактериальных, растительных, животных. И не только: оболочка таких неклеточных форм жизни, к которым относятся вирусы, также состоит из белков.

2. **Ферментативная функция.** Большинство химических реакций в организме протекает в присутствии биологических катализаторов — **ферментов**, имеющих белковую природу. По сравнению с неорганическими катализаторами ферменты обладают уникальной активностью (если первые увеличивают скорости реакций в десятки раз, то ферменты — в тысячи раз) и селективностью (каждый фермент катализирует одну реакцию или один тип превращений). В организме человека обнаружено более 2000 ферментов.

3. **Транспортная функция.** Белковые молекулы осуществляют перенос других молекул или ионов по тканям и органам. Важнейшим транспортным белком является гемоглобин крови, который переносит кислород.

4. **Защитная функция.** Особые белки — **антитела** (своеобразные «наручники» для проникающих в клетку «преступников» — бактерий) и **антитоксины** — разновидность антител (нейтрализуют яды бактерий, образующиеся в результате их жизнедеятельности) определяют такое защитное свойство организмов, как **иммунитет**. Белки плазмы крови участвуют в свёртывании крови, предохраняя организм от кровопотери.

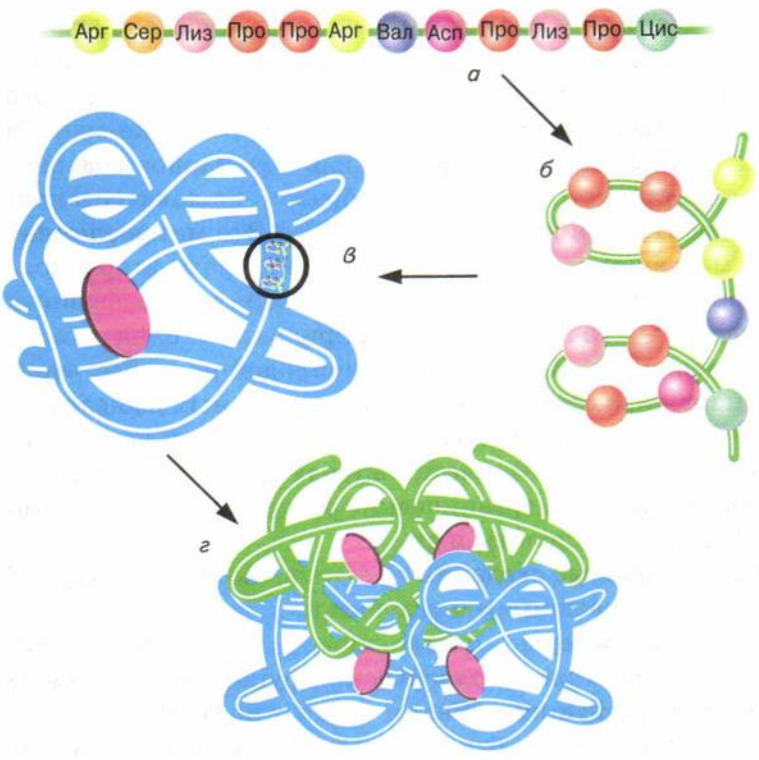


Рис. 82. Структура молекулы белка: *а* — первичная; *б* — вторичная; *в* — третичная; *г* — четвертичная

5. **Сигнальная функция.** Белки-рецепторы воспринимают и передают сигналы, поступившие от соседних клеток или окружающей среды. Например, действие света на сетчатку глаза воспринимается фоторецептором родопсином, имеющим белковую природу.

6. **Запасающая, или энергетическая, функция.** Особые белки в клетках живых организмов служат строительным материалом и обеспечивают энергией развитие новых организмов. Такими белками богаты семена бобовых растений и яйцеклетки животных организмов.

Белки могут превращаться в жиры и углеводы, но те, в свою очередь, превращаться в белки не могут, так как не содержат в составе своих молекул один из важнейших химических элементов — азот. Поэтому белковое голодание особенно опасно для живого организма.

Лабораторный опыт

1. В пробирку налейте 2 мл раствора белка, добавьте 2 мл раствора щёлочи, а затем несколько капель раствора сульфата меди (II). Что наблюдаете?

2. В пробирку с 2 мл раствора белка добавьте несколько капель концентрированной азотной кислоты. Что происходит? Нагрейте содержимое пробирки. Что вы видите сейчас? Охладите смесь и добавьте к ней по каплям 3—4 мл раствора аммиака. Что наблюдаете?

3. Подожгите несколько нитей шерстяной ткани. Охарактеризуйте запах горящей шерсти.

4. К 3—4 мл раствора белка в воде добавьте раствор сульфата меди (II). Что наблюдаете?

Жиры — сложные эфиры трёхатомного спирта глицерина и жирных кислот (рис. 83).

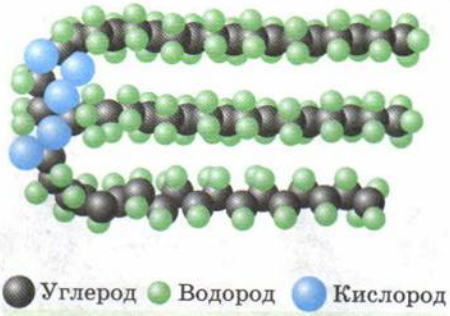


Рис. 83. Модель молекулы жира (тристеарата)

Жиры животного происхождения имеют твёрдую консистенцию (исключение составляет жидкий рыбий жир). Жиры растительного происхождения, которые часто называются маслами, как правило, имеют жидкую консистенцию (за исключением пальмового масла). Биологические функции жиров следующие:

1. **Структурная функция.** Вместе с белками и углеводами жиры образуют биологические мембраны.

2. **Энергетическая функция.** Жиры играют роль запасного энергетического вещества. При окислении 1 г жира выделяется в два раза больше энергии, чем при окислении 1 г белка или углевода. При этом также образуется около 1,5 г воды, что позволяет некоторым живым организмам частично удовлетворять потребность в воде за счёт внутренних ресурсов (вспомните верблюдов; рис. 84). Плоды и семена масличных растений (например, оливкового дерева или подсолнечника; рис. 85) богаты жирами и поэтому используются для получения растительного масла.

3. **Терморегулирующая функция.** Из-за низкой теплопроводности жиры играют важную роль в теплорегуляции животных (вспомните китов, моржей, морских львов; рис. 86).

4. **Защитная функция.** Эту функцию — защиту организма от механических воздействий и переохлаждения — выполняют жиры подкожной жировой клетчатки и сальников животных, окружающих внутренние органы.



Рис. 84. Двугорбый верблюд (бактриан)



а



б

Рис. 85. Масличные растения: *а* — маслина европейская; *б* — подсолнечник

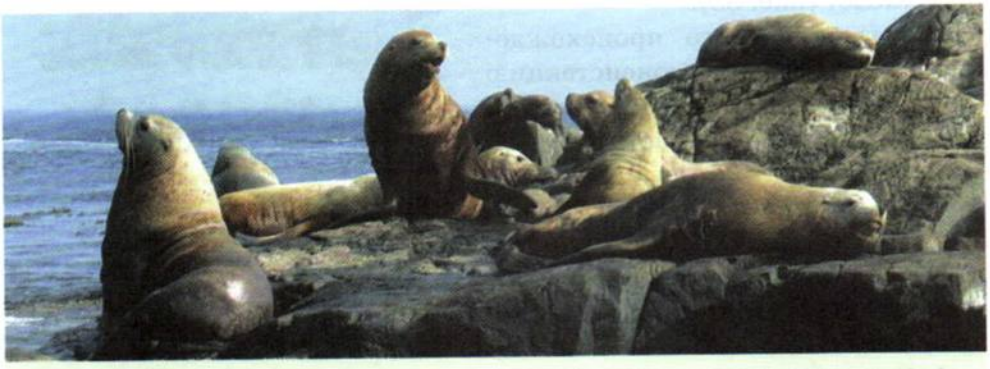


Рис. 86. Морские львы

Углеводы (сахариды) — конечные продукты фотосинтеза. В результате этого уникального процесса аккумулируется солнечная энергия, которая преобразуется в химическую и служит затем источником энергии для биосинтеза, представляющего собой ряд эндотермических процессов. Уравнение реакции фотосинтеза, как и знаменитое уравнение А. Эйнштейна о взаимосвязи массы и энергии — $E = mc^2$, должен знать каждый образованный человек:

$$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

Углеводы содержатся в клетках всех живых организмов. В животной клетке их доля составляет 1—2%, а в растительных иногда достигает 85—90% от массы сухого вещества клетки.

Своё название углеводы получили по тем элементам, которые входят в состав их молекул. Эти соединения содержат только углерод, водород и кислород, причём водород и кислород находятся в них, как правило, в таком же соотношении, как и в молекуле воды — 2 : 1. Отсюда и название класса веществ. Большинство углеводов соответствуют общей формуле $C_n(H_2O)_m$.

Лабораторный опыт

1. В пробирку с 3—4 каплями раствора сульфата меди (II) добавьте 2—3 мл раствора щёлочи. Что происходит? Затем добавьте в пробирку 3 мл раствора глюкозы и смесь взболтайте. Что наблюдаете? О чём говорит этот опыт?

2. Нагрейте содержимое пробирки. Что вы видите? Сделайте вывод.

3. К 3 мл аммиачного раствора оксида серебра добавьте 1—2 мл раствора глюкозы и нагрейте смесь на пламени спиртовки. Старайтесь нагревать содержимое пробирки равномерно и медленно. Что происходит? Объясните.

Лабораторный опыт

1. В пробирку с 3—4 каплями раствора сульфата меди (II) добавьте 2—3 мл раствора щёлочи. Что происходит? Затем добавьте в пробирку 3 мл раствора сахарозы и взболтайте смесь. Что наблюдаете? О чём говорит этот опыт?

2. К раствору сахарозы в стаканчике доливайте небольшими порциями известковое молоко, постоянно перемешивая жидкость. Что происходит? Почему?

Лабораторный опыт

1. В пробирку насыпьте немного порошка крахмала. Добавьте воды и взболтайте смесь. Что можно сказать о растворимости крахмала в воде?

2. Вылейте взвесь крахмала в стаканчик с горячей водой и прокипятите её. Что наблюдаете?

3. В пробирку с 2—3 мл полученного крахмального клейстера добавьте каплю спиртового раствора иода. Что произошло? Объясните.

Много углеводов содержится во фруктах и овощах. Углеводом является, например, свекловичный, а также тростниковый сахар. Мёд почти целиком состоит из углеводов.

К углеводам относят различные виды крахмала, которые входят в состав таких важных для производства продуктов питания растений, как картофель и злаки (пшеница, рис, кукуруза, рожь и др.) (рис. 87). Разновидность углеводов, называемая целлюлозой, является главной составной частью клеточных оболочек всех высших растений. На рисунке 88 показано строение некоторых сложных высокомолекулярных углеводов — полисахаридов.

Биологические функции углеводов следующие:

1. **Энергетическая функция.** Хотя при окислении 1 г глюкозы выделяется в два раза меньше энергии, чем при окислении 1 г жира,



Рис. 87. Растения-крахмалоносы: *а* — картофель; *б* — кукуруза; *в* — рис

именно она является основным источником энергии для живых организмов.

2. **Структурная функция.** В растительных клетках целлюлоза входит в состав клеточной оболочки. Углеводы рибоза и дезоксирибоза входят в состав соответствующих нуклеиновых кислот — РНК и ДНК.

3. **Запасающая функция.** Углеводы создают запас питательных веществ: в растительных клетках в виде крахмала, в клетках животных и грибов в виде гликогена.

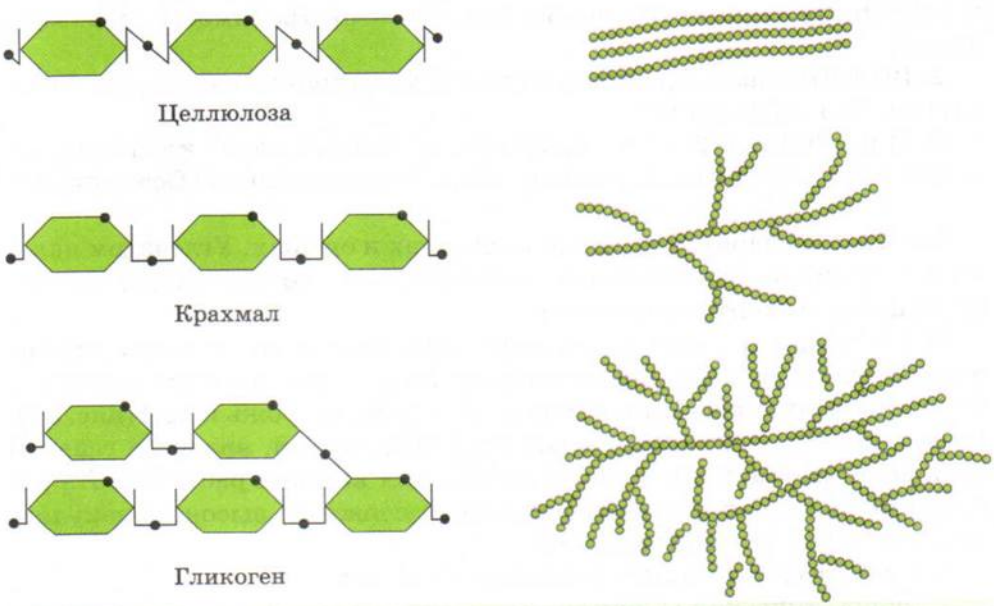


Рис. 88. Строение полисахаридов

4. **Рецепторная функция.** Многие сложные углеводы входят в состав клеточных рецепторов — структур, реагирующих на определённые химические вещества изменением своей формы.

Нуклеиновые кислоты своё название получили от латинского слова nucleus — ядро, т. е. их можно именовать «ядерными кислотами». Эти важнейшие природные полимеры обеспечивают передачу наследственных свойств организмов.

Нас не обманешь божьим раем:
Бессмертья нет — мы это знаем.
Но всё ль развеется в былом?
Наследственность бессмертной птицей
Влюблённым на плечи садится
И осеняет их крылом.

В. Шефнер

Как вы знаете, различают два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК). ДНК и РНК — это природные биополимеры, состоящие из нуклеотидов, т. е. полинуклеотиды.

Что представляет собой нуклеотид? Это трёхзвенное соединение, состоящее из азотистого основания, связанного с углеводом и остатком фосфорной кислоты. Схематично строение нуклеотида можно представить так:



УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ. В начале параграфа мы уже говорили об уровнях организации живой материи. Поговорим о некоторых из них более обстоятельно.

Молекулярный уровень. С этого уровня, как бы просто или сложно ни был устроен организм, начинаются все важнейшие процессы его жизнедеятельности. Об этом уровне подробнее шла речь в первой части параграфа.

Клеточный уровень. Структурной и функциональной единицей всех живых организмов является **клетка**. Клеточный уровень организации жизни будет более подробно рассмотрен в следующем параграфе.

Тканевый уровень. Многоклеточные организмы образованы не просто суммой клеток, а группами клеток, сходных по происхождению, строению и выполняемым функциям. Такие группы клеток называются **тканями**. Ткани возникли в ходе эволюционного развития вместе с многоклеточностью. Как вы помните из курса биологии основной школы, у животных различают следующие типы тканей — эпителиальную, соединительную (в том числе кровь и лимфу), мышечную, нервную; у растений — образовательную, покровную, основную, проводящую.

Организменный уровень. Все перечисленные виды тканей образуют органы.

Орган (от *греч.* organon — орудие, инструмент) — это часть животного или растительного организма, выполняющая определённую функцию и имеющая соответствующее этой функции строение и положение в организме.

Несколько органов, выполняющих общую функцию, образуют структурное и функциональное объединение — систему органов: сердечно-сосудистую, нервную, дыхательную, выделительную и т. д.

У животных мышечная система образована мышечной тканью, нервная — нервной, кожные покровы и железы — эпителиальной, кости и хрящи, кровь и лимфа, подкожная жировая клетчатка и другие структуры — соединительной тканью.

У растений из образовательной ткани построены растущие участки побегов, корней и стволов, из покровной — покровы различных органов (листья, побеги, цветки), из проводящей — сосуды древесины и ситовидные трубки луба, по которым движутся соответственно растворы минеральных и органических веществ. Основная ткань находится, как правило, в листьях и молодых стеблях под покровной тканью, широко распространена в корнях, клубнях, корнеплодах, в мякоти плодов и семян.

Популяционно-видовой уровень. Все системы органов взаимосвязаны друг с другом, что обеспечивает целостность живого организма и наилучшее его взаимодействие с окружающей средой. Организмы, как одноклеточные, так и многоклеточные, объединены в такие структурные единицы систематики, которые называются видом.

Вид — это совокупность особей, имеющих сходные признаки.

К таким признакам относятся:

происхождение;

число, размер и форма хромосом;

строение организма;

способность свободно скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство;

распространение на определённой территории или в акватории (ареале);

тип взаимоотношений с биотическими и абиотическими факторами среды.

Вид складывается из отдельных популяций — групп особей, занимающих обособленную территорию в пределах ареала вида. Популя-

ция — это элементарная единица эволюции, с которой, как и с понятием «биоценоз», вы более подробно познакомитесь далее.

В следующем параграфе речь пойдёт о разнообразии живых существ, строении и функциях клеточных и внеклеточных форм жизни.

Вы знаете

- химический состав клетки
- биологические функции белков, жиров и углеводов
- уровни организации живой материи

Вы можете

- описать строение нуклеиновых кислот и их роль в передаче наследственных свойств живых организмов
- перечислить уровни организации жизни и привести примеры каждого из них
- сформулировать, что такое ткань, перечислить типы растительных и животных тканей и их признаки
- объяснить, что такое орган и система органов
- назвать признаки, по которым особи объединяются в вид

Выполните задания

1. Какие химические элементы входят в состав клеток живых организмов? Какие из них относятся к макроэлементам, какие — к микроэлементам?
2. Объясните, что такое белки, перечислите их биологические функции в живых организмах.
3. Дайте характеристику углеводам, расскажите об их биологических функциях в живых организмах.
4. Сформулируйте, что такое жиры, назовите их функции в живых организмах.

Темы для рефератов

1. Структурно-функциональная характеристика организмов. 2. Вид и его признаки (на примере из курсов ботаники и зоологии).

§ 20. Многообразие живых организмов. Клетка и неклеточные формы жизни

1. Опишите строение растительной и животной клетки.
2. Дайте определение бактериям и вирусам.
3. Перечислите заболевания, возбудителями которых являются бактерии и вирусы.

ПРОКАРИОТЫ И ЭУКАРИОТЫ. По различным оценкам, на нашей планете насчитывается от 1,9 до 8 миллионов биологических видов, и большинству из них человек дал названия. Для описания и обозначения множества как ныне существующих на Земле, так и ископаемых растений, животных, микроорганизмов и грибов необходима определённая система. Эти задачи выполняет раздел биологии, который так и называется — систематика.

Так как структурной единицей пространственной организации живых организмов является клетка, то особенности её строения позволили разделить все живые организмы на два надцарства: прокариоты и эукариоты.

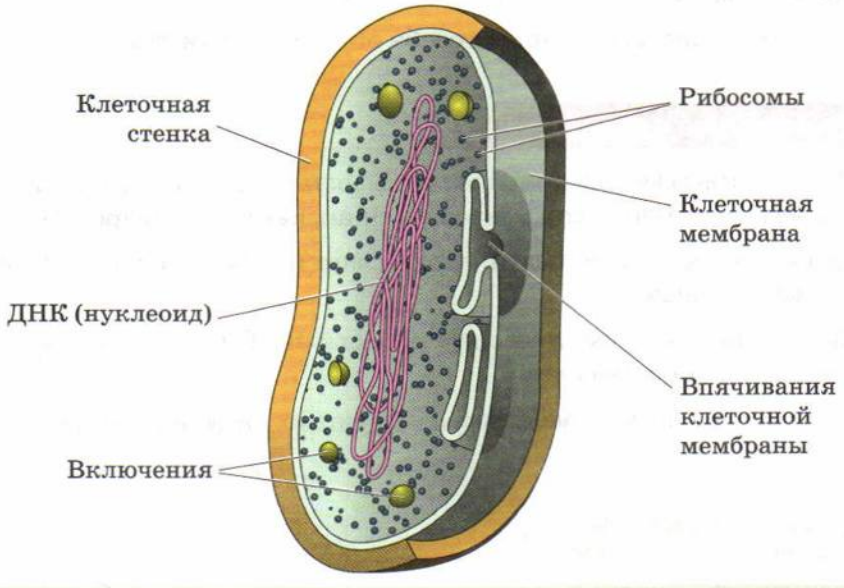


Рис. 89. Строение клетки бактерии

Прокариоты (от *лат.* pro — раньше и *греч.* karion — ядро) — доядерные организмы. Клетки таких организмов не имеют чётко оформленного ядра, их ДНК расположена прямо в цитоплазме (рис. 89). У таких организмов нет мембранных органоидов, характерных для эукариот, их функции выполняют отдельные участки клеточной мембраны. К прокариотам относят бактерии, в том числе цианобактерии (синезелёные водоросли).

Бактерии изучает особый раздел биологии — микробиология. Эти организмы устроены просто: в центральной части цитоплазмы располагается одна кольцевая молекула ДНК, содержащая несколько тысяч генов. Размножаются бактерии делением, скорость которого необычайно высока. Благодаря высоким темпам размножения, а также способности образовывать споры бактерии легко приспосабливаются к условиям окружающей среды, а потому вездесущи. Споры представляют собой клетки, покрытые плотной защитной оболочкой, с резко сниженным уровнем метаболизма.

Бактерии двулики: они причиняют человеку страшный вред и приносят немалую пользу. Например, болезнетворные бактерии чумы, холеры, проказы, столбняка, дифтерии, менингита, тифа, туберкулёза и т. п. стали причиной гибели сотен тысяч и даже миллионов людей в результате эпидемий (рис. 90). В то же время благодаря бактериям,

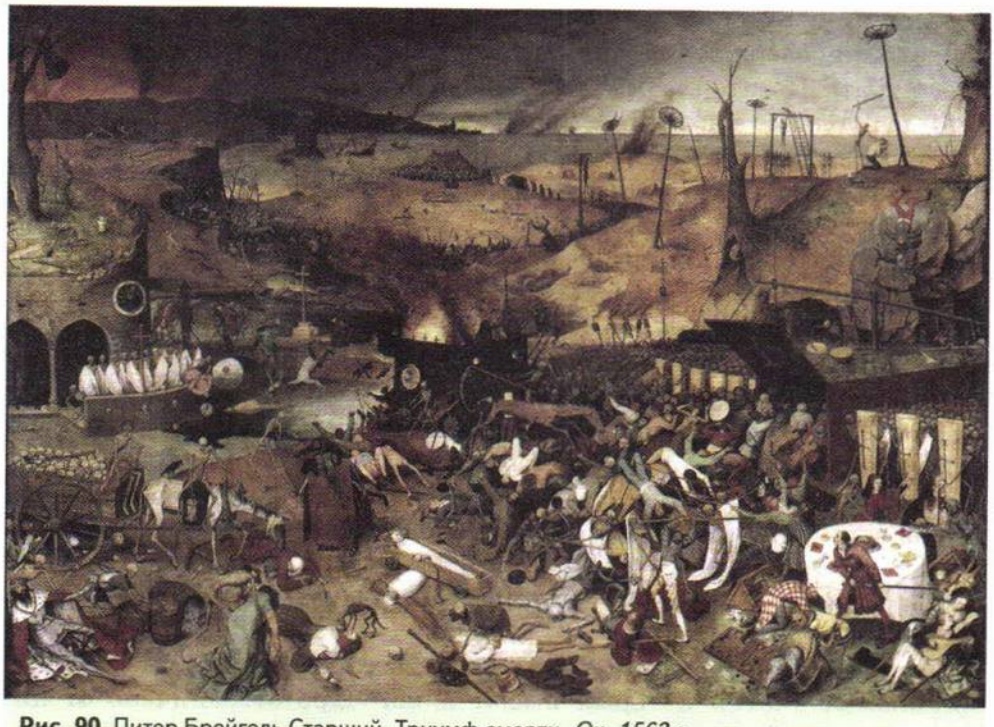


Рис. 90. Питер Брейгель Старший. Триумф смерти. *Ок. 1562 г.*

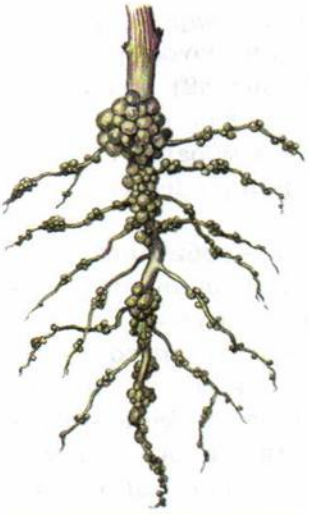


Рис. 91. Клубеньки на корнях бобового растения

которые разлагали остатки доисторических растений и животных, образовались залежи нефти, угля, газа, обеспечившие развитие человеческой цивилизации. Как маленькие химические фабрики, без устали работают клубеньковые бактерии, живущие на корнях некоторых бобовых растений (рис. 91), — они обогащают почву связанным азотом. Молочнокислые бактерии — основа производства молочнокислой продукции (кефира, сметаны, масла, сыра). Бактерии помогают убирать разливы нефти и добывать цветные металлы — сейчас интенсивно развивается специальная отрасль металлургии — микробиологическая металлургия. Без бактерий невозможно представить успехи биологической и генной инженерии, о которых вы узнаете в процессе дальнейшего изучения нашего курса.

Синезелёные водоросли (цианобактерии) своё название получили потому, что содержат два пигмента: зелёный — хлорофилл и синий — фотоцианин. Крайние участки цитоплазмы клеток синезелёных водорослей и содержат эти пигменты, а центральный участок — кольцевая ДНК. В цитоплазме этих водорослей имеется два вида вакуолей: вакуоль с запасными питательными веществами и газовые вакуоли, заполненные азотом. Благодаря последним эти водоросли всплывают на поверхность морей и океанов, где больше солнца и лучше условия для фотосинтеза. Размножаются синезелёные водоросли делением, но новые клетки не расходятся, а как бы слипаются благодаря слизистой оболочке и образуют плотную зелёную массу длиной до нескольких сотен километров и толщиной до 1 м. Цианобактерии играют двоякую роль. Именно благодаря им около 2 миллиардов лет назад количество кислорода в воздухе достигло так называемой точки Пастера — 1% от его содержания в современной атмосфере. Учёные считают, что такой концентрации было достаточно для появления аэробного дыхания. И сейчас цианобактерии вносят свой вклад в поддержание постоянного состава атмосферы. Однако именно из-за этих водорослей цветут пруды (рис. 92) и озёра, превращаясь в зловонные гнилые болота, цветут моря и океаны, отравляя отпуск отдыхающим.

Эукариоты (от *лат.* eu — тот, кто имеет, и *греч.* karion — ядро) — организмы, клетки которых имеют ядро. Ядро отграничено от цитоплазмы двойной мембраной, внутри ядра содержатся хромосо-



Рис. 92. В. Д. Поленов. Заросший пруд. *1879 г.*

мы — ДНК, «одетые» в белки. В цитоплазме расположены органоиды:

митохондрии, которые выполняют функцию энергетических станций клетки;

рибосомы, где на основе информации, представленной в РНК, аминокислоты «сшиваются» в молекулы белков;

эндоплазматическая сеть, на мембранах которой синтезируются белки, а в полостях накапливаются и транспортируются органические вещества клетки (белки, жиры, углеводы);

аппарат Гольджи, где эти накопленные вещества «упаковываются» и используются самой клеткой или покидают её границы;

лизосомы, играющие роль «пищеварительной системы» клетки.

В клетках растений имеются особые органоиды — пластиды, важнейшими из которых являются зелёные хлоропласты. В них-то и происходит главный процесс фотосинтеза — накопление солнечной энергии и образование органических веществ из углекислого газа и воды. Кроме этого, растительная клетка содержит вакуоли — крупные полости, наполненные клеточным соком. И наконец, растительная клетка отличается от животной клеточной стенкой: помимо мембраны, она имеет дополнительную оболочку из целлюлозы (рис. 93).

КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ Т. ШВАННА. В 1839 г. была сформулирована клеточная теория, автором которой является немецкий учёный *Т. Шванн* (1810—1882; рис. 94). Эта теория стала одним из трёх величайших от-

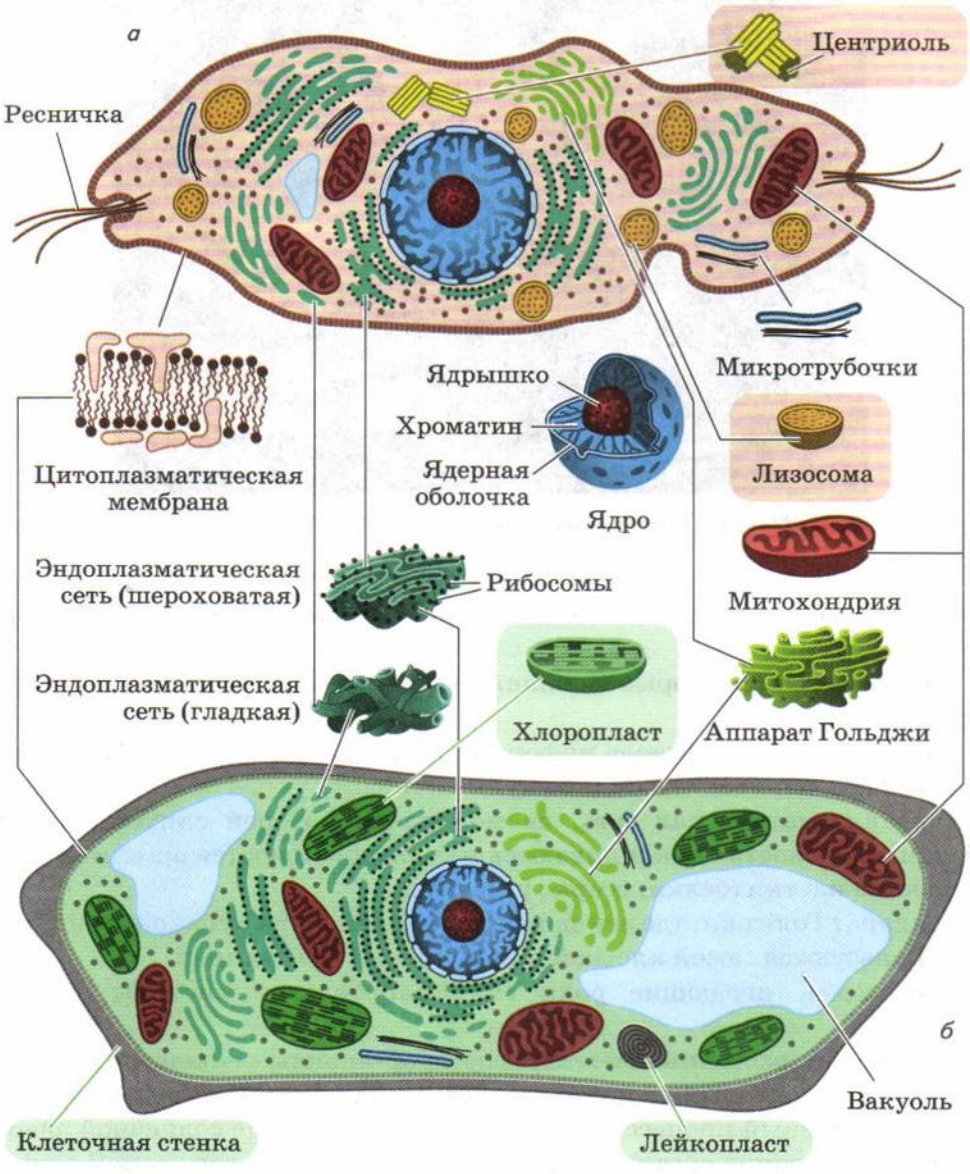


Рис. 93. Схема строения клетки: *а* — животной; *б* — растительной

крытий конца XIX в. наряду с законом сохранения энергии и учением Ч. Дарвина.

Основные положения клеточной теории:

клетка — элементарная единица живого, клетки всех организмов сходны по своему строению;

размножение клеток происходит путём деления исходной клетки;

многоклеточный организм — это сложное объединение клеток в ткани и органы, взаимосвязанные и зависимые друг от друга.

К надцарству эукариотов относят три царства: **растения, животные** и **грибы.**



Рис. 94. Теодор Шванн

Большой интерес представляют эукариотические организмы, обладающие признаками животных и находящиеся на клеточном уровне организации, — простейшие (рис. 95). Их тело морфологически представлено одной клеткой, а функционально соответствует целому организму. Среди них есть организмы, которые на свету питаются как растения, а в темноте — как животные (например, эвглена зелёная). Именно в этой группе организмов проходит «граница» между растительным и животным миром.

Как и прокариоты, простейшие легко приспосабливаются к самым экстремальным условиям изменяющейся среды, а потому присутствуют во всех частях биосферы. Они могут переходить в состояние покоя, если условия становятся неблагоприятными для жизни, и делаются активными, если обстановка улучшается. Делятся простейшие очень интенсивно, приблизительно раз в 3 часа.

Как и прокариоты, простейшие играют в жизни человека и положительную, и отрицательную роль. Остатки раковинных амёб сформировали огромные меловые залежи; живущие в почве и пресных водоёмах простейшие перерабатывают отмершие остатки; некоторые инфузории, равно как и бактерии, обитают в сложном желудке коров, помогая им переваривать целлюлозу, содержащуюся в растениях. Вместе с тем простейшие являются причиной дизентерии, малярии, сонной болезни, паразитируют на рыбах и других животных.

ВИРУСЫ — НЕКЛЕТОЧНАЯ ФОРМА ЖИЗНИ. Царства растений, животных и грибов хорошо изучены вами в курсах ботаники и зоологии основной школы, поэтому характеризовать эти царства мы не будем. Остановимся более подробно на неклеточной форме жизни — вирусах.

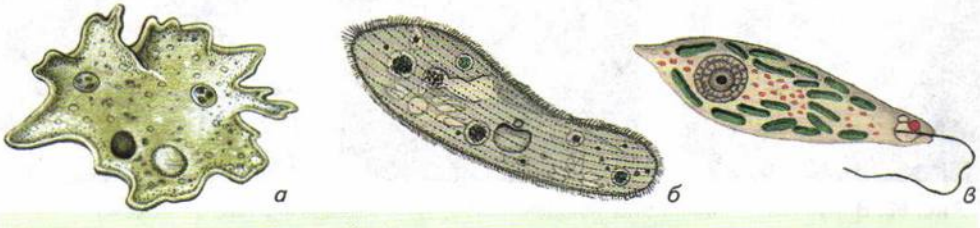


Рис. 95. Простейшие: *а* — амёба; *б* — инфузория туфелька; *в* — эвглена зелёная

Устроены они очень просто: имеют белковую оболочку, в которой заключена молекула ДНК или РНК. В окружающей среде вирусы нередко представляют собой кристаллические образования, подобные солям. Они не растут, не развиваются, не дышат, не питаются и не размножаются. Следовательно, их можно рассматривать как комбинацию двух биологически активных веществ — белков и нуклеиновых кислот.

Однако для вирусов характерны важнейшие свойства живого — наследственность и изменчивость. Например, вирус, вызывающий полиомиелит, стал причиной тяжёлого заболевания египетских фараонов и великого американского президента Ф. Рузвельта, т. е. сохранил свою индивидуальность на протяжении нескольких тысячелетий. И наоборот: вирусы гриппа непрерывно изменяются, человеку приходится постоянно изобретать средства борьбы с новыми штаммами гриппа. Проникая в клетки, вирусы ведут себя подобно бандитам, заставляющим служащих банка под дулом пистолета отдавать всю имеющуюся в банке наличность. Обычно вирус сначала связывается с поверхностью клетки-хозяина, а затем или проникает внутрь целиком, или с помощью специальных приспособлений вводит в клетку свою нуклеиновую кислоту, после чего эта РНК или ДНК заставляет клетку хозяина производить многочисленные копии вируса. В конце концов клетка погибает, сотни или тысячи вирусов захватывают всё новые и новые клетки — развивается вирусная инфекция. К вирусным инфекционным заболеваниям относят оспу, герпес, корь, ветрянку, паротит (свинку), гепатит, ряд респираторных заболеваний. Вирусное происхождение имеют некоторые опухоли, обычные бородавки. И наконец, вирус — причина страшного заболевания нашего времени, известного под названием СПИД (рис. 96).

Наука о вирусах — вирусология — сравнительно молодая, но в её историю вписано немало славных страниц. Основоположником этой науки мы с полным правом можем считать *Д. И. Ивано́вского* (1864—

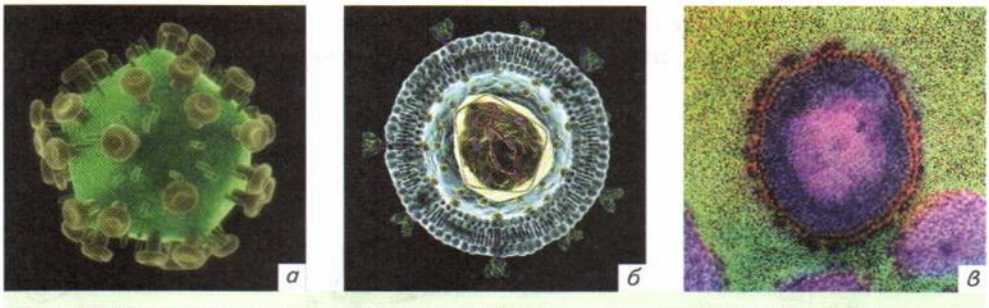


Рис. 96. Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ): *а* — модель вируса; *б* — схема строения; *в* — электронная фотография

1920), который в 1892 г. открыл вирус табачной мозаики. Английский врач *Э. Дже́ннер* (1749—1823) провёл первую вакцинацию (от *англ.* variola vaccine — оспа коровья) — профилактику против эпидемии оспы. В наши дни разработана вакцина против многочисленных вирусных заболеваний.

В следующем параграфе будет рассказано о сообществах живых организмов, составляющих единое целое со средой их обитания.

Вы знаете

- чем отличаются прокариоты от эукариотов
- основные положения клеточной теории Т. Шванна
- что вирусы — неклеточная форма жизни

Вы можете

- сформулировать основные положения клеточной теории
- рассказать о строении животной и растительной клетки
- охарактеризовать простейших с точки зрения их строения и функционирования
- описать строение вирусов, объяснить, почему их рассматривают как своеобразный мостик между живой и неживой природой

Выполните задания

1. Дайте определение прокариот, перечислите организмы, которые относятся к этому надцарству.
2. Объясните, как устроены клетки бактерий, синезелёных водорослей. Охарактеризуйте роль этих прокариотов в природе и жизни человека.
3. Опишите строение эукариотической клетки, её ядра. Какую функцию выполняют её отдельные органоиды?
4. Дайте характеристику типа Простейшие. Назовите представителей этого типа. Расскажите о роли этих эукариотов в природе и жизни человека.

Темы для рефератов

1. «Чёрная смерть» в Европе XVI в. 2. Бактерии на службе человека. 3. Проклятие вирусов: открытия и загадки. 4. СПИД — чума XX в. 5. Отражение истории мировых эпидемий в искусстве, литературе, кинематографе.

§ 21. Экологические системы

1. Вспомните, что вы знаете об экологии.
2. Перечислите известные вам акции в России по защите окружающей среды.

ПОНЯТИЕ ЭКОСИСТЕМЫ. Живые организмы, населяющие биосферу Земли, распределены в ней неравномерно, островками, изолированными друг от друга, т. е. имеют границы. Такие островки, представляющие собой сообщества живых существ — биоценозы, взаимодействующие между собой и средой обитания — экотопом, называют экосистемой.

Термин **«экологическая система»**, или **«экосистема»**, был предложен в 1953 г. английским биологом *А. Тенсли* (1871—1955) для обозначения «основных природных единиц на поверхности Земли». Часто вместо термина «экосистема» используют аналог — термин **«биогеоценоз»**, введённый в 1940 г. в науку отечественным учёным *В. Н. Сукачёвым* (1880—1967; рис. 97). Следовательно, экосистема, или биогеоценоз[1], — это элементарная структурная единица («клеточка») биосферы. Размеры экосистем могут быть различными: от капли воды до Мирового океана и даже биосферы. Экосистемой можно считать озеро в целом или только его часть, например прибрежную, лес или отдельно взятое упавшее дерево, даже пень. Это природные экосистемы. Человек создаёт искусственные экосистемы — огород, сад, парк, пруд и т. д. (рис. 98). Однако вне зависимости от величины, степени сложности или способа возникновения все экосистемы являются открытыми системами, в которых происходит непрерывный обмен веществ и энергии (рис. 99).



Рис. 97. Владимир Николаевич Сукачёв

Все живые организмы в экосистеме по типу питания делятся на три группы:

продуценты — зелёные растения, которые в процессе фотосинтеза производят органические вещества из неорганических (их также называют автотрофами);

[1] Экосистему, границы которой определены растительным сообществом (например, ельник, берёзовая роща), также называют биогеоценозом.



Рис. 98. Поле — искусственная экосистема

консументы — животные, потребляющие готовые органические вещества (консументы первого порядка — травоядные, второго, третьего и т. д. — плотоядные);

редуценты — микроорганизмы и грибы, разрушающие и минерализующие органические остатки, т. е. организмы, которые завершают

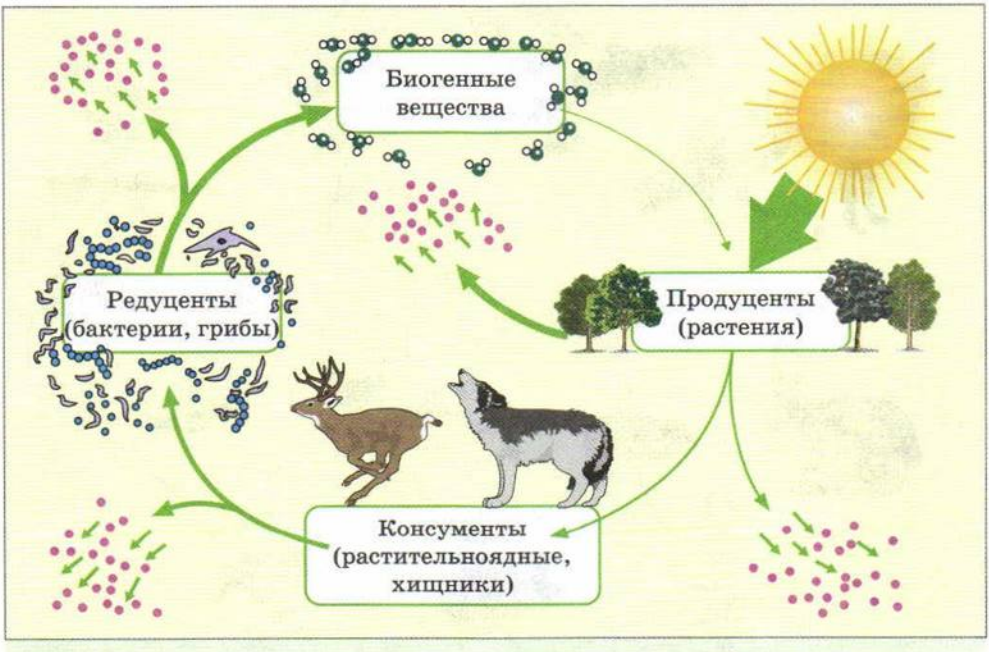


Рис. 99. Необходимые компоненты экосистемы и непрерывный обмен веществ и энергии в ней

круговорот веществ для поступления их в новый цикл (консументы и редуценты относятся к гетеротрофам).

ЦЕПИ ПИТАНИЯ. В процессе жизнедеятельности организма происходит постоянный круговорот веществ и энергии, причём на каждом его этапе живые организмы используют лишь часть содержащейся в органических веществах энергии. Большая часть энергии расходуется в виде тепла или рассеивается в окружающую среду. В результате этого круговорота возникают цепи питания, представляющие собой последовательность организмов, получающих вещества и энергию из предыдущих звеньев, становясь источником веществ и энергии для последующих звеньев (рис. 100). Число этих звеньев ограничено, обычно не более пяти. Это связано с тем, что при переходе от звена к звену усваивается лишь около 10% энергии. Тем не менее большинство цепей питания начинаются растением, а заканчиваются хищником, причём наиболее крупным. Редуценты разрушают органические вещества на каждом уровне этой цепи и являются её конечным звеном.

Так как в каждом последующем звене происходит уменьшение энергии и пищевой массы в 10 раз, то наглядно такие потери можно представить в виде пирамиды. Например (рис. 101):

зелёные растения ⟶ кузнечики ⟶ лягушки ⟶ змеи ⟶ орёл.

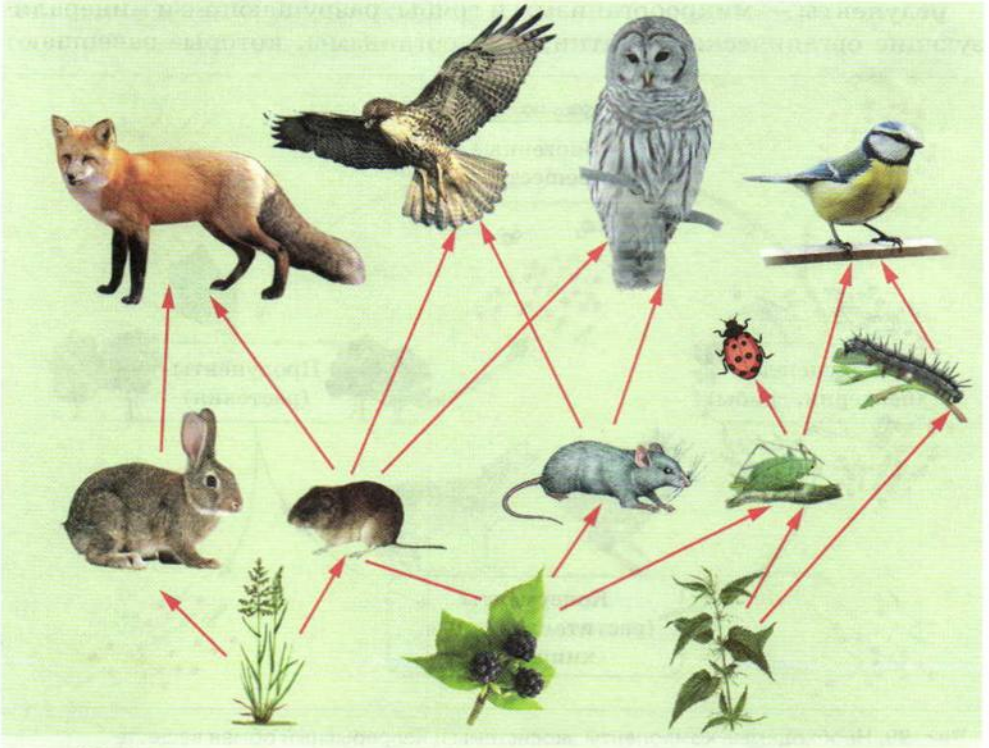


Рис. 100. Цепи питания в природной экосистеме



Рис. 101. Пример экологической пирамиды

В отличие от веществ, которые совершают непрерывный круговорот по звеньям экосистемы, энергия такого круговорота не совершает — она может быть использована только один раз. Это полностью соответствует законам физики — закону сохранения и превращения энергии (например, световая энергия превращается в химическую энергию органических веществ) и закону, согласно которому превращение энергии из одного вида в другой обязательно сопровождается потерей некоторой её части. Часть энергии теряется, так как рассеивается в виде тепловой энергии, недоступной для организмов экосистемы. Для постоянного циркулирования энергии по пищевым цепям экосистемы требуется непрерывное поступление её от Солнца — единственного источника энергии для всей биосферы. Почему же в каждом звене пищевой цепи происходит уменьшение энергии? Перечислим эти причины.

1. Не вся энергия, содержащаяся в пище, доступна травоядным животным, которые, например, не съедают корни или грубые стебли растений. В свою очередь часть энергии тканей травоядных (хитиновой оболочки или рогов, копыт, шерсти и др.) не усваивается организмом хищника, а часть её теряется в процессе преобразования в ткани хищника.



Рис. 102. В. Д. Поленов. Река Клязьма. Жуковка. *1909 г.*

2. Устойчивые взаимосвязи между хищниками и жертвами позволяют некоторой части последних выжить, дать потомство и сохранить тем самым свою популяцию в экосистеме. Следовательно, энергия этих особей также оказывается потерянной для хищников.

3. Значительная часть энергии, полученная с пищей, тратится на жизнедеятельность её потребителей — передвижение, дыхание, размножение, охоту, заботу о потомстве и т. д.

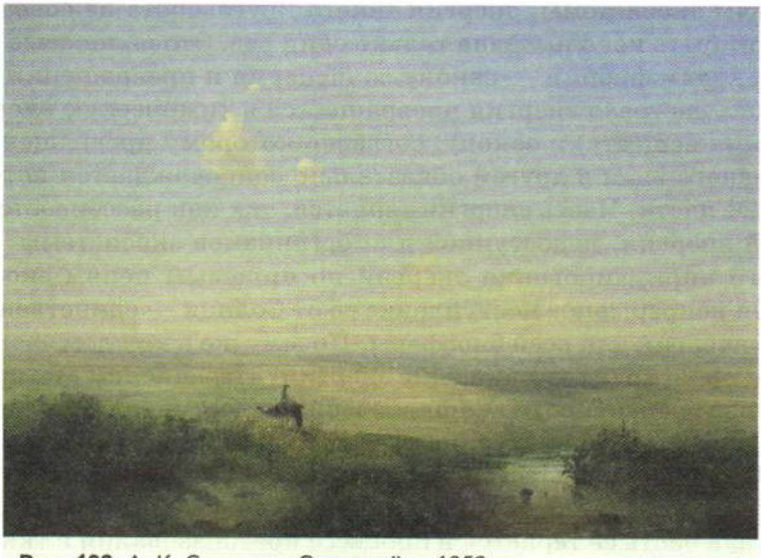


Рис. 103. А. К. Саврасов. Степь днём. *1852 г.*

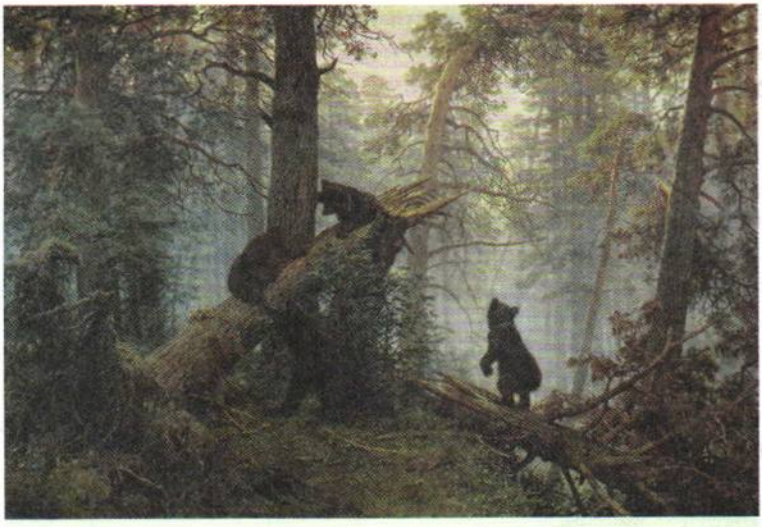


Рис. 104. И. И. Шишкин. Утро в сосновом лесу. *1889 г.*

ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА. Важнейшим свойством экосистем является их устойчивость, т. е. постоянство, которое поддерживается цепями питания. Устойчивость носит исторический характер и обеспечивается условиями окружающей неживой природы (свет, температура, влияние химических веществ и др.) и взаимоотношениями между живыми организмами, образующими экосистему (конкуренция, хищничество, недостаток корма, болезни и др.). Посмотрите на эти чудесные пейзажи — примеры устойчивых экосистем, — написанные замечательными русскими живописцами (рис. 102—104).

Экология (от *греч.* oikos — жилище и logos — наука) — это наука, изучающая взаимодействие организмов между собой и окружающей средой.

Термин «экосистема» был введён немецким биологом *Э. Ге́ккелем* (1834—1919) в 1870 г. Современная экология изучает влияние неживой природы на организмы и наоборот. В результате взаимодействия живых организмов и среды их обитания сформировалась современная биосфера. В свою очередь, жизнедеятельность организмов оказывает влияние на неживую природу, которая развивается и изменяется вместе с живой природой. Достаточно напомнить о роли синезелёных водорослей в формировании состава атмосферы Земли. Экология не только изуча-



Рис. 105. Эрнст Геккель

ет закономерности существования и развития экосистем, но и является основой охраны природы, прогнозирования и управления экосистемами в условиях современного научно-технического прогресса.

На живые организмы, живущие в экосистемах, прямо или косвенно влияют различные компоненты окружающей среды — экологические факторы. Различают факторы:

абиотические — воздействующие на организм компоненты неживой природы (климат, почва, рельеф, свет, температура, вода и т. д.);

биотические — совокупность взаимодействия живых организмов и их влияние друг на друга;

антропогенный — совокупность воздействия на живые организмы и природу в целом человека и его деятельности.

В следующем параграфе поговорим об особой оболочке, образовавшейся на Земле в процессе эволюции,— о биосфере. →

Вы знаете

- что такое экосистема
- что представляют собой продуценты, консументы, редуценты
- как складываются цепи питания
- что изучает экология

Вы можете

- назвать учёных, которые ввели такие термины, как «биогеоценоз», «экология», «экосистема»
- объяснить, как в цепях питания происходит обмен веществ и энергии
- перечислить законы физики, которые соблюдаются при обмене энергией в цепях питания
- определить причины, по которым в каждом звене пищеварительной цепи происходит уменьшение энергии

Выполните задания

1. Объясните, что такое экосистема. Приведите примеры природных и искусственных экосистем различного масштаба.
2. Сформулируйте, какие организмы называются гетеротрофными, какие автотрофными. Приведите примеры систематических групп животных, относящихся к гетеротрофам.
3. Перечислите экосистемы, о которых упоминается в стихотворении А. Фета «Вечер».

   Прозвучало над ясной рекою,
   Прозвенело в померкшем лугу,

Прокатилось над рощей немою,
Засветилось на том берегу.

Далеко, в полумраке, луками
Убегает на запад река.
Погорев золотыми каймами,
Разлетелись, как дым, облака.

На пригорке то сыро, то жарко,
Вздохи дня есть в дыханьи ночном,—
Но зарница уж теплится ярко
Голубым и зелёным огнём.

Темы для рефератов

1. Экологические катастрофы, способы ликвидации их последствий и предупреждения. 2. Экологические проблемы современности и пути их решения.

§ 22. Биосфера

1. Расскажите, что вам известно об атмосфере, литосфере, гидросфере и биосфере Земли.
2. Перечислите наиболее острые проблемы современности, стоящие перед человечеством.

БИОСФЕРА И ЕЁ СТРУКТУРА. Биосфера является глобальной экосистемой нашей планеты.

Биосфера — это оболочка Земли, заселённая живыми организмами и преобразованная ими.

Понятие «биосфера» (от *греч.* bios — жизнь и spháira — шар) впервые появилось в 1875 г. в работе австрийского геолога *Э. Зюсса* (1831—1914), но широкое распространение в науке получило после выхода в свет книги академика *В. И. Вернáдского* (1863—1945), которая так и называлась — «Биосфера» (1926). «Мне суждено сказать новое в учении о живом веществе. Это учение может оказать на науку такое же влияние, как книга Дарвина», — писал Вернадский. До него понятие «биосфера» отождествлялось с «плёнкой жизни», а она ускользала от внимания учёных из-за своей ничтожности по сравнению с воздушной оболочкой (атмосферой), водной оболочкой (Мировым океаном, ги-

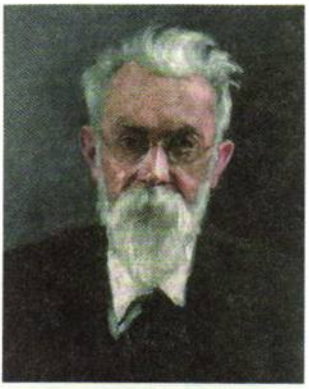


Рис. 106. Владимир Иванович Вернадский

дросферой) и земной корой (литосферой). Вернадский (рис. 106) впервые доказал, что биосфера — закономерный результат развития геологических оболочек планеты.

Известный русский писатель М. Пришвин восторженно оценил замечательную работу Вернадского: «Я всегда чувствовал смутно вне себя эту ритмику мирового дыхания, и потому научная книга Вернадского «Биосфера», где моя догадка передаётся как «эмпирическое обобщение», читалась мной, как в детстве авантюрный роман. И мне теперь стало гораздо смелее догадываться о творчестве так, что, может быть, эта необходимая для творчества «вечность» и есть чувство не своего человеческого, а иного, планетного времени, что, может быть, эту способность посредством внутренней ритмики соприкасаться с иными временами, с иными сроками и следует назвать собственно творчеством».

Биосфера имеет условные границы. Живые организмы населяют всю гидросферу (например, до дна самой глубокой Марианской впадины — более 11 км), нижние слои атмосферы (до высоты около 20 км) и верхние слои литосферы (до глубины 1—2 км). Следовательно, толщина биосферы совсем небольшая по сравнению с размерами планеты — всего около 50 км (рис. 107). Недаром её называют «плёнкой жизни». Верхняя граница биосферы определяется, во-первых, отсутствием кислорода, во-вторых, несовместимым с жизнью ультрафиолетовым излучением и, в-третьих, земным притяжением, которое приходится преодолевать. Красноречиво о третьем факторе говорит то, что птицы и насекомые, проводящие большую часть времени в воздухе, имеют сравнительно небольшие размеры (рис. 108), а вот громадные размеры китов (рис. 109) или моржей, живущих в морях и океанах, обусловлены выталкивающей силой воды. Но даже морские гиганты очень глубоко не опускаются из-за многократно возрастающего давления водной толщи. В глубине морей и океанов живут отдельные виды рыб и других существ, которые приспособились к таким перегрузкам и постоянной тьме. Ограничивающим фактором нижних пределов биосферы является температура: там, где она выше +50°С и ниже –60°С, в окружающей среде могут жить только споры, бактерии или синезелёные водоросли.

Наибольшая концентрация жизни наблюдается там, где граничат воздух, суша и вода, а также имеется благоприятная температура, — в приливно-отливных зонах и в тропических лесах. Наименьшая — там, где наиболее суровые условия для жизни: в уже упомянутых мор-

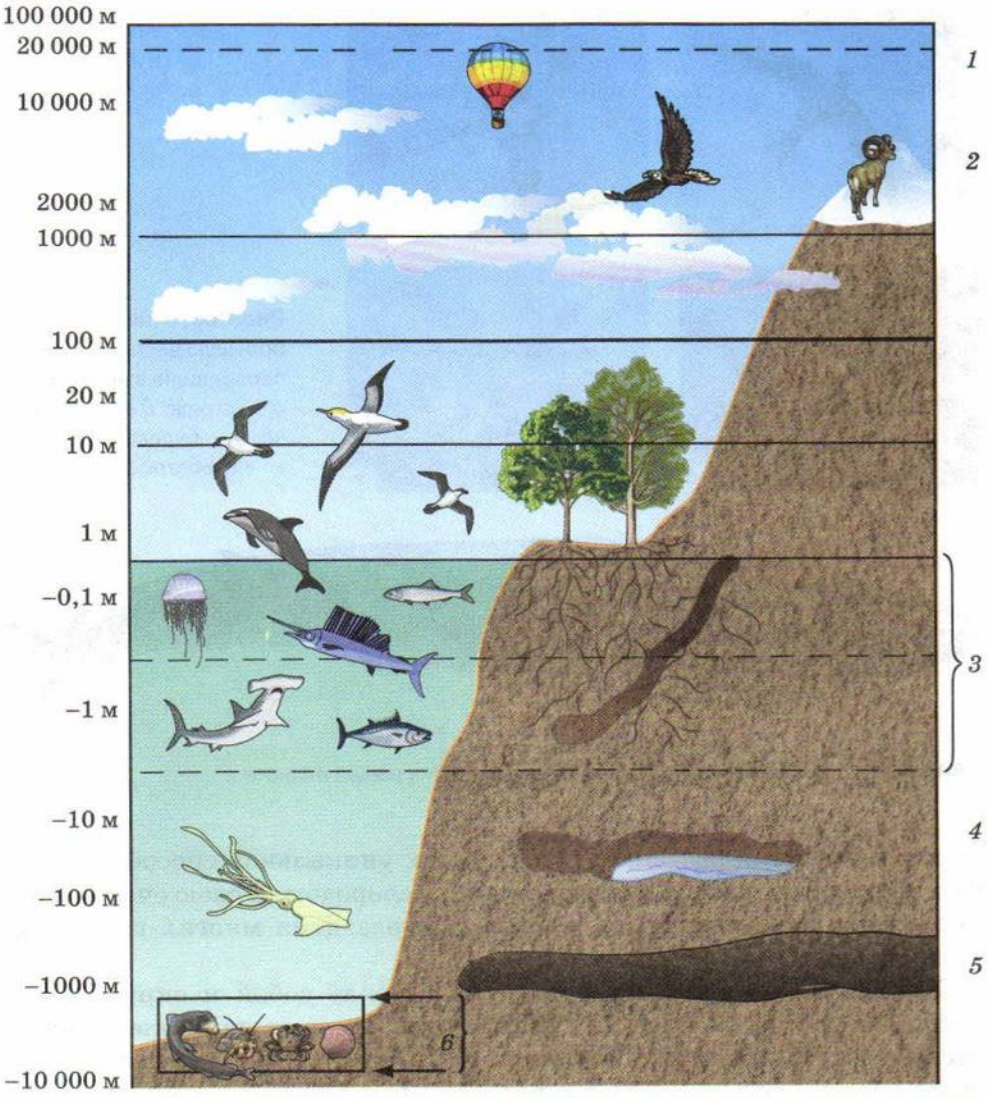


Рис. 107. Распространение организмов в биосфере: *1* — уровень озонового слоя, задерживающего жёсткое ультрафиолетовое излучение; *2* — граница снегов; *3* — почва; *4* — животные, обитающие в пещерах; *5* — бактерии в нефтяных скважинах; *6* — придонные организмы

ских глубинах, в зоне вечной мерзлоты, в пустынях и на высокогорных плато (рис. 110, 111).

В. И. Вернадский утверждал, что формирование биосферы явилось результатом сложного процесса эволюции нашей планеты. Биосфера Земли возникла не менее 4,5 миллиарда лет назад. На первых этапах эволюции атмосфера содержала мало кислорода, но в результате появ-

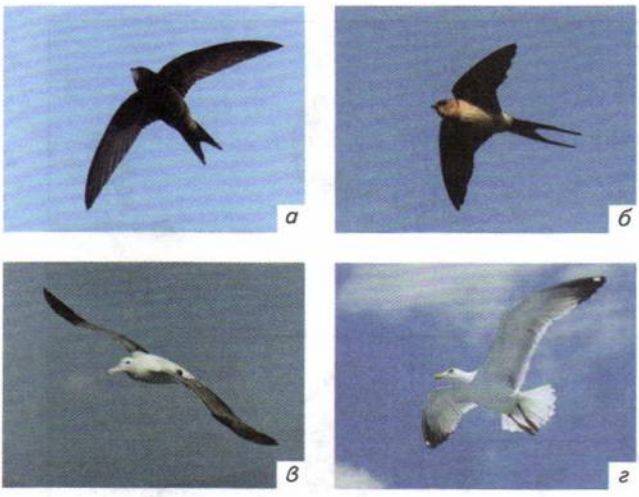


Рис. 108. Птицы, большую часть времени проводящие в воздухе: *а* — стриж; *б* — ласточка; *в* — буревестник; *г* — альбатрос

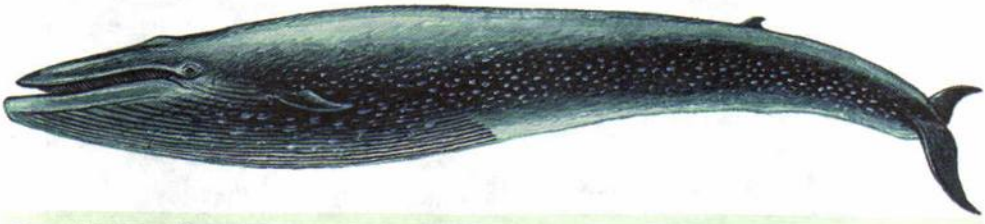


Рис. 109. Синий кит — самое большое животное на нашей планете

ления и развития растений, обладающих уникальной способностью к фотосинтезу, постепенно обогащалась кислородом. В свою очередь, это послужило важнейшим из условий для развития многих групп животных.

Взаимодействие живых организмов между собой и окружающей средой (т. е. биосферные процессы) поддерживают на Земле в равновесном состоянии газовый состав атмосферы, состав морских и пресных вод, влияет на климат и плодородие почв. Человечество же всё больше и больше вторгается в жизнь биосферы, изменяя течение процессов биологического круговорота веществ, энергии и информации.

НООСФЕРА И ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА. В последние годы жизни В. И. Вернадский пришёл к очень важному философскому заключению — идее перехода биосферы в **ноосферу** (от *греч.* nóos — разум и spháira — шар). Этот термин ввёл в науку французский философ *П. Тейя́р де Шарде́н* (1881—1955). Он понимал под ноосферой оболочку «мыслящего пласта», который, зародившись в конце третичного периода, разворачивается с тех пор над нашей планетой вне биосферы и над ней.













Рис. 110. Жизнь в пустыне: *а* — саксаул; *б* — верблюжья колючка; *в* — суслик; *г* — эфа; *д* — щитомордник; *е* — варан

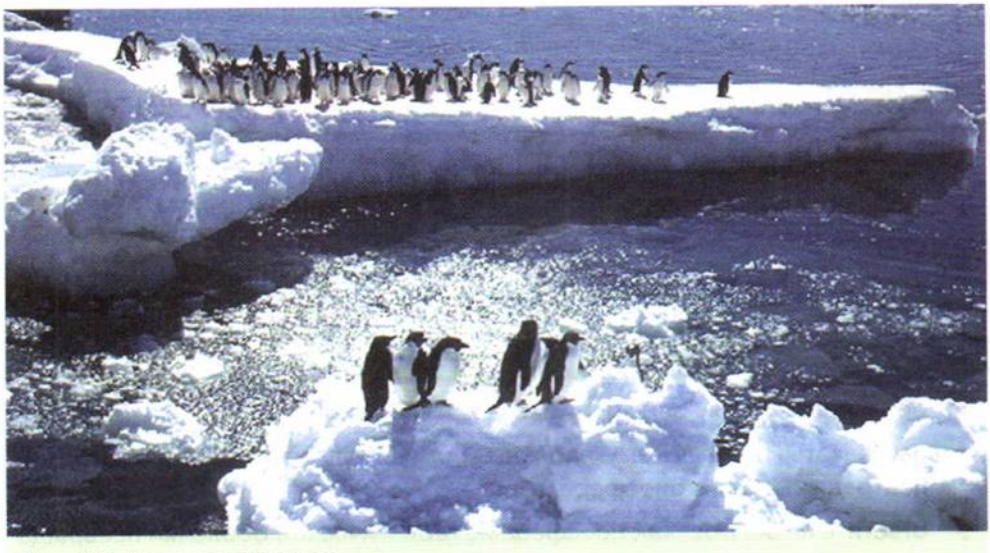


Рис. 111. Колония пингвинов

Развивая учение о ноосфере, Вернадский предположил, что ноосфера по мере освоения человеком Вселенной должна превратиться в часть космоса, пока же она остаётся материальной оболочкой Земли, которая изменяется под влиянием человека. Человек, по мнению Вернадского, став носителем «максимально действующей энергии, сконцентрированной в биосфере», преобразует её в ноосферу, становится движущей силой её развития и превращения из геологической оболочки в космическую.

Материнства не взять у Земли,
Не отнять, как не вычерпать моря.
Кто поверил, что Землю сожгли?
Нет! Она почернела от горя.

Как разрезы, траншеи легли,
И воронки, как раны, зияют.
Обнажённые нервы Земли
Неземные страдания знают.

В. Высоцкий

Современную область взаимодействия человеческого общества с биосферой, где влияние человека оказывается определяющим, иногда называют **техносферой**. Однако человек должен чётко представлять границы допустимого вмешательства и постоянно ощущать своё неразрывное единство с биосферой.

Необходимо решать **глобальные проблемы** — наиболее важные и настоятельные общепланетарные проблемы современной эпохи, затрагивающие человечество в целом. В противном случае биосферу ждут катастрофические изменения, которые, в свою очередь, могут привести человечество к самоуничтожению.

В следующем параграфе мы поговорим о развитии органического мира и объясняющих его теориях. →

К глобальным проблемам прежде всего относятся экологическая, энергетическая, продовольственная, демографическая.

Вы знаете

- что такое биосфера и какова её структура
- кто из учёных доказал, что биосфера — закономерный итог развития геологических оболочек планеты
- что такое ноосфера и техносфера

Вы можете

- объяснить, почему биосферу называют «плёнкой жизни»
- рассказать, где и почему наблюдается наибольшая и наименьшая концентрация жизни в биосфере
- ответить на вопрос, как ноосфера из геологической оболочки превращается в космическую

Выполните задания

1. Дайте определения биосферы, ноосферы, техносферы. Объясните, как эти сферы связаны с геологическими оболочками Земли — литосферой, гидросферой и атмосферой.
2. Назовите верхнюю и нижнюю границы биосферы.
3. Перечислите факторы, которые являются ограничивающими для верхних пределов биосферы. Рассмотрите их с точки зрения физики и биологии.
4. Перечислите факторы, которые являются ограничивающими для нижних пределов биосферы. Рассмотрите их с точки зрения физики, химии и биологии.

Темы для рефератов

1. Жизнь и деятельность В. И. Вернадского. 2. Научно-технический прогресс и ответственность человека за состояние биосферы. 3. Глобальные проблемы человечества и пути их решения.

§ 23. Эволюционная теория

1. Назовите имя английского учёного XIX в., создателя учения об эволюции.
2. Перечислите наследственные заболевания, вам известные, и назовите науку, которая занимается изучением причин их возникновения.

ПОНЯТИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ. Многообразие живых организмов на нашей планете — результат биологической эволюции.

Эволюция (от *лат.* evolutio — развёртывание) — это необратимое и направленное историческое развитие живой природы от возникновения жизни на Земле до современной биосферы.

Можно рассматривать эволюцию как всей биосферы, так и популяций или отдельных систематических групп и даже частей организма — органов (например, руки человека), тканей (например, нервной), систем органов (например, системы кровообращения) и даже отдель-



а



б

Рис. 112. Животные, узкоприспособленные к питанию: *а* — коала; *б* — панда

ных белков (например, гемоглобина). Однако более точно этот процесс характеризует историческое развитие организмов, которые образуют популяцию.

Какими признаками характеризуется биологическая эволюция?

Во-первых, **преемственностью.** С момента возникновения жизни на Земле, что произошло, как считают учёные, приблизительно 4,5 миллиарда лет назад, ныне живущие и самые первые примитивные организмы связывает непрерывная цепь поколений.

Во-вторых, **целесообразностью.** Все организмы приспособлены к условиям своего обитания и устроены так, что могут обеспечивать не только собственное существование, но и воспроизведение потомства. При этом отдельные формы жизни приспособились к самым невероятным условиям. Например, одни микробы живут в природных озёрах, представляющих собой растворы серной кислоты, другие — в разливах нефти, третьи — в горячих гейзерах или в кратере вулкана и даже в ядерных реакторах. И наоборот, в процессе эволюции отдельные виды так приспособились к окружающей среде, что это ставит под угрозу само их существование. Например, австралийские сумчатые мишки — коалы питаются только свежими листьями эвкалипта, а китайские панды — молодыми побегами бамбука (рис. 112).

В-третьих, **усложнённостью и совершенствованием организации живых существ на протяжении геологических эпох.** Например, вначале на Земле существовали только микроорганизмы, затем появились одноклеточные (простейшие), потом — многоклеточные беспозвоночные животные, затем пришёл черёд «веку рыб», далее — «веку амфибий», сменившемуся «веком рептилий» (в основном динозавров), и, наконец, наступил «век птиц и млекопитающих» (рис. 113). Последние тысячелетия характеризуются господством в биосфере человека, который эволюционировал от древнейших людей — **архантропов** (питекантропа и гейдельбергского человека) через древних людей — **палеоантропов** (неандертальца) к современным людям — **неоантропам** (кроманьонцу и ныне живущему человеку; рис. 114).

Эта тенденция к усложнению и совершенствованию организации живых существ носит **относительный характер.** Например, структура бактерий не усложнялась на протяжении миллиардов лет, а у паразитов, наоборот, строение организмов даже упрощалось (на-

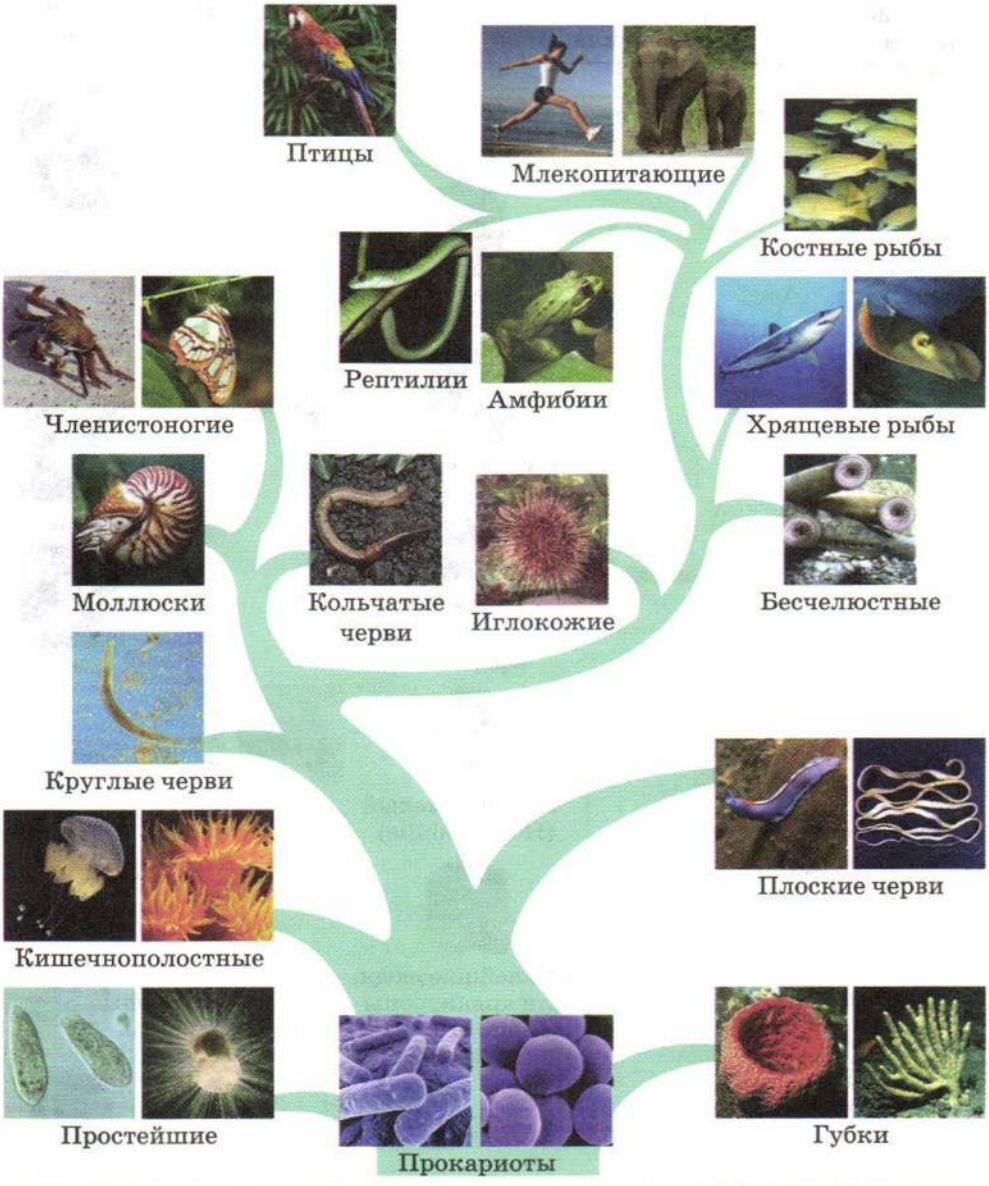


Рис. 113. Эволюционное древо животных

пример, пищеварительная система и органы чувств у червей-паразитов).

Усложнение и совершенствование организации живых существ на первый взгляд нарушает второй закон термодинамики, согласно которому все самостоятельно происходящие в природе процессы протекают в направлении разрушения структур, упрощения, увеличения доли

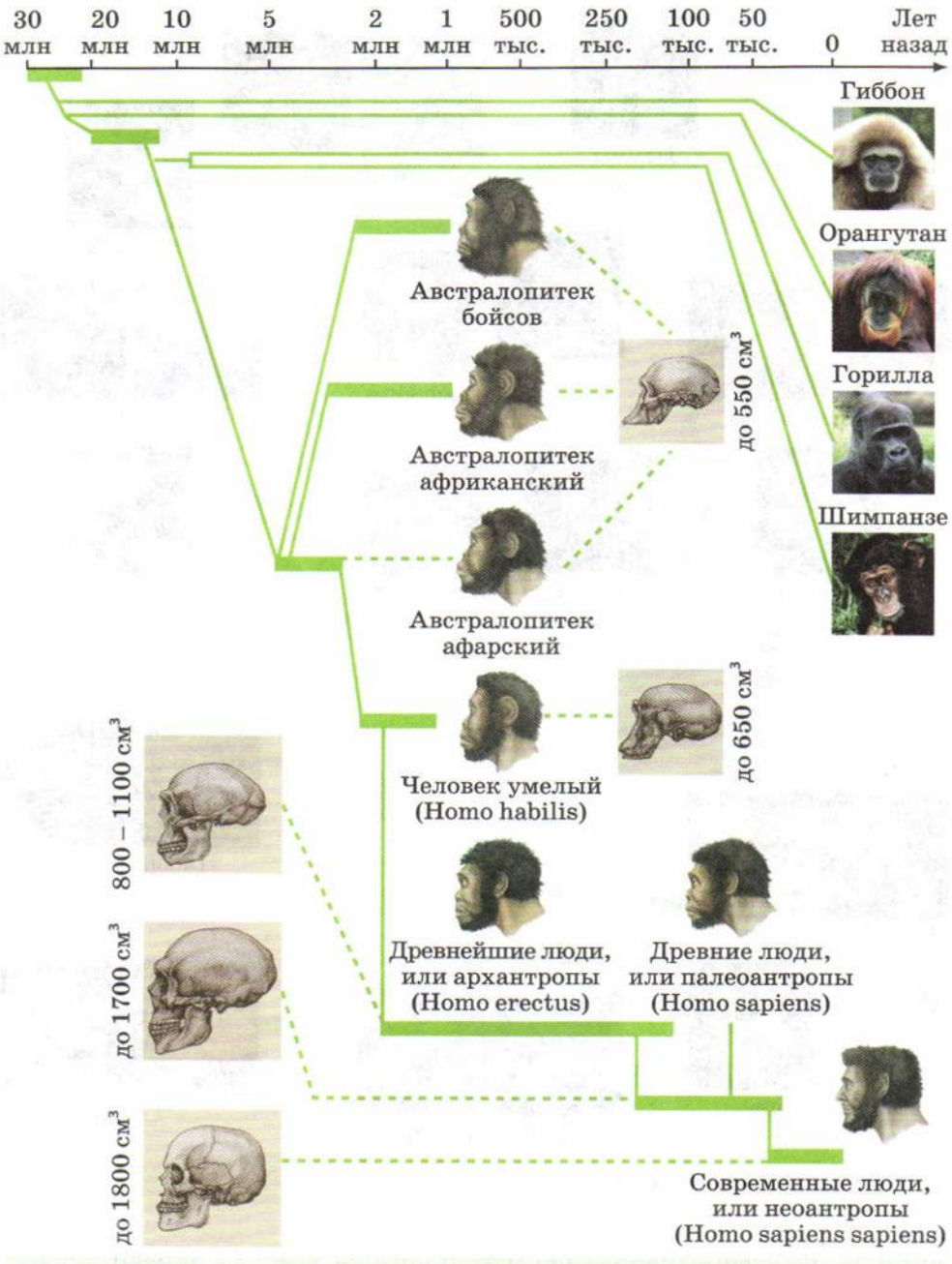


Рис. 114. Эволюционное древо приматов и человека

беспорядка во всех системах. Эволюция же идёт, наоборот, в направлении усложнения. Однако второй закон термодинамики при этом не нарушается, так как в процессе эволюции происходит усложнение орга-

низмов, которое достигается значительной затратой энергии.

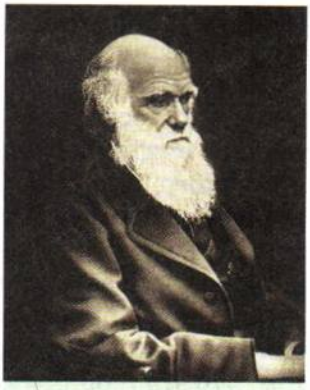


Рис. 115. Чарлз Дарвин

УЧЕНИЕ Ч. ДАРВИНА ОБ ЭВОЛЮЦИИ. Современная эволюционная теория ведёт начало от теории Ч. Дарвина (рис. 115), изложенной в его книге «Происхождение видов». Книга была издана 24 ноября 1859 г., разошлась за день и произвела революцию в естествознании. Логическая система **дарвинизма** состоит в том, что живые организмы характеризуются **интенсивностью размножения**, т. е. производят многочисленное потомство (например, треска мечет до 10 млн икринок, морской конёк — 20—30). Однако жизненные ресурсы (территория проживания — ареал, пища, места гнездований и др.), которые окружающая среда может предоставить этому потомству, очень ограничены, поэтому до половозрелого состояния доживают всего 3—4 особи. Кроме конкуренции между собой, потомки борются и с неблагоприятными климатическими условиями (засухой, холодом, ветрами и др.) и хищниками. В результате многочисленным потомкам особей одного вида приходится выдерживать жесточайшую **борьбу за существование**. При этом выживают особи, наиболее приспособленные к борьбе. Этот процесс Дарвин назвал **естественным отбором**. Естественный отбор является главной движущей силой эволюции и обусловливает целесообразность приспособленности организмов к окружающей среде.

Дарвинизм логично объясняет и прогрессивный характер эволюции. Ведь выживают в борьбе за существование более сложные и высокоорганизованные формы потому, что они лучше приспособлены к окружающим условиям.

Из-за чего у отдельных особей возникает эта приспособленность? По Дарвину, из-за **неопределённой изменчивости**, представляющей собой «бесконечно разнообразные незначительные особенности, которыми отличаются особи того же вида и которые невозможно объяснить унаследованием их от одного из родителей или от более отдалённых предков».

Сейчас механизм этой изменчивости хорошо изучен — в его основе лежат **мутации** (от *лат.* mutatio — изменение), т. е. изменения структуры носителя наследственности — ДНК. Очевидно, что они не могут быть приспособительными, так как причины, их вызывающие, не связаны с признаком, за который отвечает изменившийся (мутированный) **ген** — участок ДНК. Тем не менее некоторые случайные изменения оказываются выгодными для жизни организма в данных ус-

ловиях, и он имеет большую вероятность победить в борьбе за существование.

Дальнейшее развитие эволюционного учения связано с успехами генетики и созданием **мутационной теории эволюции.** Авторами этой теории считают голландского биолога *Г. де Фри́за* (1848—1935) и русского ботаника *С. И. Коржи́нского* (1861—1900). Само название теории указывает на то, что основным фактором эволюции она рассматривает мутации, скачкообразно приводящие к возникновению новых популяций, а затем и видов.

Генетика привела к новым представлениям об эволюции и созданию **синтетической теории эволюции.** Почему — синтетической? Дело в том, что эта теория является синтезом дарвинизма, классической генетики и экологии. Согласно этой теории, в качестве элементарной единицы эволюционного процесса рассматривается **популяция** (от *лат.* populus — население, народ) — группа особей одного вида, которая длительное время населяет какое-либо пространство в течение многих поколений.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ЭВОЛЮЦИИ

1. **Естественный отбор является главным движущим фактором эволюции.**

Различают три главные формы естественного отбора — движущий, стабилизирующий и разрывающий отбор.

Движущий отбор позволяет выживать особям, отличающимся по каким-либо признакам от других особей популяции и наиболее приспособившимся к изменившимся условиям внешней среды. Так, между человеком и некоторыми микроорганизмами ведётся непрерывная борьба: для подавления болезнетворных бактерий и вирусов требуются всё новые и новые поколения антибиотиков. Аналогичная картина и с ядохимикатами, которые человек использует для борьбы с насекомыми. Сначала большинство микроорганизмов или насекомых гибнет, но некоторые оказываются носителями генов, обеспечивающих нечувствительность к губительным для них веществам. Они выживают и дают не реагирующее на антибиотики или ядохимикаты потомство. Приходится изобретать новые, и так до бесконечности.

Стабилизирующий отбор сохраняет в популяциях среднюю норму признака и отсеивает наиболее отклонившихся от неё особей. Такой отбор позволяет сохранять виды неизменными долгое время. О нём красноречиво свидетельствуют реликты (от *лат.* relictum — остаток), или «живые ископаемые», — виды растений и животных, сохранившихся на протяжении сотен тысяч или даже миллионов лет. Это происходит в том случае, когда среда их обитания изменяется незначительно. Например, кистепёрой рыбе латимерии, которая обитает на глубинах в несколько сотен метров у берегов Юго-Восточной Африки,





Рис. 116. Древнейшие животные, сохранившиеся в современной фауне: *а* — латимерия; *б* — гаттерия

около 300 миллионов лет, а ящерица гаттерия из Новой Зеландии сохранилась в неизменном виде с мезозойской эры (рис. 116). Знаменитый женьшень также реликт.

И для человека стабилизирующий отбор имеет немалое значение: если вес новорождённых детей намного больше или меньше нормы (3600 г), то их смертность в среднем выше, и за такими детьми требуется особый медицинский уход.

Разрывающий (дизруктивный) отбор состоит в том, что исходная популяция распадается на две или несколько групп, отличающихся не только строением, но и физиологическими особенностями. Например, сенокос или летние засухи приводят к разделению видов луговых растений на раннецветущие (весной) и позднецветущие (осенью). Некоторые лососёвые рыбы образуют в озёрах две формы: мелкую, питающуюся рачками, и крупную, чьей добычей становится не только рыба, но даже утки, мыши и другие мелкие животные.

2. **Исходным материалом для эволюции служат мутации.** Различают:

а) **генные мутации**, которые в итоге приводят к изменению структуры гена и развитию таких заболеваний, как гемофилия, дальтонизм, серповидно-клеточная анемия и др.;

б) **хромосомные мутации**, в результате которых изменяется структура хромосом (становится другой последовательность генов, утрачиваются или меняются части хромосом, что приводит к возникновению миелолейкоза, синдрома Орбели);

в) **геномные мутации**, которые заканчиваются изменением числа хромосом в ядре клетки; одним из результатов этих мутаций является полиплоидия — кратное увеличение числа хромосом (у растений приводит к появлению более крупных плодов и семян, а также повышению урожайности), другим — гетероплоидия — уменьшение или увеличение числа хромосом на одну (вызывает такие заболевания, как синдром Шерешевского—Тёрнера и болезнь Дауна).

3. **Элементарной единицей эволюции является популяция.** Жизнь сотен и тысяч поколений — обычное время существования отдельных популяций. Для любой популяции характерны колебания численности составляющих её особей. На это влияют различные факторы — из-

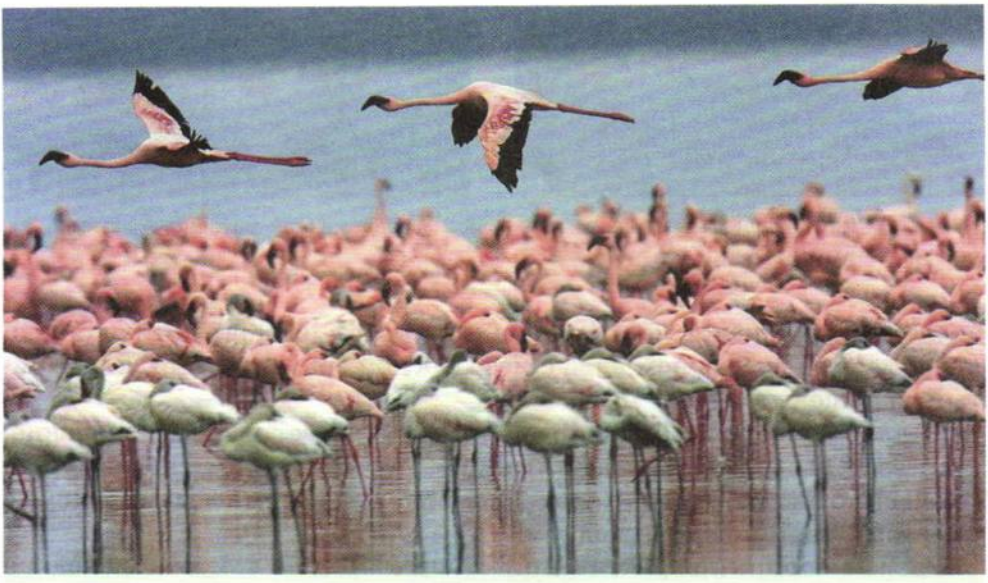


Рис. 117. Популяция розовых фламинго

менение климата или количества пищи, болезни, вредители и т. п. Число особей в популяциях небольших животных (беспозвоночных, мышевидных грызунов) может изменяться от 100 до 1 млн раз. Для крупных животных размах колебаний меньше — всего в несколько раз. Эти колебания выдающийся русский биолог *С. С. Четвериков* (1880—1959) назвал «волнами жизни». Популяционные волны, или «волны жизни», — это периодические колебания численности организмов в природных популяциях. При её росте наблюдается слияние ранее разобщённых популяций и объединение их генофондов. Так как популяции по своему генетическому составу уникальны, в результате их слияния возникают новые генофонды, способствующие эволюции популяций в новые виды.

4. **Различают микроэволюцию**, ведущую к образованию новых популяций и видов, **и макроэволюцию**, ведущую к образованию более крупных систематических групп (родов, семейств, отрядов, классов и т. д.).

Микроэволюция, или эволюция популяций, вполне доступна для наблюдений. Например, непрерывно эволюционируют штаммы вирусов гриппа («птичий», «свиной» и т. д.).

Макроэволюция, или надвидовая эволюция, проявляется только по истечении длительного исторического времени.

Климат — один из факторов, существенно влияющих на численность видов и их распространение, вот о нём и пойдёт речь в следующем параграфе. →

Вы знаете

- что такое биологическая эволюция
- в чём суть учения Ч. Дарвина об эволюции
- каковы основные положения синтетической теории эволюции

Вы можете

- перечислить известные вам формы естественного отбора, привести примеры каждой из них и показать её роль в природе и жизни человека, объяснить, чем естественный отбор отличается от искусственного
- дать определение мутации, назвать известные вам типы мутаций, привести их примеры и охарактеризовать роль в природе и жизни человека
- рассказать, что такое популяция и «волны жизни», охарактеризовать их роль в эволюционном процессе
- сформулировать, что такое микроэволюция и макроэволюция
- прокомментировать с позиций эволюционного учения стихотворные строки В. Высоцкого:

Эврика! Ура! Известно точно
То, что мы потомки марсиан.
Правда, это Дарвину пощёчина:
Он большой сторонник обезьян.

По теории его выходило,
Что прямой наш потомок — горилла!

В школе по программам обязательным
Я схватил за Дарвина пять пар,
Хохотал в лицо преподавателям
И ходить стеснялся в зоопарк.

Выполните задания

1. Объясните, что такое эволюция и чем она отличается от революции. Назовите признаки биологической эволюции.
2. Перечислите основные этапы антропогенеза — происхождения и эволюции человека. Назовите признаки, характерные для каждого предка человека.
3. Дайте определение дарвинизма и оцените его вклад в синтетическую эволюционную теорию.
4. Расскажите, каков вклад мутационной теории эволюции в синтетическую эволюционную теорию.

Темы для рефератов

1. Сравнительная характеристика теории эволюции Ж.-Б. Ламарка и Ч. Дарвина. 2. Был ли человек обезьяной? Из истории критики дарвинизма. 3. Вклад отечественных учёных в современную эволюционную теорию. 4. Генные, хромосомные и геномные мутации.

§ 24. Климат и приспособленность живых организмов к его условиям

1. Перечислите известные вам природные зоны в России.
2. Назовите жанр изобразительного искусства, в котором основным предметом изображения является природа, а также наиболее любимых вами живописцев, в этом жанре работавших.
3. Дайте характеристику той природной зоны, где вы живёте, её климата, растительного и животного мира.
4. Расскажите, какую роль, по преданию, сыграли волчица и гуси в истории древнего города Рима.

ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА РОССИИ. К факторам неживой природы, или абиотическим факторам, как вы уже знаете, относят климат, свет, температуру, влажность, почву и др. Все они оказывают большое влияние на распространение видов, их численность и структуру экосистем, в которых эти виды существуют. Наиболее важным из абиотических факторов является климат.

Климат (*греч.* klimatos — наклон) — это многолетний режим погоды, характерный для данной местности в силу её географического положения.

Для климата России характерны следующие особенности, которые обусловлены её географическим положением: чётко выраженная смена температурного режима по сезонам года; континентальность; разнообразие климатических зон.

Особенности температурного режима отдельных частей России, связанные с их географическим положением, обусловливают различную степень континентальности климата, которую приблизительно характеризует годовая амплитуда температур. У северо-западных границ России она около 25°С, на юге Западной Сибири — 37,5°С, в Якутии — 65°С, а в Петропавловске-Камчатском — всего около 20°С.

Климат является важнейшей причиной зональности, т. е. закономерности пространственного изменения флоры и фауны на поверхности земного шара. Рассмотрим зональность, связанную с определённым соотношением тепла и влаги, на территории России.

ЗОНА АРКТИЧЕСКИХ ПУСТЫНЬ. Охватывает острова Северного Ледовитого океана и северную часть полуострова Таймыр. Зима здесь долгая и суровая, а лето короткое и холодное. В течение зимнего периода почти постоянно дуют сильные ветры, бушуют пурга и вьюга, а средняя температура июля не превышает +4°С. Зимой температура часто опускается до –50°С, 85% территории этой зоны покрыто ледниками. Почвы маломощны, сверху имеют слой торфа до 3 см. Растительный покров разрежен и состоит из лишайников и — реже — мхов, а также редких цветковых растений. Животный мир беден, так как продуктивность растительного покрова невелика. Среди животных преобладают те, которые добывают пищу в море: тюлени, моржи и белые медведи. На островах обитают песцы. На скалистых берегах летом шумят птичьи базары: колонии морских птиц — гагар, чаек, чистиков, кайр, мóевок, тупиков и др. Иногда численность птиц достигает здесь полумиллиона особей. Гнездование такими скоплениями позволяет обеспечить меньшую гибель яиц и птенцов от хищников. Так, чайки и крачки совместными усилиями отгоняют от гнездовий песцов и лисиц.

На примере яркого представителя фауны зоны арктических пустынь — белого медведя (рис. 118) рассмотрим, как он приспособлен к суровым условиям Арктики. А эти условия требуют особой выносливости, ловкости и силы. У громадного белого медведя железные мышцы, от холода его спасают толстый слой жира и шкура с густой тёплой шерстью, даже подошвы лап защищены мехом. Он способен плавать в ледяной воде на расстояния в десятки километров и отлично ныряет. При этом глаза оставляет открытыми, а ноздри и ушные раковины сжимает. Белый медведь обладает острым зрением, тонким слухом и отличным обонянием (может учуять добычу даже сквозь толстый слой снега или за 5—7 км). Имея поразительные навигационные способности, он с невероятной точностью определяет курс следования в дрейфующих льдах. Белые медведи отлично переносят голод, если нет добычи, могут залечь в спячку, но при случае поглощают огромное количество мяса и быстро накапливают жир, который медленно расходуют. Вес старых медведей достигает тонны, молодых — 300—500 кг, длина тела — около



Рис. 118. Белый медведь

3 м, а высота в холке — 1,5 м. Такая масса тела позволяет белому медведю проламывать лёд и добывать тюленя и рыбу.

ЗОНА ТУНДР. Расположена по побережьям морей Северного Ледовитого океана и занимает около 10% территории России. Зима здесь долгая и холодная, а лето короткое и прохладное. Сильные ветры — обычное явление для этой зоны. Средняя температура июля не превышает +10°С. Осадков выпадает очень мало — 200—300 мм в год, однако почвы в тундре переувлажнены из-за водонепроницаемости вечной мерзлоты и слабого испарения. Они маломощны, содержат мало гумуса, кислотны и обычно заболочены.

Растительность тундры представлена мхами, лишайниками, многолетними и вечнозелёными кустарниками (брусника, голубика, черника, толокнянка, клюква), а также многолетними травами и деревьями (карликовые берёзы и ивы). Иногда встречаются грибы, которые нередко бывают выше карликовых деревьев. Ветвистый зеленовато-серый лишайник, который не совсем точно называют оленьим мхом, образует сплошной покров. Весной радуют глаз первоцветы и полярные маки. Все растения имеют характерные формы и свойства, позволяющие существовать в условиях сурового климата. Господствуют стланниковые и подушковидные растения, форма которых помогает использовать тепло почвенной поверхности и переносить сильный ветер. В связи с тем что лето очень короткое и вегетативный сезон ограничен, большинство растений являются многолетними и даже вечнозелёными, например упоминавшиеся брусника и клюква.

Животный мир представлен лишь немногими видами, которые приспособились к существованию в суровых зимних условиях, это лемминги, песец, северный олень, заяц-беляк, волк, а также белая сова, зуёк (рис. 119) и тундровая куропатка. Летом появляется огромное количество перелётных птиц — гусей, уток, куликов, лебедей и гагар (рис. 120). Обилие пищи в виде ягод, мошек и комаров создаёт им благоприятные условия для выведения птенцов.

Северный олень (рис. 121) хорошо приспособлен к условиям обитания. Его шерсть обладает интересной особенностью: каждый её волосок пустотелый и наполнен воздухом, что позволяет оленям переносить сильные морозы. Благодаря широким, особого строения копытам олени легко передвигаются по снегу, а также раскапывают его, чтобы добраться до ягеля. Летом, спасаясь от мошки и оводов, они выходят на побережье, где дуют открытые ветры. Зимой мигрируют в леса, так как снег здесь рыхлый и из-под него легко добывать лишайники.



Рис. 119. Малый зуёк у гнезда

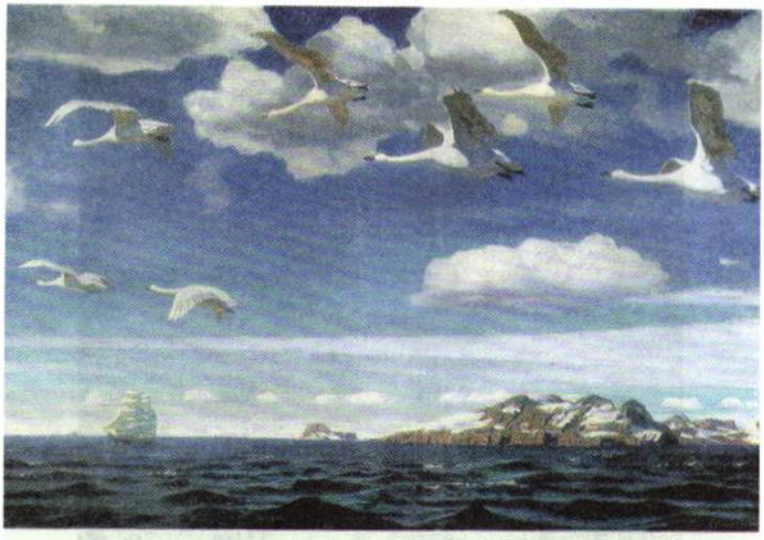


Рис. 120. А. А. Рылов. В голубом просторе. *1918 г.*

ЗОНА ЛЕСОТУНДР. Образует узкую полосу вдоль южной границы зоны тундр. В лесотундре значительно теплее, чем в тундре. Годовая сумма осадков достигает 400 мм, что намного превышает испарение, а потому лесотундра характеризуется сильной заболоченностью.

По долинам рек тянутся полосы леса из низкорослых кривых берёз, елей и лиственниц, на междуречьях — редколесье и тундровые кустарники. Здесь обитают животные как тундры, так и лесов: лоси, бурые медведи, белки, зайцы-беляки, волки, глухари и рябчики.

Волк — хищник, который чувствует себя прекрасно даже в нелёгких для выживания условиях лесотундры. Это сильный, умный и выносливый зверь. Длина его тела достигает 1,5 м, а высота — 1 м, весит



Рис. 121. Северный олень



Рис. 122. М. В. Васнецов. Иван-царевич на сером волке. *1889 г.*

он 30—50 кг, крупные самцы — до 80 кг. Бегают волки быстро, развивая скорость до 60 км/ч, и на дальние расстояния (за ночь способны преодолеть 80 км). Могут подолгу голодать — до двух-трёх недель. Живут семьями. Ради безопасности волчат они никогда не охотятся рядом с логовом, а уходят от него за много километров. Волки — хищники со сложным поведением, во время охоты у них существует своеобразное разделение труда: одни гонят добычу, а другие караулят её в засаде. Может быть, из-за своих необычных способностей и повадок волк стал неизменным персонажем русского фольклора. О нём сложено много легенд, преданий, сказок (рис. 122).

ЗОНА ТАЙГИ. Это самая большая по площади природная зона России. Тайга протянулась широкой полосой от западных границ страны до побережья Тихого океана. Для этой зоны характерна холодная зима с обилием снега и умеренно тёплое лето. Средняя температура июля составляет +18°С. Количество осадков (300—900 мм в год) несколько

превышает испарение. Почвы подзолистые, имеют маломощный гумусовый слой и кислую среду.

В тайге растут в основном хвойные леса: в европейской части — еловые, в Западной Сибири — еловые и пихтовые с примесью кедра, а на песчаных почвах — сосновые. К востоку от Енисея, где распространена вечная мерзлота, царствует лиственница. Большие площади занимают болота и луга.

Животный мир тайги богат и разнообразен. Здесь живут растительноядные — лось, белка, бурундук, заяц-беляк, а также хищники — бурый медведь, волк, рысь, росомаха, соболь, куница, лисица, горностай. Из птиц распространены кедровка, клёст, глухарь, рябчик.

В светлом инее берёзы.
Злы в Сибири холода!
Речка скрылась от мороза
Под тяжёлый панцирь льда.

Кедры в белых рукавицах
Молчаливо-высоки...
Жадно нюхает лисица
Деревенские дымки...

На сугробах птичий росчерк,
Ель припудрена снежком,
Дятел, греясь, как извозчик,
О крыло стучит крылом...

Завалил берлогу свежий
Снег. Мороз трещит окрест...
Спит в своей дохе медвежьей
Сам «хозяин» здешних мест...

Э. Асадов

Соболь (рис. 123) — типичный представитель этой зоны. Его с полным правом можно назвать жемчужиной сибирской тайги и национальной гордостью России. Имеет гибкое и вытянутое тело, длина которого достигает 50 см, вес животного 800—1500 г. Этот хищник отважен и ловок. Охотно лазает по деревьям, но предпочитает передвигаться по земле. Пробегает за сутки много километров, что позволяет ему удачно охотиться. Может, как кошка, караулить в засаде мышь, подкрадываться к сидящим в снегу тетеревам или упорно преследовать по рыхлому снегу кабаргу, пока она не выбьется из сил. Основная его пища — мелкие грызуны, но также он ловит в ручьях рыбу, а может поймать на дереве и белку. Охотно ест кедровые орехи, ягоды брусники и черники.



Рис. 123. Соболь

ЗОНА СМЕШАННЫХ И ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ. Расположена на юго-западе Восточно-Европейской равнины и в южной части Дальнего Востока. По сравнению с тайгой лето здесь более тёплое и продолжительное, а зима мягкая, с частыми оттепелями. Годовая сумма осадков достигает 600—700 мм. На Восточно-Европейской равнине в зоне ле-

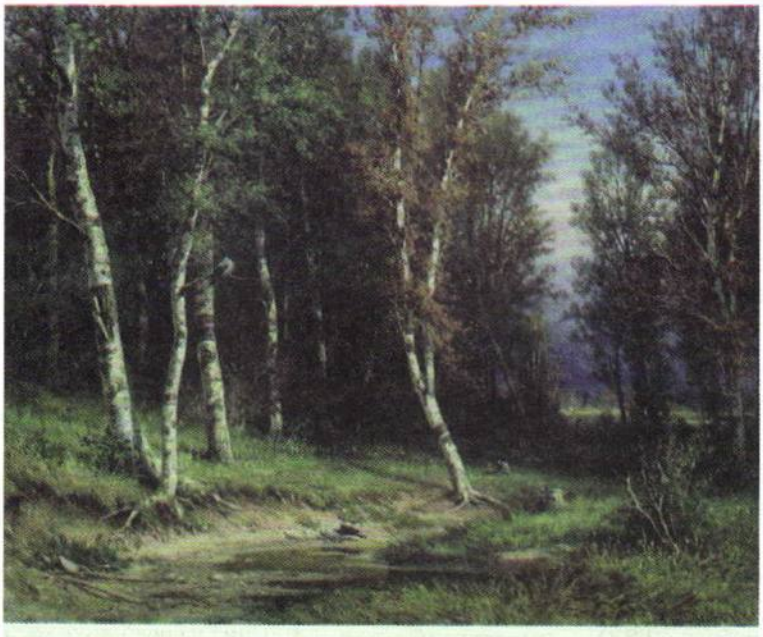


Рис. 124. И. И. Шишкин. Лес перед грозой. *1872 г.*

сов дерново-подзолистые почвы, на Дальнем Востоке — бурые, лесные.

На территории зоны произрастают смешанные хвойно-широколиственные леса (сосна, ель, а также липа, дуб, клён, берёза; рис. 124). В подлеске много жимолости, орешника, крушины, калины.

В южной части зоны распространены широколиственные леса, которые в основном состоят из дуба, вяза, клёна, граба, липы, бука. Здесь обитают косули, куницы, норки, бобры, а также типичные обитатели этих лесов — бурый медведь, лось, волк, заяц, олень, разнообразные птицы. Некоторые виды сохранились лишь в заповедниках, например зубр. Наиболее характерный представитель этих лесов — лось (рис. 125). Длина тела самцов достигает 3 м, высота в холке — 2,3 м, весят они 250—570 кг. Покрытые грубой шерстью, животные хорошо приспособлены к суровым морозным и снежным зимам. Кормятся травами, древесно-кустарниковыми растениями, лишайниками и грибами. За сутки лось съедает до 35 кг корма, а зимой всего 12—15 кг. Неприхотливость в пище позволяет ему выжить и хорошо себя чувствовать в наших лесах. Для лосей, особенно молодых, опасны волки и медведи, однако взрослые сильные животные могут за себя постоять: их копыта — грозное оружие.

Шуми, шуми, зелёный лес!
Знаком мне шум твой величавый,
И твой покой, и блеск небес
Над головой твоей кудрявой.

И. Никитин

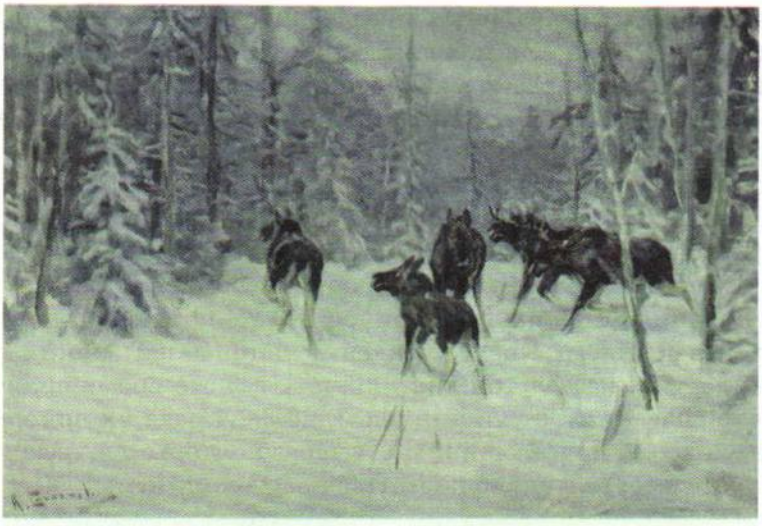


Рис. 125. А. С. Степанов. Лоси. *1889 г.*

На Дальнем Востоке произрастают широколиственные леса, в которых наряду с сибирскими видами есть характерные для соседних стран, Китая и Кореи, бархатное дерево, пробковый дуб, корейский кедр, лимонник и другие лианы. Из животных этих лесов можно назвать уссурийского тигра, пятнистого оленя, гималайского медведя и утку-мандаринку.

ЛЕСОСТЕПНАЯ ЗОНА. Протянулась широкой полосой от западных границ России до Алтая и Саян. Средняя температура июля составляет +20°С. На севере зоны количество осадков (560 мм в год) примерно равно испарению, на юге испарение выше, поэтому здесь обычны засухи. Климат неустойчив — влажные годы сменяются засушливыми и наоборот.

На протяжении всей зоны лесные массивы чередуются с разнотравными степями. Почвы в лесах серые, а в степях — чернозёмы. На Восточно-Европейской равнине преобладают дубравы с примесью клёна, ясеня и липы, на Западно-Сибирской равнине — берёза и осина, в Восточной Сибири — сосна и лиственница.

В лесах обитают обычные для них звери и птицы, в степях встречаются суслики, зайцы-русаки и реже — сурки, хомяки, ещё реже — дрофы. И в лесах, и в степях водятся волки и лисы.



Рис. 126. А. Дюрер. Молодой заяц. *1502 г.*

Один из самых характерных представителей лесостепной зоны — заяц-русак (рис. 126). Как и беляк, он летом буро-серого цвета. Однако, если к зиме беляк резко меняет окраску на белую, то русак лишь немного светлеет. Врагов у зайцев множество — лисицы, волки, филины, ястребы-тетеревятники и т. д. Поэтому зайцы, спасаясь от преследования, умеют искусно запутывать свои следы. Врождённая осторожность заставляет их петлять — бегать взад и вперёд, а также кругами, потом прыгать далеко в сторону, перед тем как залечь на отдых или ночёвку. Высокая плодовитость зайцев тоже объясняется необходимостью выживания. Так, зайчиха приносит 3—4 помёта в год, от 3 до 10 детёнышей в каждом. После рождения детёнышей зайчиха, покормив, покидает их на два-три дня. Зайчата всё это время сидят неподвижно, что спасает их от хищников. Ещё 3—4 раза их покормит собственная мать или другая зайчиха. А через полторы-две недели зайчата начинают самостоятельно кормиться растениями.

ЗОНА СТЕПЕЙ. Находится в Западной Сибири и занимает юг европейской части России.

В степной зоне (рис. 127) ярко выражены черты засушливого климата. Лето здесь жаркое (температура в июле выше +22°С), а зимы холодные и малоснежные. Годовая сумма осадков не превышает 350—400 мм в год, что почти в 3 раза меньше испарения. Почвы чернозёмные и каштановые, встречаются и засолённые.

Типичные для степи растения — дерновинные злаки с узкими листьями: ковыль, типчак, тонконог. Всегда присутствует разнотравье. На крайнем юге дерновинно-злаковые сменяются полынными.

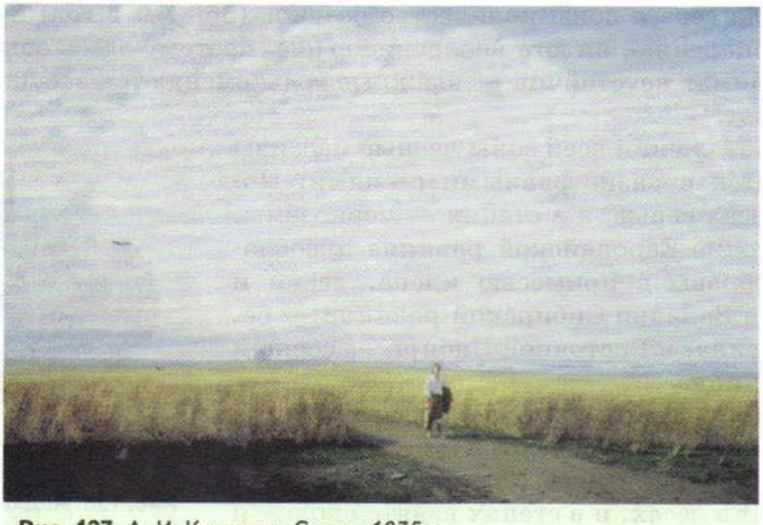


Рис. 127. А. И. Куинджи. Степь. *1875 г.*

Многие животные образуют большие колонии (суслики, сурки, хомяки, полёвки и другие грызуны) или стада (антилопы). Встречаются лисица и волк. Из птиц наиболее распространены жаворонки, степные куропатки, орлы, дрофы, пустельга.

Типичные обитатели степей — грызуны. Они предпочитают растительную пищу, а потому имеют хорошо развитые резцы, которые растут всю жизнь и благодаря разной толщине эмали способны самозатачиваться. Наиболее яркой чертой приспособленности грызунов к выживанию является интенсивное размножение. Уже в два-три месяца они приносят по 6—8 помётов в год, и в каждом от 8 до 15 детёнышей. Выживанию грызунов помогает и их способность впадать в спячку (зимнюю и летнюю), а также делать запасы. Один только серый хомяк запасает на зиму 800 г зерна.

Степь широко на просторе
Поперёк и вдоль лежит,
Словно огненное море,
Зноем пышет и палит.

Цепенеет воздух сжатый,
Не пахнёт на душный день
С неба ветерок крылатый,
Ни прохладной тучки тень.

Небеса, как купол медный,
Раскалились. Степь гола;
Кое-где пред хатой бедной
Сохнет бедная ветла.

П. Вяземский

ЗОНА ПОЛУПУСТЫНЬ. Расположена на Прикаспийской низменности. Климат здесь резко континентальный, сухой. Средняя температура июля достигает +25°С, а январская опускается до –15°С. Годовая сумма осадков не превышает 250 мм в год. В полупустынях распространена полынно-злаковая растительность, но покров клочковатый: между дернинами растений находятся участки голой почвы. Почвы здесь каштановые, богатые солью, поэтому встречаются солонцы и солончаки (рис. 128). Основные животные — грызуны: суслики, тушканчики (рис. 129). Типичные животные полупустынь — сайгак, джейран.

Остановимся на приспособленности к условиям полупустынь такого их обитателя, как тушканчик. Его облик, развитие внутренних и внешних органов прекрасно соответствуют условиям окружающей среды. Эти небольшие ночные обитатели полупустынь и пустынь скачут на за-

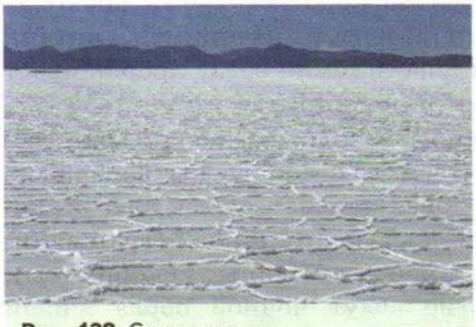


Рис. 128. Солончак



Рис. 129. Тушканчик



Рис. 130. Пустыня

дних лапках, подобно кенгуру, — так легче двигаться. Большие глаза, длинные усы и огромные уши помогают им прекрасно ориентироваться в темноте. Тушканчики никогда не пьют и довольствуются водой, поступающей вместе с пищей.

ЗОНА ПУСТЫНЬ. Занимает юг Прикаспийской низменности.

Лето здесь длинное и очень жаркое, а зима короткая и нехолодная. Средняя температура июля — около +30°С, но часто достигает и +50°С.

Годовая сумма осадков в зоне пустынь составляет 150—200 мм в год, а испаряемость в 10—12 раз превышает осадки.

На севере зоны пустынь (рис. 130) — песчаные почвы, которые часто засолены. Повсеместно распространены такыры — глинистые почвы, которые летом покрываются растрескавшейся коркой. Такыры практически лишены растительности, поэтому наиболее типичны здесь полыни и солянки. На песках живут растения с мощными корневищами и придаточными корнями, которые укрепляют их в сыпучем грунте и всасывают влагу из глубины почвы. Например, саксаул — корявое безлистное дерево, имеет корни длиной до 20 м, как и зелёное колючее лакомство верблюдов, которое так и называется — верблюжья колючка (рис. 131).

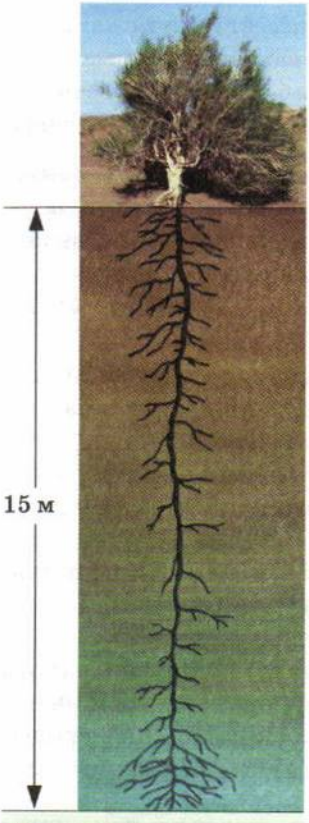


Рис. 131. Корневая система верблюжьей колючки

Для пустынь характерны эфемеры — растения, которые за короткое время проходят полный цикл развития. Например, мятлик луковичный вместо семян сразу прорастает в колосках готовые сеянцы.

Многие животные могут долго обходиться без пищи и воды (верблюды) или довольствоваться той влагой, которая поступает с пищей (тушканчики, змеи, ящерицы, скорпионы). Многие ведут ночной образ жизни или впадают в спячку.

В пустыне чахлой и скупой,
На почве, зноем раскаленной,
Анчар, как грозный часовой,
Стоит — один во всей вселенной.

А. Пушкин

Пустыня — царство пресмыкающихся: змей и ящериц (рис. 132). Они прекрасно приспособлены к местным условиям жизни. Их кожа покрыта роговыми чешуйками или щитками, которые предохраняют её от высыхания. Питаются змеи в основном грызунами, а ящерицы — насекомыми. Это активные и ловкие охотники: ящерицам помогают слух и зрение, а змеям — осязание и специальный орган, улавливающий исходящее от добычи тепло. Челюсти змей соединены подвижно, и они могут заглатывать жертву, натягивая ротовой аппарат, подобно тому, как мы натягиваем носок на ногу. Размножаются змеи, откладывая яйца в песок, чтобы их прогревало солнце. У яиц плотные мягкие и эластичные оболочки, предохраняющие от высыхания. Ящерицы обладают удивительной способностью: чтобы спасти свою жизнь в случае опасности, они отбрасывают часть хвоста. Через некоторое время хвост отрастает, правда, он короче предыдущего. Такая особенность ящериц называется аутотомией.



Рис. 132. Ящерица ушастая круглоголовка

В следующем параграфе вы узнаете о природе и свойствах света, его влиянии на живые организмы. →

Вы знаете

- каковы особенности климата России
- какие природные зоны существуют на территории нашей страны
- что представляют собой и где расположены зоны арктических пустынь, тундр, лесотундр, тайги, смешанных и широколиственных лесов, лесостепей, степей, полупустынь и пустынь

Вы можете

- дать определение климата и доказать, что он является важнейшей причиной зональности
- дать краткую характеристику каждой из природных зон России
- перечислить представителей флоры и фауны природных зон России

Выполните задания

1. Объясните, как растения и животные той или иной природной зоны приспособились к условиям жизни (на примере зоны арктических пустынь и зоны пустынь).

2. Расскажите о наиболее ярких представителях лесов Дальнего Востока.
3. Охарактеризуйте климат каждой природной зоны, назовите их средние температуры лета и зимы.
4. Перечислите, какие почвы в каждой из природных зон.

Темы для рефератов

1. Широтная и вертикальная зональность: сходство и различие. 2. Наиболее характерный представитель каждой из природных зон. 3. Тайга — лёгкие нашей планеты. 4. Образы животных наших природных зон в искусстве и фольклоре.

§ 25. Свет и приспособленность к нему живых организмов. Электромагнитная природа света

1. Вспомните, что вам известно о распространении, отражении и преломлении света.
2. Расскажите, какое влияние свет оказывает на живые организмы.
3. Объясните наличие огромных глаз у глубоководных рыб и слабое зрение или его отсутствие у кротов.

ИЗ ИСТОРИИ ОПТИКИ. Вопрос, что представляет собой свет и каковы его свойства, волновал учёных ещё в глубокой древности. Учение о свете развивалось таким образом, что ряд законов, которым подчиняются световые явления, был установлен раньше, чем стало понятно, какова же природа света. К таким законам относятся законы прямолинейного распространения, отражения, преломления, полного внутреннего отражения света, которые вы изучали в основной школе. Однако объяснение эти законы получили существенно позже.

В XVII в. итальянский учёный *Ф. Гримáльди* (1618—1663), проведя серию опытов, обнаружил, что свет отклоняется от прямолинейного распространения и при определённых условиях это отклонение можно наблюдать. Данное явление он назвал дифракцией и объяснил её на основе волновой теории, используя аналогию с распространением волн на поверхности воды.

В дальнейшем английский физик *Р. Гук* (1635—1703) объяснил наличие разных цветов сложением колебательных движений частиц среды. Решающий шаг в обосновании волновой теории света был сделан голландским учёным *Х. Гю́йгенсом* (1629—1695; рис. 133), который ввёл волновой принцип, позволивший объяснить явления отражения и преломления света и вывести соответствующие законы. Он полагал, что свет распространяется так же, как и звук, — в виде волны в упругой среде.



Рис. 133. Христиан Гюйгенс

Волновые представления о свете в XVIII—XIX вв. получили развитие в работах английского учёного *Т. Юнга* (1773—1829) и французского физика *О.-Ж. Френе́ля* (1788—1827), которые, разделяя идеи Гюйгенса о характере распространения света, полагали, что цвет зависит от частоты колебаний среды. Юнг ввёл понятие интерференции, объяснил его и сформулировал условия интерференции. А Френель объяснил явление дифракции и построил теорию этого явления.

Параллельно с **волновой теорией света** существовала **корпускулярная теория**, которой придерживался И. Ньютон. Он полагал, что светящиеся тела испускают поток маленьких частиц (корпускул), которые движутся с определённой скоростью. При переходе света из одной среды в другую скорость изменяется. В то же время Ньютон не отвергал полностью волновую теорию, пытаясь объяснить некоторые явления с её позиций.

В конце XIX в. выяснилось, что волновая теория света не может объяснить происхождение линейчатых спектров, характер излучения тел, экспериментально установленные законы фотоэффекта. Эта проблема была решена благодаря работам немецких физиков *М. Планка* (1858—1947) и А. Эйнштейна. По их мнению, свет представляет собой поток частиц — фотонов, обладающих энергией и импульсом. Планк и Эйнштейн объяснили и законы фотоэффекта, и происхождение линейчатых спектров, полагая, что в процессе взаимодействия света с веществом энергия и импульс порциями передаются веществу.

Важно, что в современной физике представление о свете как о потоке частиц не противоречит представлению о нём как о волне. В частности, явления интерференции и дифракции хорошо объясняются на основе волновой теории. Это свидетельствует о том, что свет обладает двойственностью свойств, называемой **корпускулярно-волновым дуализмом**.

Огромное значение в понимании природы света сыграли работы английского физика Дж. Максвелла, создавшего теорию электромагнит-

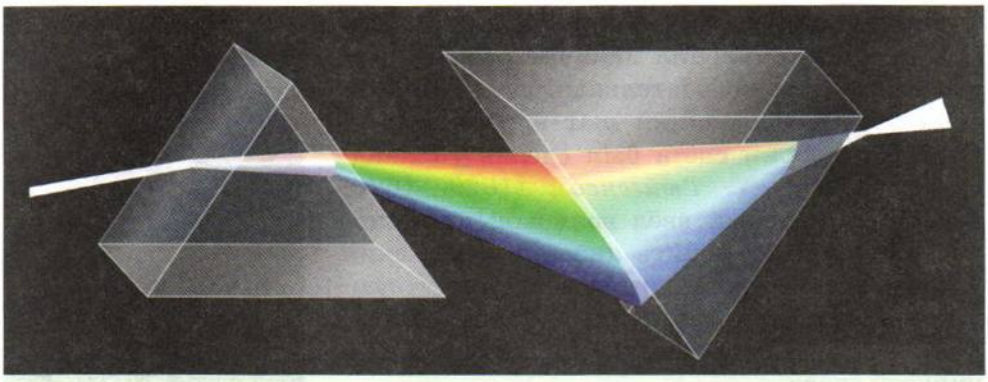


Рис. 134. Разложение и синтез белого света

ного поля и показавшего, что свет — электромагнитная волна и подобно всем электромагнитным волнам может распространяться в вакууме. Максвелл вычислил скорость распространения электромагнитных волн. В вакууме она равна 300 000 км/с.

ДИСПЕРСИЯ СВЕТОВЫХ ВОЛН. Если на трёхгранную призму направить пучок белого света, то на экране можно отчётливо увидеть спектр, состоящий, как вы знаете, из семи цветов (рис. 134). Это происходит потому, что белый свет сложный и состоит из простых цветов, которые по-разному преломляются призмой.

Вы знаете, что угол преломления света зависит от показателя преломления среды. Разложение белого света в спектр означает, что свет разного цвета имеет различный угол преломления, т. е. различный показатель преломления.

Возникает вопрос, чем различаются физические характеристики световых волн, «имеющих разный цвет». Оказалось, что у них разная частота. Так, частота волн красного цвета лежит в диапазоне $385 \cdot 10^9$—$484 \cdot 10^9$ Гц, а частота волн фиолетового цвета — $667 \cdot 10^9$—$789 \cdot 10^9$ Гц.

Следовательно, показатель преломления волн зависит от их частоты.

Дисперсия света — это зависимость показателя преломления среды от частоты света.

Дисперсией объясняется радуга (рис. 135). Иногда в солнечный день можно наблюдать дисперсию и при преломлении света в капле воды.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТОВЫХ ВОЛН. Для световых волн характерно явление интерференции.



Рис. 135. К. А. Сомов. Радуга. *1897 г.*

Интерференция — это сложение двух (или нескольких) волн, в результате которого наблюдается устойчивое во времени усиление или ослабление амплитуды результирующих колебаний в различных точках пространства.

Понять причину интерференции можно, если вообразить, что в каждой точке пространства происходит сложение колебаний. Если представить себе волны на поверхности воды, то они будут усиливаться в тех точках, в которые приходят их гребни, а ослабляться — если гребень одной волны встречается с впадиной другой волны. Отсюда следует, что интерференцию можно наблюдать тогда, когда колебания имеют одинаковую частоту. Такие колебания называют **когерентными**.

Интерференцию света вы можете наблюдать в тонком слое бензина, покрывающего лужу, а также в мыльных пузырях (рис. 136).



Рис. 136. Интерференция в мыльной плёнке

Лабораторный опыт

Внесите в пламя спиртовки комочек ваты, смоченный раствором поваренной соли. Затем жёлтое пламя спиртовки рассмотрите сквозь мыльную плёнку, которую вы получите, если опустите проволочное кольцо

в раствор мыла. Что наблюдаете? Зарисуйте интерференционную картинку, полученную на плёнке.

ДИФРАКЦИЯ СВЕТОВЫХ ВОЛН. Если на пути светового пучка поставить тонкую нить, свет уже не будет распространяться прямолинейно, он будет огибать эту нить, заходить за неё, на экране мы увидим дифракционную картину — чередование светлых и тёмных полос (рис. 137).



Рис. 137. Дифракционный спектр

Дифракционную картину можно наблюдать и при освещении очень узкой щели, границы которой будет огибать свет. Каждая точка границы щели (как и в случае нити) становится источником волн, имеющих одинаковую частоту. Эти волны называют вторичными. Вторичные волны, встречаясь в разных точках пространства и складываясь, либо взаимно усиливаются, либо ослабляются, поэтому и получается чередование тёмных и светлых (или окрашенных) областей. Описанное явление, как вам известно, называется **дифракцией**.

Таким образом, для световых волн, так же как и для волн любой другой природы, при определённых условиях наблюдаются явления интерференции и дифракции.

Лабораторный опыт

Установите штангенциркуль на 0,05 мм. Сквозь образовавшуюся щель рассмотрите нить горящей лампы. Что наблюдаете? Зарисуйте дифракционную картинку. Повторите опыт для ширины щели в 0,5 мм. Зарисуйте и эту дифракционную картинку.

Итак, свет — это электромагнитные колебания. Напомним, что в соответствии со шкалой Максвелла (рис. 138) электромагнитный спектр выглядит подобно клавишам рояля в следующем диапазоне:

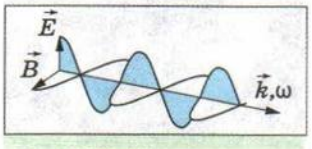


Рис. 138. Шкала электромагнитных волн Максвелла: $\vec{E}$ — вектор напряжённости электрического поля; $\vec{B}$ — вектор напряжённости магнитного поля; $\vec{k}$ — вектор направления волны; ω — частота колебаний

длинные радиоволны;
средние радиоволны;
короткие радиоволны;
ультракороткие радиоволны;
миллиметровые радиоволны;
миллиметровые волны;
инфракрасные волны;
волны видимого света;
ультрафиолетовые лучи-волны;
рентгеновские лучи;
гамма-лучи.

Каждая часть спектра в той или иной мере влияет на живые организмы, однако наибольшее значение имеют волны видимого света и его ближайшие соседи — инфракрасные волны и ультрафиолетовые лучи.

Инфракрасные волны — это основной источник тепловой энергии, и мы их охарактеризуем в разделе, посвящённом температуре.

Ультрафиолетовые лучи губительны для всего живого, однако жизнь на нашей планете существует, как вы уже знаете, благодаря озоновому щиту, который расположен в верхних слоях атмосферы. Поэтому живые организмы распространены до этого озонового щита-экрана. Тем не менее в малых дозах ультрафиолетовые лучи полезны животным и человеку, так как под их действием в коже вырабатывается витамин D.

Свет видимого спектра необходим как растениям, так и животным. Для растений — это основа фотосинтеза.

Реакция живых организмов на суточную смену освещённости (день и ночь) называется **фотопериодизмом**. Это важнейший фактор, запускающий биологические часы живых существ — **суточные** и **сезонные биоритмы**. Так, укорачивающийся день даже очень тёплой осенью — это точная информация о приближении зимы. У растений тормозится рост, начинается листопад, переход к состоянию покоя. Птицы готовятся к перелёту, а звери накапливают подкожный слой жира перед тем, как впасть в спячку, или собирают припасы на зиму — орехи, семена, грибы и т. д. Наоборот, удлиняющийся день сообщает всему живому о приближении весны.

Суточный фотопериодизм у растений влияет на процессы фотосинтеза, бутонизации, цветения. Некоторые растения раскрывают цветки



Рис. 139. И. И. Шишкин. Дубовая роща. *1887 г.*



Рис. 140. И. И. Шишкин. Сосновый бор. Мачтовый лес в Вятской губернии. *1872 г.*

ночью (например, ночная фиалка), готовя «стол и дом» для насекомых, активных в это время суток.

У животных своя реакция на суточный фотопериодизм. Так, большинство копытных животных, медведи, волки, жаворонки и орлы активны днём, а тигры, грызуны, ежи, совы и филины — ночью.

По отношению к степени освещённости различают светолюбивые и теневыносливые растения. К светолюбивым относятся степные и луговые травы, многие деревья (сосна, берёза, дуб; рис. 139—141); к теневыносливым — например, ель. Еловые леса всегда мрачные и тёмные по сравнению с сосновыми и широколиственными. К теневыносливым относятся и те растения, которые живут в нижнем ярусе леса, — ландыши (рис. 142), кислица, мхи, папоротники. Следовательно, способность к существованию в различном световом режиме определяет ярусность растительных сообществ (рис. 143).



Рис. 141. И. И. Шишкин. Берёзовая роща. *1896 г.*

Кроме этого, адаптация растений к максимальному использованию солнечной энергии для фотосинтеза проявляется в пространственной ориентации их листьев. Для деревьев и кустарников характерно такое взаимное расположение листьев, чтобы по возможности они не затеняли друг друга, — листовая мозаика. И не только. При вертикальном рас-



Рис. 142. Ландыш майский



Рис. 143. Ярусность леса

положении листьев у злаков и осок солнечный свет полнее поглощается в утренние и вечерние часы. При горизонтальной ориентации листьев теневыносливые растения полнее используют лучи солнца в дневное время. При расположении листьев в разных плоскостях, как у кукурузы, солнечный свет усваивается в процессе фотосинтеза на протяжении всего дня. Аналогично ведёт себя и подсолнечник (рис. 144), поворачивая в течение дня свою золотую головку — корзинку — вслед за движением солнца.

Видимая часть светового спектра очень важна для ориентации животных в пространстве с помощью зрения.

Впервые отдельные светочувствительные клетки появились у кишечнополостных животных. Вам, вероятно, хорошо знаком их представитель — гидра. У медуз (рис. 145) такие клетки находятся на щупальцах и по краю купола. У моллюсков, кроме таких светочувствительных рецепторов, глаз имеет простейший оптический аппарат, который преломляет поток световых лучей, делая изображение более чётким. У насекомых — мозаичное зрение, которое обеспечивают фасеточные глаза (рис. 146), состоящие из нескольких тысяч отдельных световоспринимающих ячеек. Своё название такое зрение получило потому, что глаза насекомых дают не целостное изображение, а мозаику из тысячи изображений, полученных каждым отдельным элементом (фасетом) сложного глаза. У позвоночных и особенно у человека развиты глаза камерного устройства. Такое



Рис. 144. В. Ван Гог. Ваза с двенадцатью подсолнухами. *1888 г.*



Рис. 145. Сцифомедуза

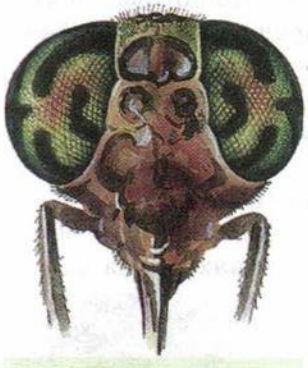


Рис. 146. Фасеточные глаза насекомого



Рис. 147. Аурелии — светящиеся медузы

устройство глаза позволяет более чётко и детально рассматривать объекты, фокусируя зрение. Воспринимает объект рецепторная часть глаза, которая называется сетчаткой. Сетчатка позвоночных имеет сложное строение. Один из её слоёв состоит из фоторецепторов — палочек и колбочек. Палочки обладают большей чувствительностью. Теоретически благодаря им человек ночью может увидеть горящую свечу на расстоянии до 200 км! Чёрно-белое зрение развито у животных, ведущих ночной образ жизни (сов, кошек). Колбочки обеспечивают цветовое зрение. Они хорошо функционируют при дневном свете и потому развиты у животных, ведущих дневной образ жизни (кур, копытных).

Многие животные обладают острым зрением. Так, грифы или орлы, поднимаясь на такую высоту, что их почти не заметно с земли, прекрасно видят небольшую добычу, например мышь или змею.

У глубоководных рыб — огромные глаза, занимающие половину головы, сильно расширяющийся зрачок и большой хрусталик, фиксирующий любые признаки не только света, но и тени.

Животные могут и сами вырабатывать свет, т. е. способны к биолюминесценции. Среди сухопутных животных мало светящихся, например жуки-светляки светятся в темноте и таким образом опознают себе подобных. Гораздо больше светящихся представителей находится в глубинах морей и океанов, куда не доходит солнечный свет (рис. 147). Особенно много светящихся рыб, у которых огоньки украшают тело, подобно ёлочной гирлянде. Эти «биологические фонарики» выполняют различную роль. Иногда они служат для привлечения жертвы, иногда помогают запугать врага. Кроме того, свет может стать средством привлечения себе подобных, особенно в период размножения. В этом плане очень интересны рыбы-удильщики. Они живут на глубине более 1000 м в тропических и умеренно тёплых водах Мирового океана.

У них тёмное, обычно голое тело, отсутствуют брюшные плавники. Самки достигают 60 см в длину, а самцы — крошечные, всего около 4 см, поэтому они паразитируют на самках, внедряясь в их кожу. У самок рыбы-удильщика «фонарик» находится на голове на конце своеобразной удочки. Рыба произвольно зажигает или гасит этот фонарик, расширяя или сжимая подходящие к нему кровеносные сосуды. Свет фонарика привлекает рыбёшек, рачков и даже небольших кальмаров, которых и заглатывает самка удильщика. Самец же все необходимые питательные вещества получает из крови самки, с кровеносной системой которой соединил свою собственную.

Чарлз Дарвин наблюдал свечение крохотных океанических организмов во время кругосветного путешествия на корабле «Бигль». Находясь под большим впечатлением от увиденного, он записал: «Однажды тёмной ночью, когда мы находились у восточного побережья Южной Америки, недалеко от Ла-Платы, море представляло удивительное и прекрасное зрелище. Дул свежий ветерок, и вся поверхность моря, которая днём была покрыта пеной, теперь светилась бледным светом. Перед носом корабля вздымались две волны как бы из жидкого фосфора, а за его кормой тянулся молочно-белый след. Кругом, насколько было видно, ярко сияли гребни волн, а на горизонте небосклон, отражая блеск этих синеватых огоньков, не был так тёмен, как небо над нами». Шесть маленьких существ одного из видов планктона, помещённые в банку, позволяют человеку с нормальным зрением читать газету!

Светящиеся животные имеются и среди обитателей пещер.

Далее поговорим о внутренней энергии, которой обладают все тела живой и неживой природы. →

Вы знаете

- как развивалось учение о свете в XVII—XX вв.
- что такое дисперсия световых волн
- что такое интерференция световых волн
- что такое дифракция световых волн

Вы можете

- объяснить, что представляет собой свет с точки зрения физики и что такое шкала Максвелла
- рассказать о том, как биосфера защищена от ультрафиолетовых лучей
- сформулировать, что такое фотопериодизм, суточные и сезонные биоритмы
- назвать группы, на которые делятся растения по отношению к степени освещённости, привести примеры таких растений

- дать характеристику ярусности растительных сообществ и листовой мозаике
- описать процесс эволюции органов зрения у животных и определить его значение в их жизни
- описать, какую роль в жизни морских обитателей играет биолюминесценция

Выполните задания

1. Приведите доказательства электромагнитной природы света.
2. Опишите опыты, которые позволяют наблюдать дисперсию света, интерференцию света и его дифракцию.
3. Объясните, как проявляется адаптация растений к максимальному использованию солнечного света для фотосинтеза.

Темы для рефератов

1. Проблемы озонового щита планеты и пути их решения. 2. Приспособленность животных к среде обитания с помощью зрения. 3. Биолюминесценция в мире рыб: светящиеся анчоусы, рыба-мичман, фонареглаз.

§ 26. Внутренняя энергия макроскопической системы. Тепловое равновесие

1. Объясните, в каком случае тело обладает потенциальной либо кинетической энергией.
2. Вспомните, что называется удельной теплоёмкостью вещества.
3. Назовите прибор, которым измеряют температуру тела.

ПОНЯТИЕ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ. Внутренняя энергия — важнейшее условие существования и характеристика всех тел живой и неживой природы. Для того чтобы определить её значение в организации жизни на нашей планете, вспомним основные физические понятия термодинамики.

Макроскопические тела состоят из движущихся и взаимодействующих частиц: молекул, атомов, ионов. В свою очередь, атомы и ядра атомов тоже состоят из движущихся и взаимодействующих частиц.

Как вам известно, движущиеся тела обладают кинетической энергией, следовательно, частицы (молекулы, атомы, ионы), из которых состоит вещество, тоже обладают кинетической энергией.

Взаимодействующие тела обладают энергией взаимодействия, или потенциальной энергией. Поскольку частицы вещества взаимодействуют между собой, то они обладают потенциальной энергией.

Следовательно, частицы, из которых состоят макроскопические тела, обладают кинетической и потенциальной энергией, их сумма и есть внутренняя энергия макроскопической системы.

Внутренней энергией (U) макроскопической системы называют сумму кинетической энергии ($E_к$) движения составляющих его частиц (молекул, атомов, ионов) и потенциальной энергии ($E_п$) их взаимодействия.

$$U = E_к + E_п.$$

Единицей измерения внутренней энергии является джоуль (1 Дж).

К внутренней энергии относят и энергию движения и взаимодействия частиц, входящих в состав атомов и ядер вещества, однако в молекулярной физике имеют дело с процессами, которые происходят при не слишком высоких температурах и не связаны с превращением вещества. В этих процессах внутриатомная и внутриядерная энергия не изменяется.

Внутренняя энергия, так же как температура, давление и объём (термодинамические параметры), характеризует состояние системы. При изменении состояния тела изменяется и значение внутренней энергии.

Как вам известно, кинетическая энергия тела прямо пропорциональна квадрату его скорости. Поскольку молекулы имеют разные скорости и, следовательно, разные кинетические энергии, то их совокупность характеризуется средней кинетической энергией, которая прямо пропорциональна среднему квадрату скорости движения молекул:

$$\overset{*}{E}_к = \frac{m_0 \overset{*}{\upsilon}^2}{2}.$$

Так как температура тела прямо пропорциональна средней кинетической энергии составляющих его частиц, то внутренняя энергия тела зависит от его температуры и об изменении внутренней энергии можно судить по изменению температуры тела.

Внутренняя энергия тела зависит и от его агрегатного состояния. Так, она больше у стоградусного пара, чем у воды такой же массы при

той же температуре. Это объясняется различием потенциальных энергий взаимодействия молекул пара и воды.

Внутренняя энергия зависит и от деформации тела: она больше у деформированного тела, чем у недеформированного.

Следует иметь в виду, что внутренняя энергия тела не зависит от его движения как целого и от его положения в пространстве. Так, значения внутренней энергии у шарика, лежащего на полу и поднятого на некоторую высоту, одинаковы при одинаковых прочих условиях.

СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ. Из курса физики основной школы вы знаете, что внутреннюю энергию макроскопической системы можно изменить в процессе совершения работы или путём теплопередачи.

Если взять монету и потереть её о поверхность стола, то через некоторое время можно ощутить, что монета нагрелась, следовательно, выросла её внутренняя энергия. На ощупь можно определить повышение температуры гвоздя, забиваемого молотком. В этом случае механическая энергия молотка превращается во внутреннюю энергию гвоздя и молотка.

Можно наблюдать уменьшение внутренней энергии системы, когда она сама совершает работу. Если на дно толстостенной банки налить немного воды и закрыть банку пробкой (рис. 148), а затем накачать в неё воздух, то при некотором давлении пробка из банки вылетит. В банке при этом образуется туман, который хорошо виден. Пробка вылетит под действием избыточного давления воздуха в банке. При этом воздух совершил механическую работу за счёт своей внутренней энергии. Об уменьшении внутренней энергии свидетельствуют понижение температуры воздуха в банке и, как следствие этого, образование тумана.



Рис. 148. Опыт, демонстрирующий уменьшение внутренней энергии системы

Внутреннюю энергию можно изменить, не совершая работу. Например, внутренняя энергия воздуха в комнате и всех предметов, находящихся в ней, будет увеличиваться, если при закрытых окнах и дверях включить батареи центрального отопления или затопить печь. Если опустить в горячую воду ложку, то температура ложки повысится, а воды понизится. В этом случае изменение внутренней энергии макроскопических тел происходит без совершения работы в процессе теплопередачи (теплообмена).

Теплопередачей называется способ изменения внутренней энергии тела, при котором происходит передача энергии от одной части тела к другой или от одного тела к другому без совершения работы.

При теплопередаче не происходит превращения энергии из одной формы в другую, как при совершении работы. Этот процесс характеризуется передачей внутренней энергии от более нагретого тела к менее нагретому. Как вам известно, существует три вида теплопередачи: теплопроводность, конвекция и излучение.

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ ВЕЩЕСТВА. Мерой изменения внутренней энергии в процессе теплопередачи является количество теплоты. Количество теплоты обозначается буквой Q, единица количества теплоты — джоуль.

Количество теплоты Q, полученное или отданное телом массой m в процессе теплопередачи, рассчитывается по формуле: $Q = cm(T_2 - T_1)$, где c — удельная теплоёмкость вещества, T_1 — начальная температура тела, T_2 — конечная температура тела.

Как следует из приведённой формулы, если тело в процессе теплопередачи получает энергию, то $T_2 > T_1$ и $Q_2 > 0$; если тело отдаёт энергию, то $T_2 < T_1$ и $Q < 0$.

ТЕПЛОВОЕ РАВНОВЕСИЕ. Ядро термодинамики составляют три закона (или, как их иначе называют, начала). Некоторое представление об этих законах у вас уже есть. В дальнейшем мы изучим их более детально.

Ежедневно вы имеете дело с телами, находящимися в различных состояниях, которые характеризуются определёнными параметрами. Например, макроскопические системы — кусок льда, принесённый в комнату зимой, и воздух в комнате — имеют разную температуру. Через некоторое время в результате теплообмена температура льда повысится, а воздуха несколько понизится, лёд растает, образовавшаяся вода нагреется и её температура станет равной температуре воздуха в комнате.

Говорят, что между водой и воздухом в комнате установилось тепловое или термодинамическое равновесие, а эти макроскопические системы в данном случае представляют собой термодинамическую систему.

» **Напомним,** что удельной теплоёмкостью вещества называется количество теплоты, которое нужно сообщить 1 кг вещества, чтобы повысить его температуру на 1 К (1°С). Такое же количество теплоты отдаст 1 кг вещества при понижении его температуры на 1 К (1°С). Единица удельной теплоёмкости — 1 Дж/кг · К.

Термодинамическая система — это совокупность макроскопических систем, которые могут обмениваться энергией между собой и с внешними телами.

Если в дальнейшем никаких внешних воздействий на рассматриваемую нами термодинамическую систему оказано не будет, т. е. не будут включены нагревательные приборы, не откроют окно и дверь и т. п., то состояние теплового равновесия этой системы «вода — воздух» не нарушится. Термодинамическую систему, не участвующую в теплообмене с окружающими телами, называют теплоизолированной.

Теплоизолированная термодинамическая система с течением времени всегда приходит в равновесное состояние и самопроизвольно выйти из него не может.

Это утверждение составляет сущность закона термодинамического равновесия.

Состояние системы, как вы уже знаете, может быть равновесным и неравновесным. Равновесное состояние характеризуется неизменностью во времени всех термодинамических параметров состояния теплоизолированной системы.

Например, если налить в стакан горячую воду и оставить её в комнате, то через некоторое время стакан и вода в нём придут в состояние термодинамического равновесия с воздухом и предметами, находящимися в комнате. При этом температура, давление и объём останутся неизменными сколь угодно долго при отсутствии внешних воздействий.

Если система находится в неравновесном состоянии, то, предоставленная самой себе, с течением времени она придёт в равновесное состояние.

ТЕМПЕРАТУРА. Термодинамика изучает процессы, происходящие с макроскопическими системами, и их свойства, связанные с превращением энергии. Состояние макроскопической системы описывается такими параметрами, как объём, давление, температура.

Среди параметров, характеризующих состояние термодинамической системы, температура является особым параметром. Температура — параметр, характеризующий состояние термодинамического равновесия, её значение во всех частях равновесной системы одинаково.

Это свойство отличает температуру от других параметров состояния, например объёма или давления. Их значения в состоянии теплового равновесия со временем также не изменяются, но не являются

одинаковыми во всех частях равновесной системы. К примеру, если из холодного помещения внести в тёплую комнату пустую стеклянную бутылку, плотно закрытую пробкой, то через некоторое время температура бутылки, воздуха в ней и в комнате выравняется и останется одинаковой и неизменной при отсутствии внешних воздействий. Однако давление воздуха в бутылке будет больше, чем давление воздуха в комнате. Оно будет оставаться таким сколь угодно долго при отсутствии внешних воздействий. Таким образом, если температура одинакова для всех тел термодинамической системы, находящейся в равновесном состоянии, то значения других параметров — давления и объёма — могут быть разными для тел, входящих в систему.

Закон термодинамического равновесия и приведённое понятие температуры составляют содержание нулевого закона термодинамики.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ. Сложность измерения температуры заключается в том, что её нельзя сравнить с эталоном, как, например, массу или длину. Поэтому используют зависимость от температуры физических свойств тел: объёма, давления, электрического сопротивления и т. п. Первой для измерения температуры была использована зависимость объёма жидкости от температуры.

В быту используется шкала Цельсия, в которой за 0° принимают точку замерзания воды, а за 100° точку кипения воды при атмосфер-

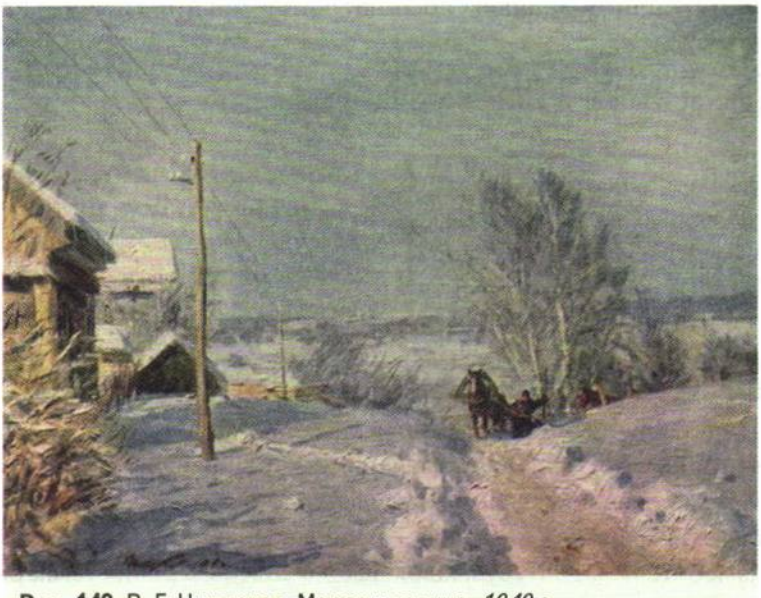
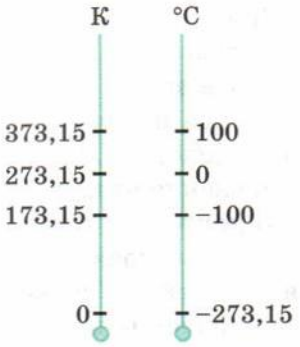


Рис. 149. В. Г. Цыплаков. Мороз и солнце. *1949 г.*



ном давлении. Градусником (термометром) со шкалой Цельсия измеряют температуру больных.

Шкала Цельсия очень удобна, поскольку вода широко распространена на нашей планете и от неё зависит наша жизнь. Нуль градусов по шкале Цельсия — особая точка для метеорологии, поскольку замерзание атмосферной воды существенно всё меняет (рис. 149).

В термодинамике используется шкала Кельвина, в которой температура отсчитывается от абсолютного нуля (состояние, соответствующее минимальной теоретически возможной внутренней энергии тела), а один кельвин (1 К) равен 1/273,16 расстояния от абсолютного нуля до тройной точки воды (состояния, при котором лёд, вода и водяной пар находятся в равновесии).

Сравнить шкалы Цельсия и термодинамическую можно по приведённой выше схеме. На ней видно, что абсолютному нулю соответствуют −273,15°С, температуре таяния льда 273,15 К, а температуре кипения воды 373,15 К.

Соотношение между значениями температуры по шкале Цельсия и по термодинамической шкале выражается формулами:

$$T = t + 273{,}15;\ t = 273{,}15 - T.$$

Часто величиной 0,15 пренебрегают, так как она мала по сравнению с 273, и при решении задач за абсолютный нуль принимают −273°С.

Абсолютный нуль — это такая температура, при которой прекращается тепловое движение частиц, составляющих тело.

В следующем параграфе будет дан ответ на вопрос, какое влияние оказывает температура на растения и животных. →

Состояния с температурой, равной абсолютному нулю, достичь нельзя, поскольку тепловое движение молекул невозможно прекратить.

Вы знаете

- что представляет собой внутренняя энергия
- какие существуют способы изменения внутренней энергии
- что такое количество теплоты и удельная теплоёмкость вещества
- что такое температура и тепловое равновесие
- как измерить температуру и какие шкалы для измерения температуры существуют

Вы можете

- объяснить, какие существуют способы изменения внутренней энергии, и привести примеры
- дать определение теплопередачи
- назвать три вида теплопередачи
- охарактеризовать состояние теплового равновесия

Выполните задания

1. Сформулируйте, что такое внутренняя энергия.
2. Объясните, от чего зависит и от чего не зависит внутренняя энергия макроскопической системы.
3. Дайте определение термодинамической системы, абсолютного нуля.

Темы для рефератов

1. Использование и учёт различных видов теплопередачи в быту и на производстве. 2. Температура как физическая величина и способы её измерения. 3. Тепловое равновесие в природе и технике. 4. Абсолютный нуль: загадки и открытия.

§ 27. Температура и приспособленность к ней живых организмов

1. Объясните, какое влияние оказывает изменение температуры воздуха на живые организмы.
2. Расскажите, каким образом животные и растения реагируют на повышение или понижение температуры окружающей среды.

ПОНЯТИЕ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ. Одним из важнейших абиотических факторов внешней среды, который оказывает заметное влияние на интенсивность фотосинтеза, обмена веществ, движения, размножения и др., является температура. Она определяет такое свойство растений и животных, которое называется терморегуляцией.

Терморегуляция — это совокупность физиологических процессов, которые обеспечивают оптимальную для организма температуру тела в условиях меняющейся температуры окружающей среды.



Рис. 150. Кошка, свернувшаяся клубочком

Способность к терморегуляции определяет расселение и выживание животных в различных климатических условиях. Простым и экономичным способом терморегуляции является регулирование теплоотдачи с поверхности тела изменением позы животного. Так, если зверю холодно, он сворачивается клубком, спрятав нос в мех и поджав лапы, сберегая тем самым тепло (рис. 150). Если же, наоборот, животному жарко, оно лежит вытянувшись, а собаки ещё и высовывают язык, охлаждаясь за счёт испарения жидкости с него. В улье специальные рабочие пчёлы поддерживают нужную температуру и влажность воздуха, усиленно работая крылышками. А у многолетнего травянистого растения под названием ясенец, с длинными, почти в метр, стеблями и красивыми розовыми цветами, в жаркий, знойный день листья выделяют эфирное облачко, чтобы замедлить испарение влаги. Иногда такой способ защиты растения может являться причиной возникновения лесных пожаров, так как эфирные масла легко воспламеняются.

ЖИВОТНЫЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ. По температурному режиму животные подразделяются на следующие группы: гомойотермные, пойкилотермные, гетеротермные.

Гомойотермные животные (от *греч.* homoios — сходный и thérme — тепло) — теплокровные организмы, температура которых более или менее постоянна и не зависит от температуры окружающей среды. К ним относятся млекопитающие и птицы. Постоянство температуры у этих животных связано с высоким уровнем обмена веществ. Кроме того, у них в организме существует термоизоляционный барьер: оперение у птиц, шерсть у животных, а также жировой слой. Температура тела у млекопитающих составляет +36—38°С, а у птиц +40—43°С. И сохраняется на постоянном уровне вне зависимости от температуры воздуха. Например, температура тела песца +38°С, а белой куропатки +43°С даже при сорокаградусном морозе, столь характерном для зоны арктических пустынь и тундры, где встречаются эти животные. И только у примитивных групп млекопитающих, например яйцекладущих (утконос, ехидна; рис. 151), терморе-



Рис. 151. Млекопитающие с непостоянной температурой тела:
а — утконос;
б — ехидна

гуляция несовершенна и температура их тела относительно непостоянна.

Пойкилотермные животные (от *греч.* poikilos — различный и thérme — тепло) — холоднокровные организмы с непостоянной температурой тела, зависящей от температуры окружающей среды. К ним относятся все беспозвоночные, а также три класса позвоночных: рыбы, амфибии (земноводные; рис. 152) и рептилии (пресмыкающиеся). Они имеют температуру тела всего на 1—2°С выше температуры окружающей среды, а часто и равную ей. Повышение температуры окружающей среды вызывает у них резкое ускорение всех физиологических процессов, изменение активности поведения. Так, у гусеницы бабочки-капустницы период до стадии куколки сокращается в 10 раз при повышении температуры всего на 15°С. Ящерицы предпочитают температуру тела +37°С. При повышении или понижении температуры среды за пределы оптимальных значений пойкилотермные животные впадают в оцепенение или гибнут. Например, у змей и ящериц при температуре воздуха выше +45°С наступает оцепенение, а у амфибий при температуре воды ниже +4°С — такое состояние покоя, при котором жизненные процессы крайне замедленны.

У некоторых змей, например у гремучей змеи (рис. 153) или питона, есть термолокаторы — небольшие ямки на голове с рецепторами под кожей, которые улавливают тепловое излучение потенциальных жертв даже тогда, когда их температура изменяется всего на 0,1°С. Особенно точно эти рецепторы действуют, когда прохладно, поэтому змеи являются ночными хищниками.

Интенсивные мышечные нагрузки пойкилотермных организмов приводят к значительному повышению температуры тела. Так, у шмелей, саранчи и бабочек (рис. 154) температура тела повышается до +35—40°С во время полёта и быстро снижается до температуры воздуха после прекращения полёта.

Гетеротермные животные (от *греч.* héteros — иной и thérme — тепло) — организмы, которые имеют постоянную температуру тела в активном состоянии и непостоянную в период отдыха или оцепенения и спячки. К таким животным относятся медведи, барсуки, сурки, сус-



Рис. 152. Квакша обыкновенная



Рис. 153. Гремучая змея



Рис. 154. Бабочка



а



б

Рис. 155. Летучая мышь (*а*) и ёж (*б*)

лики, ежи и летучие мыши (рис. 155). Этот способ терморегуляции является специальной формой адаптации, который обеспечивает оптимальный уровень обмена веществ.

ТЕМПЕРАТУРА В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ. Растения тоже зависят от температурного режима. Выяснено, что процесс фотосинтеза наиболее интенсивно протекает в диапазоне +15—25°С. При высоких температурах происходит сильное обезвоживание растений и наблюдается их угнетение, так как процессы дыхания и испарения воды начинают преобладать над фотосинтезом. При более низких температурах (менее +10 °С) фотосинтез резко замедляется. При температуре ниже 0°С могут случиться даже повреждения клеточных структур в результате замерзания содержащейся в них воды. Поэтому растения выработали специальные механизмы, позволяющие предотвратить этот процесс. Клетки их тканей зимой содержат концентрированные растворы саха-

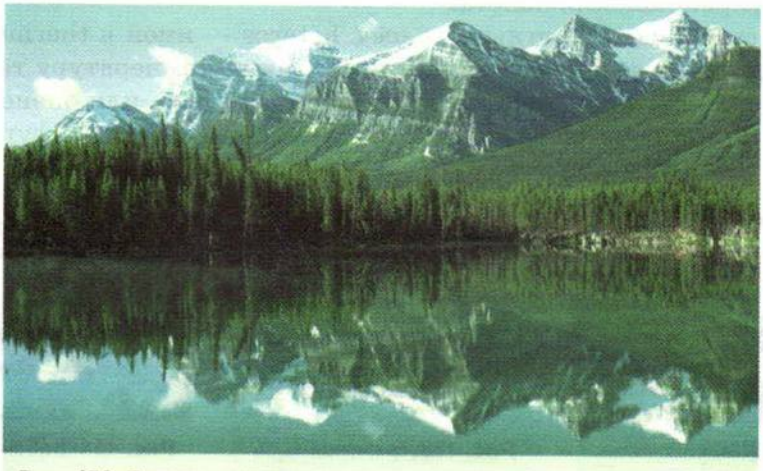


Рис. 156. Панорама гор

ра, глицерина и других веществ, играющих роль антифризов, т. е. средств, значительно понижающих температуру замерзания воды.

Изменение температуры воздуха, увеличение количества ультрафиолетовой радиации и снижение испарения являются причинами высотной поясности в горах (рис. 156). Она ярко выражается в смене климата почв и типов растительности по высоте и во многих случаях сходна с широтной зональностью. Вот что представляет собой смена высотной поясности гор Большого Кавказа (высота дана над уровнем моря):

2400—3300 м — пояс низкотравных лугов (альпийские луга);
2000—2400 м — пояс высокотравных лугов;
1500—2000 м — пояс хвойных лесов;
800—1500 м — пояс широколиственных лесов;
200—800 м — пояс лесостепи;
100—200 м — пояс степи.

ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ И КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУР. По отношению к тому, в каких пределах организмы способны переносить колебания температур, они делятся на две группы.

Стенотермные организмы (от *греч.* stenos — узкий и thérme — тепло) — растения и животные, приспособленные к жизни в узком интервале температур и не выносящие резких колебаний температуры. Наиболее типичными их представителями являются обитатели экваториального пояса, арктических и антарктических широт и глубинных слоёв морей и океанов. Например, это водоросли полярных льдов и высокогорных участков, живущие только при температуре около 0°С. Среди животных представителем этой группы можно назвать ледяную рыбу, которая обитает в холодных водах Антарктики, где колебания температур составляют всего 2—3°С. У этой рыбы имеется ещё одна удивительная особенность — кровь у неё прозрачная или белая из-за отсутствия эритроцитов. Такая особенность позволяет понижать вязкость крови, а это обеспечивает необходимое кровообращение в ледяных водах (отсюда и название рыбы).

Эвритермные организмы (от *греч.* eurys — широкий и thérme — тепло) — растения и животные, приспособленные к жизни в широком интервале температур. Из животных к ним относится большинство представителей птиц и млекопитающих, а из растений — обитатели высоких и умеренных широт, где чётко прослеживаются сезонные колебания температур. Приспособленность организмов к существованию в широком температурном режиме основана на выработке антифризов в цитоплазме клеток (о чём говорилось выше) или на активных физиологических и поведенческих механизмах терморегуляции. Как активность поведения, так и увеличение концентрации растворимых веществ — антифризов в клетках, наблюдается у муравьёв и других на-

секомых, обитающих на стволах деревьев. Снижение уровня влаги в тканях также способствует выживанию как при низких, так и при высоких температурах: обезвоживаются семена высших растений, споры низших и цисты у простейших. Общественные насекомые строят муравейники, ульи, термитники, в которых легче поддерживать комфортную для жизни температуру.

Настоящие вокзалы —
Муравейники в лесу:
В коридоры, двери, залы
Муравьи багаж несут!

Самый сильный, самый стойкий,
Муравей пришёл уже
К замечательной постройке
В сорок восемь этажей.

О. Мандельштам

Особую группу составляют организмы, приспособленные к обитанию в условиях высоких температур — тропиков, субтропиков, горячих источников, жарких пустынь (Сахара, Калахари, пустыни Австралии). Их называют термофильными (любящими тепло). К **термофилам** относят бактерии, синезелёные водоросли, растения и животные тропиков и субтропиков. Интересно поведение муравьёв, живущих в пустыне Сахара. Эти муравьи питаются падалью и предпочитают температуру выше +48°С. В такую жару они покидают свои норы и быстро растаскивают останки погибших насекомых. Это позволяет муравьям избежать встречи с ящерицами, которые в это время прячутся от солнца, а потому не смогут пообедать своим любимым лакомством.

Далее мы поговорим о физических и химических свойствах воды.

Вы знаете

- что такое терморегуляция
- какова роль температуры в жизни растений и животных
- как живые организмы приспосабливаются к колебаниям температур

Вы можете

- привести примеры разных способов терморегуляции у растений и животных
- перечислить группы, на которые делятся животные по температурному режиму
- объяснить, что представляют собой стенотермные и эвритермные животные и растения
- дать характеристику особой группе организмов — термофилам

Выполните задания

1. Назовите представителей гомойотермных животных. Опишите механизмы, которые они выработали для жизни в неблагоприятных температурных условиях.
2. Назовите представителей пойкилотермных животных. Опишите механизмы, которые они выработали для жизни в неблагоприятных температурных условиях.
3. Назовите представителей гетеротермных животных. Опишите механизмы, которые они выработали для жизни в неблагоприятных температурных условиях.
4. Опишите смену природных зон при высотной поясности на примере гор Большого Кавказа. Покажите, как А. С. Пушкин отразил эту особенность в стихотворении «Кавказ». Приведите другие литературные произведения, иллюстрирующие высотную поясность в горах.

Темы для рефератов

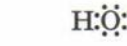
1. Роль температуры в жизни растений. 2. Роль температуры в жизни животных. 3. Спячка сезонная — один из способов терморегуляции у животных. 4. Ледниковая эпоха в истории Земли и её последствия для животного и растительного мира.

§ 28. Вода. Физические и химические свойства воды

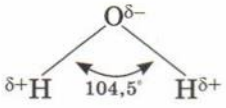
1. Охарактеризуйте значение воды в живой и неживой природе.
2. Перечислите известные вам агрегатные состояния воды.
3. Расскажите, какие бывают атмосферные осадки.
4. Назовите самое влажное место в России и в мире.

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ. Знакомство с физическими, химическими свойствами воды, с её аномальным поведением следует начать с изучения её «скелета». Молекула воды имеет угловое строение: входящие в её состав ядра образуют равнобедренный треугольник, в основании которого находятся два атома водорода, а в вершине — атом кислорода. Межъядерное расстояние О—Н близко к 0,1 нм, расстоя-

ние между ядрами атомов водорода равно 0,15 нм, угол между связями H—O—H равен 104,5°. Из октетной оболочки атома кислорода в молекуле воды четыре электрона задействованы в образовании ковалентных связей O—H, остальные составляют неподелённые электронные пары:



Связи O—H являются полярными за счёт более высокой электроотрицательности кислорода, на котором локализован частичный отрицательный заряд. На атомах водорода, напротив, создаётся дефицит электронной плотности:



В целом молекула H_2O является полярной молекулой, т. е. **диполем.**

Относительная молекулярная масса воды равна 18 и отвечает её простейшей формуле. Однако молекулярная масса жидкой воды, определяемая в обычных условиях, оказывается более высокой. Это свидетельствует о том, что в жидкой воде происходит ассоциация молекул, т. е. соединение их в более сложные агрегаты за счёт межмолекулярной водородной связи.

В физике и химии существуют различные точки зрения на водородную связь. В физике ионную, ковалентную и металлическую химические связи рассматривают как отдельные типы связей, тогда как о водородной связи как об отдельном типе связи и речи не идёт. Она рассматривается как частный случай межмолекулярного взаимодействия. Её энергия сравнительно невелика и составляет 4—40 кДж/моль, т. е. эта связь вписывается в энергетическую характеристику межмолекулярных сил.

В химии водородная связь — это не просто отдельный тип связи, а важнейший фактор в организации живой материи на планете. С химиками солидарны и биологи.

Межмолекулярная водородная связь — это взаимодействие между атомами водорода одной молекулы и атомами фтора, кислорода и азота дру-

Смотри, как облаком живым
Фонтан сияющий клубится;
Как пламенеет, как дробится
Его на солнце влажный дым.

Лучом поднявшись к небу, он
Коснулся высоты заветной —
И снова пылью огнецветной
Ниспасть на землю осуждён.

О смертной мысли водомёт,
О водомёт неистощимый!
Какой закон непостижимый
Тебя стремит, тебя мятёт?

Как жадно к небу рвёшься ты!..
Но длань незримо-роковая
Твой луч упорный, преломляя,
Свергает в брызгах с высоты.

Ф. Тютчев

гой молекулы. Обязательным партнёром в образовании этой связи служит водород, что легко объяснить особенностями строения атомов данного химического элемента (наличие на внешнем, и единственном, уровне единственного электрона, который легко отрывается, превращая атом в протон). Партнёры водорода по этому типу связи — фтор, кислород и азот — также имеют особенности строения атомов (большое значение электроотрицательности и наличие неподелённых электронных пар), которые её и обеспечивают.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ. При обычных условиях вода — жидкое прозрачное вещество без цвета, вкуса и запаха. Плотность жидкой воды имеет максимальное значение 1 г/см^3 при 4°С. При 0°С вода переходит из жидкого состояния в твёрдое — лёд. При 100°С кипит и переходит в газообразное состояние — водяной пар. Аналоги воды по строению и химическому составу — H_2S, H_2Se, H_2Te — при комнатной температуре находятся в газообразном состоянии. Если бы свойства воды подчинялись общей закономерности, то она закипала бы при температуре –70°С, а лёд образовывался бы при –90°С, что вряд ли способствовало жизни на планете в её настоящем виде. Наличие водородной связи у низкомолекулярного вещества воды и объясняет аномально высокие значения её температур плавления и кипения.

Чистое вещество вода обладает и другими особенностями, которые делают это соединение поистине уникальным.

Вода **способна расширяться при замерзании и иметь при +4°С максимальную плотность.** Поэтому при температуре меньше +4°С лёд занимает верхнюю часть водоёма, укрывая, как шубой, его нижние слои и защищая водоём от промерзания. Это спасает нашу планету от обледенения. Не обладай вода таким загадочным свойством, все водоёмы и даже Мировой океан за определённый геологический период промёрзли бы до дна. Жизнь на Земле не только не получила бы своего эволюционного развития, она просто бы не возникла.

Вода **обладает высокими значениями удельной теплоты плавления и удельной теплоты парообразования,** которым академик В. И. Вернадский придавал планетарное значение, так как они определяют многие физико-химические и биологические процессы на Земле (рис. 157).

Высокая удельная теплота плавления льда, равная $332 \cdot 10^3$ Дж/кг, оберегает нашу планету от всемирных потопов. Таяние льда (рис. 158) и снега связано с огромными энергетическими затратами, поэтому процесс происходит постепенно, в большинстве случаев не причиняя вреда природе.

На испарение 1 кг воды при нормальном атмосферном давлении и температуре кипения расходуется $2257 \cdot 10^3$ Дж теплоты, т. е. приблизительно в 7 раз больше, чем на плавление 1 кг льда. В этом причина



Рис. 157. Облака — это миллиарды мельчайших капелек воды



Рис. 158. Таяние льда

сохранения воды в жидком состоянии на нашей планете. Даже в самые жаркие дни вода испаряется крайне медленно. Поэтому и сезоны года меняются не резко, а плавно: лето — осень — зима — весна.

Вода **имеет высокую удельную теплоёмкость.** Эта величина показывает, какое количество теплоты надо затратить для нагревания 1 кг воды на 1 К (рис. 159). Оказывается, оно равно $4{,}1868 \cdot 10^3$ Дж.

Из-за высокой удельной теплоёмкости воды на континентах не бывает резкого перепада температур зимой и летом, ночью и днём, поскольку они окружены гигантским регулятором, своеобразным термостатом — водами Мирового океана.

При нагревании всех веществ удельная теплоёмкость их, как правило, возрастает, но вода — исключение. Изменение удельной теплоёмкости воды с повышением температуры аномально: от 0 до 30°С она понижается и только от 50 до 100°С повышается. Значит, удельная теплоёмкость воды достигает минимального значения при 36—37°С, т. е. вблизи нормальной температуры тела человека и млекопитающих, благоприятной для биохимических реакций в их организме.



Рис. 159. Температурные шкалы Кельвина и Цельсия

Ещё одна особенность воды — **высокое поверхностное натяжение.**

На каждую молекулу внутри жидкости действуют силы притяжения соседних молекул, окружающих её со всех сторон. На молекулы поверхностного слоя действуют как молекулы жидкости, так и молекулы газов воздуха. Взаимное притяжение молекул жидкости больше, чем молекул жидкости и газа, поэтому равнодействующая сил притяжения направлена внутрь жидкости и молекулы поверх-

ностного слоя стремятся в неё втянуться. Под действием этой силы число молекул на поверхности уменьшается, её площадь сокращается. Но все молекулы, разумеется, не могут уйти внутрь. На поверхности остаётся такое их число, при котором она оказывается минимальной. Для перенесения молекул из глубины объёма жидкости в её поверхностный слой необходимо совершить работу по преодолению равнодействующей сил притяжения, действующих на молекулу в поверхностном слое.



Рис. 160. Капли росы стремятся принять форму шара

Поверхностным натяжением называется величина, равная работе, затраченной на увеличение поверхности жидкости на одну единицу.

Поверхностное натяжение собирает воду в капли (рис. 160) и позволяет водомерке (рис. 161) скользить по воде.

Ещё одна характеристика воды — вязкость. Обычно с повышением давления вязкость вещества увеличивается, а с ростом температуры уменьшается. Вода и здесь выделяется. **Её вязкость с ростом давления при температуре ниже –30°С значительно уменьшается.** Поэтому активность организмов, живущих в низкотемпературных средах, не сильно зависит от этих температур: кровь, не потерявшая текучести, продолжает выполнять свои функции столь же интенсивно, как и при более высоких температурах.



Рис. 161. Водомерка

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ. ВОДА КАК РАСТВОРИТЕЛЬ. Вода имеет исключительно важное значение для жизнедеятельности клеток, тканей и органов всех организмов на Земле, так как **является средой, в которой происходят все реакции, лежащие в основе обмена веществ и энергии.** Помимо этого вода выполняет роль растворителя для различных химических веществ.

По отношению к воде все вещества делятся на два типа:

гидрофильные — хорошо растворимые в воде (многие соли, спирты, кислоты, моносахариды и дисахариды и др.);

гидрофобные — плохо растворимые в воде (жиры, полисахариды, сложные эфиры, жирные кислоты и др.).

Очевидно, не напрасно природа для строения оболочки живой клетки отобрала два слоя гидрофильных белков и поместила между ними один слой гидрофобных жиров. Именно такое устройство мембраны

позволяет ей избирательно пропускать внутрь и наружу те или иные вещества.

Взаимодействие воды с гидрофильными веществами определяет такое явление, как **осмос** — диффузия воды через полупроницаемую мембрану, разделяющую два раствора. При этом возникает осмотическое давление, которое является результатом диффузии молекул воды из раствора меньшей концентрации в раствор большей концентрации. Эффекты, связанные с осмотическим давлением, играют большую роль в природе: они обеспечивают проникновение минеральных веществ из почвы в растения, а также обмен веществ в живых организмах.

Вода — **среда и причина диссоциации электролитов.** Замечательными гидрофильными веществами являются электролиты — соединения, которые в водной среде и под действием её молекул распадаются на ионы — диссоциируют. Обмен такими веществами внутри организма и между организмом и окружающей средой происходит на уровне образовавшихся в результате диссоциации ионов. Давайте повторим основные классы неорганических соединений в свете теории электролитической диссоциации.

Кислоты диссоциируют на катионы водорода и анионы кислотного остатка, например:

$$\underset{\text{азотная кислота}}{HNO_3} \leftrightarrow H^+ + NO_3^-.$$

Вода **оказывает сильное ионизирующее действие на растворённые в ней электролиты.** Под действием диполей воды полярные ковалентные связи в молекулах растворённых веществ превращаются в ионные.

Основания диссоциируют на катионы металла (аммония) и гидроксид-анионы, например:

$$\underset{\text{гидроксид натрия}}{NaOH} \leftrightarrow Na^+ + OH^-.$$

Соли диссоциируют на катионы металла (аммония) и анионы кислотного остатка, например:

$$\underset{\text{сульфат алюминия}}{Al_2(SO_4)_3} \leftrightarrow 2Al^{3+} + 3So_4^{2-},$$

$$\underset{\text{хлорид аммония}}{NH_4Cl} \leftrightarrow NH_4^+ + Cl^-.$$

По способности диссоциировать все электролиты делятся на слабые и сильные.

Слабые электролиты диссоциируют незначительно и обратимо. При этом процесс смещён в сторону соединения ионов в молекулы, например:

$$\underset{\text{азотистая кислота}}{HNO_2} \leftrightarrow H^+ + NO_4^-,$$

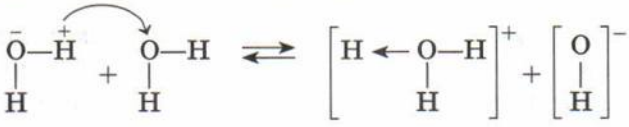
$$\underset{\text{гидрат аммиака}}{NH_3 \cdot H_2O} \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-.$$

Сильные электролиты почти полностью распадаются на ионы и поэтому диссоциируют необратимо:

$$\underset{\text{дигидрофосфат натрия}}{NaH_2PO_4} = Na^+ + H_2PO_4^-,$$

$$\underset{\text{гидрокарбонат натрия}}{NaHCO_3} = Na^+ + HCO_3^-.$$

Вода — **амфотерное соединение**. Чистую воду можно рассматривать одновременно и как кислоту, и как основание. Это результат своеобразной «борьбы» молекул воды друг с другом. Одна из молекул «умудряется» вырвать у соседки протон и присвоить его себе, превращаясь при этом в ион гидроксония, т. е. в кислоту, а утратившая протон молекула становится гидроксид-ионом, т. е. основанием. Такому явлению дано особое название — **самоионизация**. Описанный процесс связан с тепловым движением частиц и взаимным влиянием диполей. В конечном итоге происходит ослабление и разрыв связей O—H — протон присоединяется к атому кислорода соседней молекулы:



или:

$$H_2O + H_2O \leftrightarrow \underset{\text{ион гидроксония}}{H_3O^+} + \underset{\text{гидроксид-ион}}{OH^-}.$$

В сущности, ион гидроксония является гидратированным ионом водорода $H^+ \cdot H_2O$. Упрощённо процесс ионизации воды обычно выражают следующим уравнением:

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-.$$

Таким образом, при ионизации одновременно образуются катионы водорода и гидроксид-анионы, т. е. вода является слабым амфотерным электролитом. Легко заметить, что ионы образуются в равном соотношении и при диссоциации воды реакция среды нейтральна.

Степень ионизации воды незначительна. При комнатной температуре лишь одна из 10^8 молекул воды диссоциирует, что подтверждается весьма низкой электропроводностью чистой воды. Вода — не просто слабый, а очень слабый электролит. Концентрация ионов H^+ и OH^- в воде равна 10^{-7} моль/л. Поэтому вода не проявляет выраженных кислотных или основных свойств. Однако этот «нейтралитет» достаточно условен. Если химическим методом связывать один из ионов, т. е. смещать химическое равновесие, можно создавать в водных растворах кислую или щелочную среду. Для измерения концентрации ионов H^+ в любом водном растворе используют так называемую шкалу pH, с помощью которой обозначают характер водной среды. Так, значение pH

для нейтрального раствора составляет 7,0; для растворов, имеющих значение pH выше 7,0, — среда щелочная, а ниже 7,0 — среда кислая:

$$\underset{(0 \leftarrow \text{pH})}{\text{кислая среда}} < \text{pH} = 7{,}0 < \underset{(\text{pH} \rightarrow 14{,}0)}{\text{щелочная среда}}.$$
нейтральная среда

Например, pH лимонного сока равен 2,0.

Растения, живущие на кислых почвах или в воде с кислотной средой, у который pH < 6,5, называют **ацидофилами** (от *лат.* acidus — кислый и *греч.* phileo — люблю). На очень кислых почвах, у которых pH колеблется от 3,0 до 4,5, живут сфагнум и плауны. На почвах со средней кислотностью, у которых pH колеблется от 4,5 до 6,0, живут лютик и калужница. На почвах со слабой кислотностью, у которых pH колеблется от 6,0 до 6,5, живут ветреница и медуница.

Растения, живущие на щелочных почвах, у которых pH > 7,5, называют **базофилами** (от *лат.* basic — основание и *греч.* phileo — люблю). Такие почвы имеют богатые кальцием, магнием и натрием пустыни и засушливые степи, где растут полынь, солянка, лебеда, ковыль и др.

Величина pH является характеристикой для всех жидкостей любого организма и в норме исключительно постоянна. Изменение pH чрезвычайно неблагоприятно для организмов, так как даже небольшие его сдвиги значительно понижают каталитическую активность ферментов, с помощью которых протекают все биохимические процессы в организме.

В живой природе обеспечение нормальных для жизнедеятельности организмов значений pH их жидких сред очень важно. Оно позволяет поддерживать **гомеостаз** — постоянство внутренней среды организма.

Полярность и малые размеры молекулы воды определяют её сильные гидратирующие свойства.

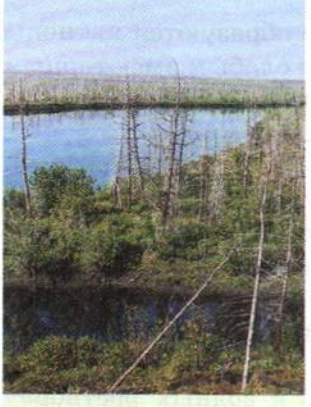


Рис. 162. Погибший от кислотных дождей хвойный лес

Гидратация — присоединение воды к веществу — в жизни биосферы имеет большое значение. Так, гидратация кислотных оксидов приводит к образованию кислот, которые восполняют недостаток связанного азота в почве, например к образованию азотной кислоты:

$$4NO_2 + 2H_2O + O_2 = 4HNO_3.$$

Или является причиной образования кислотных дождей, как в случае с серной кислотой:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4.$$

Кислотные дожди — это результат взаимодействия атмосферной влаги с оксидами, содержащимися в выбросах вулканических га-

зов, но гораздо чаще — в выбросах промышленных предприятий и транспорта. Попадая на листья и хвою деревьев, они вызывают их ожоги, деревья заболевают, леса сохнут (рис. 162), погибают мхи и лишайники.

РЕАКЦИИ ГИДРОЛИЗА. Гидролиз играет огромную роль в жизнедеятельности разных природных сред.

Гидролизом называется процесс разложения веществ в результате обменного взаимодействия между молекулами вещества и воды.

По своей сути гидролиз — «насильственное» связывание одного из ионов, образующихся при диссоциации воды. Это приводит к изменению кислотности растворов.

Различают несколько типов гидролиза.

1. Гидролиз по аниону характерен для солей, образованных сильным основанием и слабой кислотой:

$$Na_2CO_3 + HOH \rightleftarrows NaHCO_3 + NaOH;$$

$$CO_3^{2-} + HOH \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-,$$

pH >7, щелочная среда.

Труднорастворимые соли тоже подвергаются гидролизу, но он идёт очень медленно. Так, при внесении в кислые почвы известняка — карбоната кальция происходит постепенный гидролиз этой соли за счёт катионов водорода, содержащихся в почве, что приводит к устранению её кислотности. В результате восстанавливается плодородие почвы, что имеет большое значение в растениеводстве, так как многие растения плохо развиваются на кислых почвах. К кислым относятся в первую очередь болотные и подзолистые почвы (рис. 163).



Рис. 1631. Болото — биогеоценоз с кислыми почвами



Рис. 164. Солончак — биогеоценоз с щелочными почвами



Рис. 165. Элодея

2. Гидролиз по катиону протекает с солями, образованными слабым основанием и сильной кислотой:

$$FeCl_3 + HOH \rightleftarrows FeOHCl_2 + HCl;$$

$$Fe^{3+} + HOH \rightleftarrows FeOH^{2+} + H^+,$$

$pH < 7$, кислая среда.

Малорастворимые соли, например гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), по аналогичному механизму устраняют щёлочность почвы. К таким почвам относятся солонцы и солончаки (рис. 164).

ФОТОЛИЗ ВОДЫ. Под действием солнечной энергии происходит фотолиз (от *греч.* fotos — свет и lýsis — разрушение), вода разлагается:

$$2H_2O = 2H_2 + O_2.$$

Фотолизом называется процесс распада молекул вещества под действием поглощённого им света.

Этот процесс — основа поступления кислорода в атмосферу Земли и поддержания постоянства её состава. Как вы знаете, в процессе фотосинтеза в атмосферу планеты выделяется кислород вместо поглощённого углекислого газа. Можно решить, что атмосферный кислород получается из углекислого газа. Однако это не так, ведь в фотосинтезе участвует ещё и вода, и именно разложение воды обеспечивает атмосферу кислородом. Некоторые растения настолько энергично осуществляют процесс фотолиза, что его можно заметить невооружённым глазом. Например, от стебельков водного растения элодеи (рис. 165) на свету быстро отрывается множество пузырьков водорода и кислорода.

В следующем параграфе мы поговорим о значении воды для живых организмов. →

Вы знаете

- какое строение у молекулы воды
- какими физическими и химическими свойствами обладает вода

- какие растения называют ацидофилами, какие — базофилами
- что такое гидролиз и фотолиз

Вы можете

- объяснить, что такое электролиты и электролитическая диссоциация, описать роль воды в этом процессе
- назвать классы, на которые делятся электролиты по типу образующихся в результате диссоциации ионов, дать им определения
- рассказать, какие вещества называются амфотерными и почему вода относится к ним
- перечислить группы веществ по их способности к электролитической диссоциации
- сформулировать, что такое pH, как различается эта величина для разных сред
- дать определения таких понятий, как поверхностное натяжение, гидролиз, фотолиз

Выполните задания

1. Опишите строение молекулы воды и назовите химическую связь, за счёт которой она образуется.
2. Объясните, какая связь считается водородной и как она определяет физические свойства воды.
3. Перечислите известные вам аномалии физических свойств воды. Объясните, какую роль они играют в природе.
4. Зная, что растворимость называют физико-химическим процессом, объясните, как она характеризует свойства воды. Расскажите, как по этому признаку делятся вещества (для ответа обратитесь к таблице растворимости).
5. Расскажите, какие вещества называются гидрофильными, а какие — гидрофобными, приведите примеры.

Темы для рефератов

1. Величина pH жидких сред организма. 2. Химические свойства воды и их роль в природе. 3. Кислотные дожди — современная угроза человечеству. 4. Фотолиз — составная часть процесса фотосинтеза.

§ 29. Роль воды в биосфере

1. Вспомните схему круговорота воды в природе.
2. Перечислите животных — обитателей океанов и морей, пресноводных водоёмов.
3. Назовите растения, характерные для засушливых и, наоборот, влажных мест обитания.

КРУГОВОРОТ ВОДЫ В ПРИРОДЕ. Замечательный французский писатель Антуан де Сент-Экзюпери так красиво и образно писал о воде: «Вода, у тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тебя невозможно описать, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое. Нельзя сказать, что ты необходима для жизни: ты — сама жизнь!» И это поистине так. Вода составляет около 70% массы клеток. У отдельных организмов, например медуз, содержание воды более 95%. В теле взрослого человека вода составляет 60%, в теле рыб — до 75%, а у растений — от 50 до 90%.

Вода совершает в природе два круговорота (рис. 166).

Большой круг: из океанов, морей, рек и водоёмов вода испаряется в атмосферу, конденсируется в облака, дождём выпадает на землю и с реками возвращается в океан.

Малый круг: растение всасывает воду из земли, с растительной пищей она попадёт в тело животных и человека, откуда снова возвращается с выделениями и дыханием в воздух и в землю.

Благодаря этим круговоротам животные, растения и человек могут обитать на суше и всё же оставаться, по существу, водными организмами, так как вода составляет основную внутреннюю среду всякого живого организма. Таким образом, вода связывает живую и неживую природу в единое целое. Недаром академик В. И. Вернадский считал, что «вода и живое вещество — генетически связанные части организованности земной коры».

Важная роль воды в организации жизни на Земле давно была отмечена человеком. Аристотель включил её в число основных начал природы: огонь, воздух, вода, земля.

Рассмотрим более подробно, какую роль в биосфере играет вода.

ВОДА — КОЛЫБЕЛЬ ЖИЗНИ. Как вам известно, именно в первичном океане, массовая доля солей в котором, по предположениям учёных, была низкой и составляла всего 0,9%, зародилась жизнь. Там «впервые развились живые организмы, и из этого раствора они получили

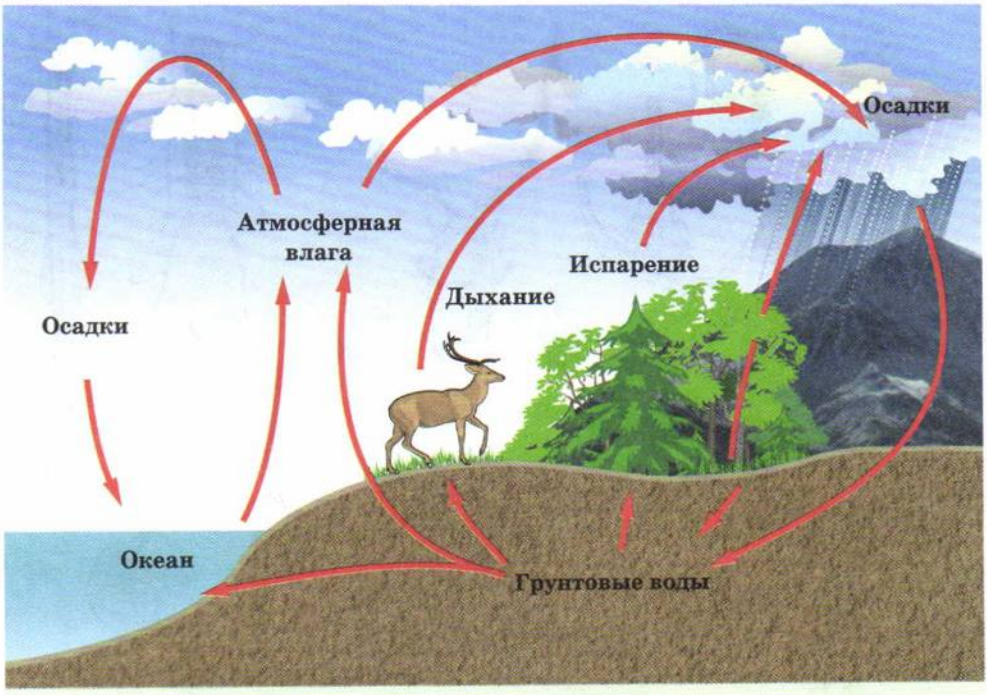


Рис. 166. Круговорот воды в биосфере

ионы и молекулы, необходимые для их роста и жизни... С течением времени живые организмы развивались и изменялись, что позволило им покинуть водную среду и перейти на сушу, а затем подняться в воздух. Они приобрели эту способность, сохранив в своих организмах водный раствор в виде жидкостей, содержащих необходимый запас ионов и молекул», — писал американский химик, лауреат Нобелевской премии *Л. По́линг* (1901—1994). Внутри каждого живого организма, например в организме человека, в каждой его клеточке, — воспоминание о первичном океане, в котором зародилась жизнь. Недаром в волшебном растворе, составляющем основу крови, — плазме, массовая доля солей такая же, как и в первичном океане, — 0,9%.

От капли росы, что трепещет, играя
Огнём драгоценных камней,
До бледных просторов, где, вдаль убегая,
Венчается пеною влага морская
На глади бездонных морей,
Ты — всюду, всегда, неизменно живая,
И то изумрудная, то голубая,
То полная красных и жёлтых лучей...

К. Бальмонт

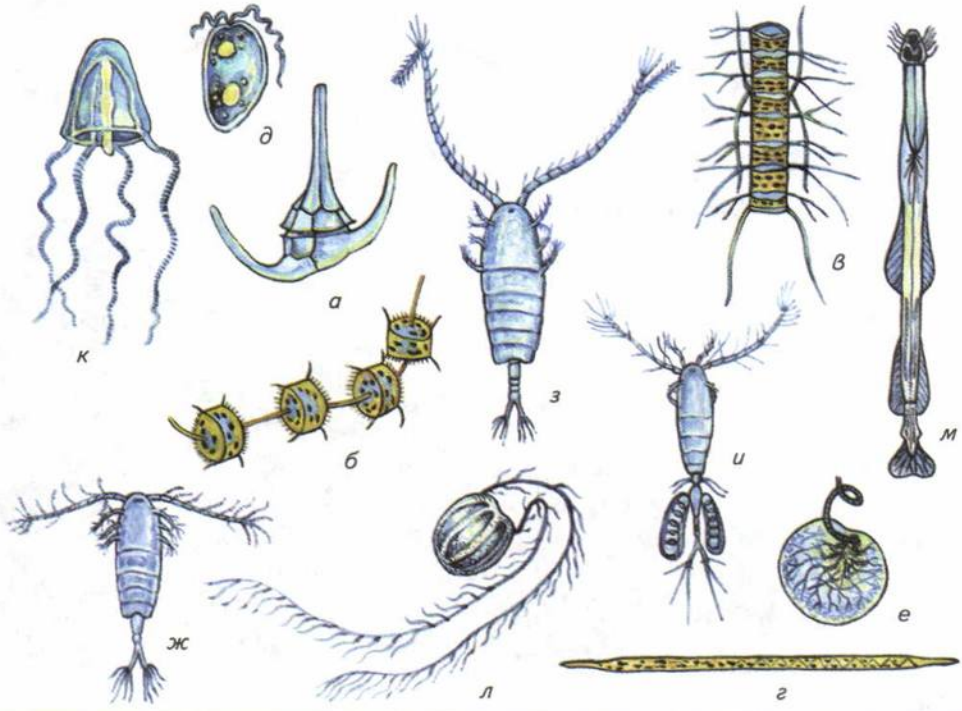


Рис. 167. Организмы, составляющие морской планктон: *а—д*— клетки водорослей; *е* — ночесветка; *ж—и* — мелкие ракообразные; *к* — медуза; *л* — гребневик; *м* — сагитта

ВОДА — СРЕДА ОБИТАНИЯ МНОГИХ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ. Немало организмов так и осталось жить в океане или в пресноводных водоёмах. Океан был и остаётся ареной развития бурной и многообразной жизни. Его населяет 300 тысяч видов животных и микроорганизмов и 30 тысяч видов растений.

Почему такая большая разница в видовом составе флоры и фауны Мирового океана? Дело в том, что животные заселяют всю толщу вод океана, а растения могут жить всего лишь до глубины 100 м, куда достигают солнечные лучи. И хотя по сравнению с толщей океана стометровая глубина кажется не очень значительной, именно этот слой обеспечивает жизнь в нём.

Живые организмы в океане и пресных водоёмах делятся на три группы: планктон, нектон и бентос.

Планктон (от *греч.* planktós — блуждающий) — это все организмы, населяющие пресные и солёные водоёмы и почти не способные к самостоятельному движению (рис. 167). Они живут во взвешенном состоянии, словно парят, так как не обладают органами передвижения, способными противостоять движению вод, например течениям. Величина

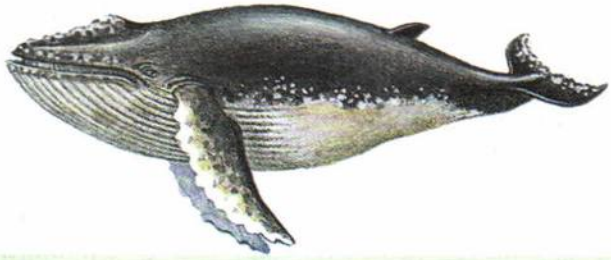


Рис. 168. Горбатый кит

этих обитателей колеблется от микроскопической до нескольких сантиметров. Планктон делится на животный — **зоопланктон** и растительный — **фитопланктон**. Понятно, что представители фитопланктона — водоросли, способные к фотосинтезу, населяют океаны и моря лишь на глубине до 100 м. Фитопланктон служит пищей для зоопланктона и других водных животных.

Зоопланктон распространён по всей толще воды. Он представлен мелкими ракообразными, простейшими, кишечнополостными, икринками и личинками рыб. Для большинства планктонных организмов характерны приспособления для парения в толще воды: длинные выросты, газовые или жировые включения, студенистость тела и др.

Планктоном питаются различные мелкие рыбы (сардины, анчоусы и др.). И не только. Это излюбленное лакомство крупнейших морских животных — китов (рис. 168), которые поглощают громадное количество этих мельчайших обитателей океана, постоянно пропуская воду через пластины китового уса.

Нектон (от *греч.* nektós — плавающий) — активно плавающие водные животные, которые способны противостоять силе течения и перемещаться на значительные расстояния. К ним относятся рыбы, кальмары, китообразные, ластоногие, водные змеи, черепахи, пингвины и др.

Бентос (от *греч.* bénthos — глубина) — организмы, обитающие на грунте и в грунте дна рек, морей и океанов. К активно передвигающимся животным бентоса относятся морские звёзды, крабы, раки

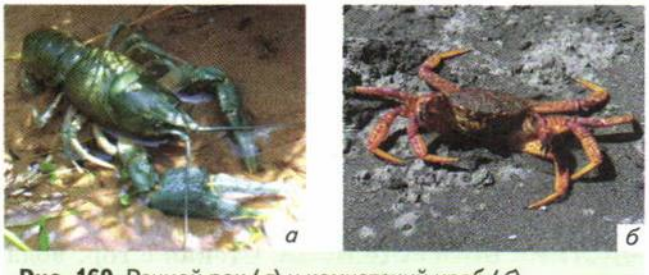


Рис. 169. Речной рак (*а*) и камчатский краб (*б*)



Рис. 170. Камбала

(рис. 169). Есть организмы, которые то всплывают, то лежат на дне, — камбалы (рис. 170) и скаты. Малоподвижны моллюски (гребешки, блюдечки). Ко дну прикрепляются устрицы и другие моллюски, а в грунт закапываются ланцетники. Основная масса бентоса живёт на мелководных участках морей.

ВОДА — ОСНОВА БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Вода служит средой, где протекают все биохимические реакции и жизненные процессы в животных и растительных клетках. Без воды не может существовать ни один организм.

Чем интенсивнее работает орган человека или млекопитающего животного, тем больше в нём воды. Так, содержание воды в мозге — 81%, в мышцах — 50—70%, костях — 34—40%.

Вода не только среда, но и активный участник биохимических реакций. Достаточно вспомнить реакции гидролиза.

Реакции гидролиза основных компонентов питания лежат в основе обмена веществ у живых организмов.

Обмен белков состоит в том, что с участием воды белки пищи в организме гидролизуются до аминокислот, из которых затем организм синтезирует собственные белки. В свою очередь, эти белки в следующем звене цепи питания опять подвергаются гидролизу, и из образующихся аминокислот строит свои белки уже новый организм, представляющий это звено, и т. д.:

$$\text{белки} + \text{вода} \leftrightarrow \text{аминокислоты}.$$

Аналогично протекает углеводный обмен:

$$\text{полисахариды} + \text{вода} \leftrightarrow \text{глюкоза},$$

а также жировой обмен:

$$\text{жиры} + \text{вода} \leftrightarrow \text{глицерин} + \text{жирные кислоты}.$$

Подобную роль гидролиз выполняет и для энергетического обмена. При накоплении энергии в митохондриях клетки происходит образование богатых энергией соединений — молекул АТФ, которые отдадут эту энергию для выполнения работы:

$$\text{АТФ} + \text{вода} \leftrightarrow \text{АДФ} + H_3PO_4 + \text{энергия}.$$

И наконец, вода — важнейший участник процесса фотосинтеза, который лежит в основе как цепей питания, так и сохранения постоянного состава атмосферы Земли — поддержания в ней концентрации кислорода на постоянном уровне в 21%.

ВОДА — ВАЖНЕЙШИЙ УЧАСТНИК БИОГЕОЦЕНОЗА. Стекая с гор, вода дробит скалы и камни. Попадая в трещины и замерзая там в холодное

время, она постепенно превращает их в песчинки. За многие миллионы лет вода в содружестве с солнцем, воздухом и растениями создала почву, превратив безжизненные скалы первозданной Земли в зелёный ковёр лесов и степей.

Кроме этого, вода — основа обмена веществ в биогеоценозе. Так, минеральное питание растений, т. е. усвоение ими минеральных веществ, происходит с участием растворимых в воде соединений. Необходимые для нормальной жизнедеятельности калийные, азотные и фосфорные соединения растения поглощают из почвы с помощью воды в виде содержащихся в ней ионов — K^+, NO_3^-, NH_4^+, $H_2PO_4^-$. В обмен с помощью воды из растений в почву поступают другие ионы (H^+, HCO_3^-) и вещества — продукты жизнедеятельности.

ВОДА КАК ВАЖНЕЙШИЙ РЕГУЛЯТОР КЛИМАТА ЗЕМЛИ. На нагрев и испарение воды затрачивается много энергии, поэтому в жаркое время года вода поглощает теплоту, а в холодное — отдаёт. Тем самым она существенно сглаживает температурные колебания. Не будь на Земле воды, температура летом поднималась бы выше +100°С, а зимой опускалась до –150 °С. Трудно представить, какими были бы флора и фауна на нашей планете при столь экстремальных температурах.

ВОДА — АБИОТИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ. По отношению к количеству воды, содержащейся в окружающей среде, растения делятся на четыре группы.

Ксерофиты — растения засушливых мест, которые выработали ряд приспособлений, уменьшающих испарение воды листьями. Листья у растений пустынь, полупустынь и засушливых степей очень мелкие и узкие (полынь) или почти отсутствуют (саксаул), иногда они представлены в виде колючек (кактусы). Засухоустойчивые растения имеют также не только жёсткие кожистые листья, но и стебли, которые задерживают испарение (оливковое дерево, олеандр, ковыль). Некоторые ксерофиты, так называемые эфемероиды, отличаются сезонным снижением жизненной активности. Например, весной или в период дождей тюльпаны, маки, осоки бурно цветут и плодоносят. Засушливое время они проводят в виде покоящихся подземных побегов, а надземные их части полностью отмирают.

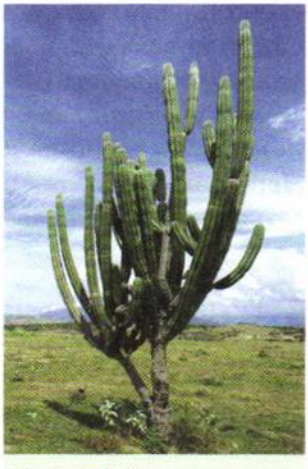


Рис. 171. Кактус — растение, обладающее сильно развитой водозапасающей тканью

Другие представители этой группы растений имеют специальные ткани или клетки,



Рис. 172. Листопадные деревья широколиственного леса

в которых накапливается запас воды. Кактусы (рис. 171) и молочаи запасают воду в стеблях, а агавы и алоэ — в листьях.

Мезофиты — растения лесной и лесостепной зон, почвы которых достаточно увлажнены. К ним относятся все листопадные деревья (рис. 172), кустарники и травы этих зон.

Лабораторный опыт

В три пластиковых стакана налейте по 100 мл воды и добавьте в один синий краситель, во второй — красный, в третий — фиолетовый (смесь синего и красного).

Аккуратно разрежьте ножницами стебель сельдерея вдоль на три полосы, каждую из которых опустите в стакан с разным красителем. Через один-два дня листья сельдерея окрасятся в различные цвета. Объясните наблюдаемое явление.

Гигрофиты — растения влажных мест, к которым относятся рис, стрелолист, мхи, камыш, рогоз, папирус, бегония, монстера. Наиболее интересны тропические, образующие мангровые леса растения-гигрофиты. Они произрастают в прибрежных районах Индонезии, Индии, Нигерии, Филиппин и Таиланда, периодически затопляемых морскими приливами.

Растения таких лесов (рис. 173) приспособлены к существованию в зонах постоянных приливов и отливов. Они имеют ходульные корни, позволяющие им закрепляться на зыбких, илистых почвах, а также

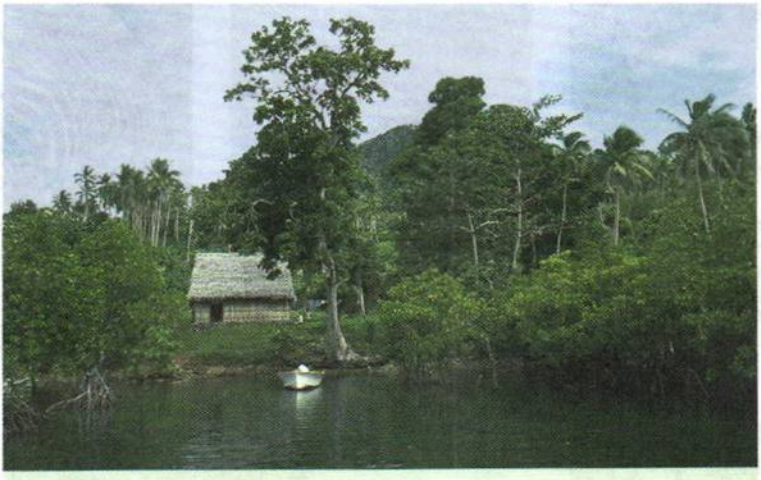


Рис. 173. Деревня во влажном экваториальном лесу

дыхательные корни, благодаря которым получают влагу из атмосферного воздуха во время отлива.

Гидрофиты — водные растения, значительно или целиком погружённые в воду (кувшинки, лотосы, ряска, элодея). Очень красивое растение наших водоёмов — белая кувшинка, которую в народе называют водяной лилией. Другой цветущий представитель прудов, озёр и заводей — жёлтая кубышка. Самый же прекрасный водный цветок — лотос (рис. 174), он растёт не только в Египте, Индии и Китае, где считается священным, но и у нас в дельте Волги. У гидрофитов слабо развита корневая система и устьица. Созревание плодов, которые напоминают коробочки маков или погремушки для детей, происходит под водой.

ВОДА — АБИОТИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ЖИЗНИ ЖИВОТНЫХ. Вода жизненно необходима не только растениям, но и животным. Для многих животных это среда обитания (как для типичных жителей морей, океанов и пресных водоёмов, так и для водоплавающих птиц), и они не испытывают в ней недостатка.



Рис. 174. Лотос орехоносный

Для подавляющего же большинства наземных представителей фауны потребление необходимого для их организма количества воды является проблемой.

Большинство обитателей засушливых мест (пустынь, полупустынь, сухих степей) способны достаточно долго обходиться без воды.

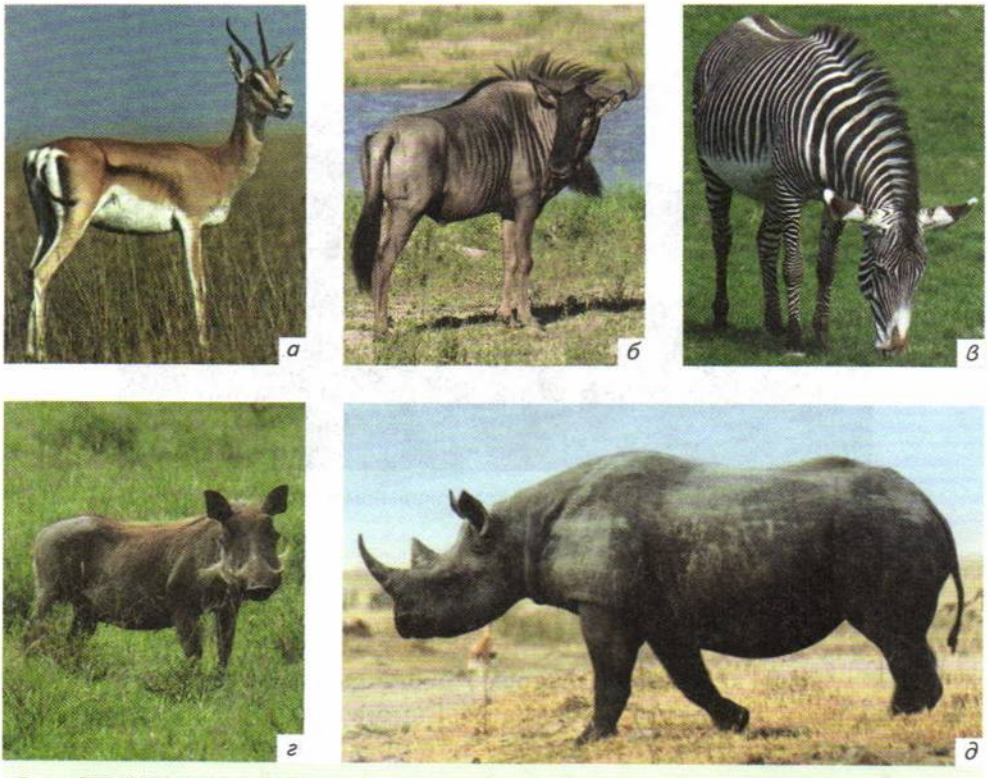


Рис. 175. Животные африканских саванн: *а* — антилопа топи; *б* — антилопа гну; *в* — зебра; *г* — бородавочник; *д* — чёрный носорог

Подвижность и выносливость позволяют им мигрировать на большие расстояния в поисках воды. Так ведут себя обитатели африканских саванн (рис. 175): слоны, антилопы, зебры, жирафы. Более привычные для наших широт верблюды, куланы, сайгаки тоже совершают большие переходы в поисках воды.

Кроме миграций животные засушливых мест выработали и другие приспособления для регуляции водного баланса. Например, жировые отложения у верблюда в горбах, у грызунов под кожей, у насекомых в жировой ткани позволяют получать воду химическим способом с помощью окисления жира. Густая шерсть верблюда хорошо защищает его от холода и жары, он неприхотлив, пьёт солоноватую и солёную воду, причём за один раз может выпить до 57 литров.

Многие обитатели засушливых мест ведут ночной образ жизни, избегая тем самым перегрева и избыточного испарения воды, а некоторые, например сурки, могут впадать в летнюю спячку.

В следующем параграфе вы узнаете о других важных природных факторах — о солях и почвах и их значении в жизни растений и животных.

Вы знаете

- как происходит круговорот воды в природе
- что вода — колыбель жизни и среда обитания многих живых организмов
- что вода является основой биохимических процессов и важнейшим участником создания биогеоценозов
- что вода — важнейший регулятор климата Земли и абиотический фактор в жизни растений и животных

Вы можете

- объяснить, что такое гидролиз и показать его роль в обмене веществ и энергии
- дать определения планктона, нектона и бентоса, привести их примеры
- рассказать, какие растения называются ксерофитами, мезофитами, гигрофитами и гидрофитами, привести их примеры
- перечислить основные приспособления растений и животных для регуляции водного баланса

Выполните задания

1. Дайте характеристику известных вам типов круговоротов воды в природе.
2. Расскажите о роли воды в возникновении жизни на нашей планете. Вспомните основные положения теории А. И. Опарина о происхождении жизни на Земле.
3. Назовите известные вам группы океанических живых организмов, приведите примеры их представителей, опишите их особенности.
4. Перечислите биохимические процессы, в которых участвует вода.
5. Сформулируйте, что такое гигрофиты, гидрофиты, ксерофиты и мезофиты.

Темы для рефератов

1. Вода и формирование биогеоценозов. 2. Вода и климат на планете. 3. Вода в жизни животных. 4. Склерофиты и эфемероиды: характерные особенности данных групп растений.

§ 30. Солёность и почва как абиотические факторы

1. Вспомните, в каких процессах участвуют соли.
2. Объясните, какие почвы называют плодородными.
3. Назовите главные типы почв России.

СОЛИ И ИХ РОЛЬ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ. Соли — важнейший фактор неживой природы, от которого зависит существование клеток, тканей и любого живого организма. Вы уже знаете, что растворимые соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой или слабой кислотой и сильным основанием, гидролизуются, обусловливая тем самым кислую или щелочную среду раствора, что имеет немаловажное значение в жизни организмов.

Кроме этого, многие соли играют различную роль в жидких средах или скелетных образованиях животных. Например, плазма крови млекопитающих, как вы знаете, содержит 0,9% хлорида натрия NaCl, который жизненно необходим организмам. Поэтому копытные животные приходят к солонцам и слизывают выступившую на них соль. Без этой соли невозможна жизнь животных и человека: в крови NaCl создаёт осмотическую среду, необходимую для существования форменных элементов, в мышцах обусловливает способность к возбудимости, в желудке образует соляную кислоту, без которой невозможно переваривание пищи.

» **Напомним:** соли — это сложные вещества, состоящие из ионов металла (аммония) и кислотного остатка.

Карбонат кальция $CaCO_3$ — нерастворимая в воде соль, из которой созданы раковины и скелеты многочисленных морских животных (моллюсков, крабов, коралловых полипов, простейших).

Коралловые полипы (рис. 176) — животные, которые в основном живут колониями. Используя растворённый в морской воде карбонат кальция, они формируют известковый скелет. За многие тысячелетия остатки этих скелетов образовали целые горы, вершины которых прячутся под самой поверхностью воды, — это рифы. Иногда рифы возвышаются над волнами и становятся островами — это атоллы, которые часто имеют форму разорванного кольца, окружающего мелководный залив — лагуну. Все коралловые рифы находятся в тёплых морях с равномерной температурой. Избыток света, известняка создаёт благоприятные усло-

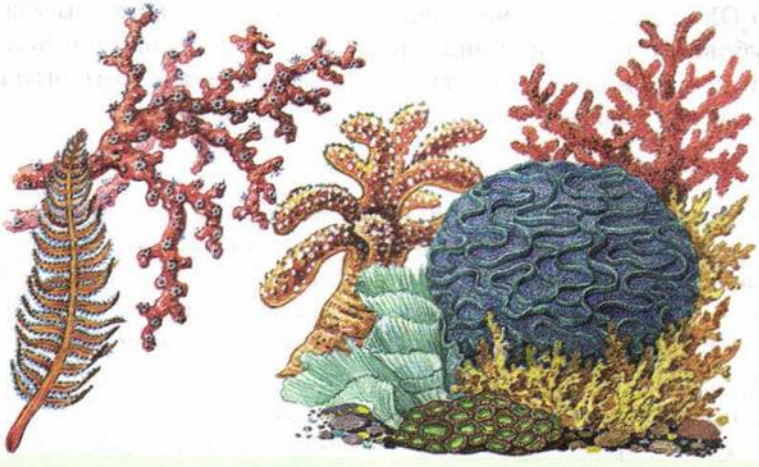


Рис. 176. Различные виды коралловых полипов

вия для их роста и развития. Кроме атоллов встречается и другой вид коралловых сооружений — барьерные рифы. Большой Барьерный риф у берегов Австралии является крупнейшим коралловым образованием в мире. Длина его достигает 2000 км, а площадь — около 25 000 км^2. Всё это огромное пространство усеяно неисчислимым количеством рифов, островков и мелей.

Раковины простейших и небольших моллюсков и ракообразных, скапливаясь после гибели своих хозяев на дне морей, за десятки и сотни миллионов лет образовали мощные пласты известняков. Из карбоната кальция построены раковины (рис. 177) не только морских, но и пресноводных (перловица, беззубка), и сухопутных (виноградная улитка) моллюсков. Интересно отметить, что драгоценный жемчуг в своей основе образован карбонатом кальция. Когда между створок раковины моллюска, который так и называется — жемчужница (рис. 178), попадает песчинка, она начинает обволакиваться слоями переливчатого перламутра, выделяемого мантией моллюска. Слои накладываются друг на друга, и в результате формируется жемчуг.



Рис. 177. В основе раковин моллюсков лежит карбонат кальция

Из карбоната кальция образована скорлупа яиц птиц, черепах, крокодилов.

Из фосфата кальция $Ca_3(PO_4)_2$ построен скелет наземных животных, составляющих опору для мягких тканей, масса которых в десятки раз превышает массу самой опоры. А из разновидности фосфата кальция — апатита



Рис. 178. Жемчужница

$Ca_5(PO_4)_3OH$ создана самая твёрдая ткань тела млекопитающих — эмаль зубов. По твёрдости она идентична кварцу, однако использование пищи, содержащей кислоты, может привести к тому, что катионы водорода начнут вытеснять из апатита ионы кальция:

$$Ca_5(PO_4)_3OH + 4H^+ \longrightarrow 5Ca^{2+} + 3HPO_4^{2-} + H_2O.$$

Фосфат кальция и хлорид натрия принадлежат к средним, или нормальным, солям. Не меньшее значение в жизни организмов играют и кислые соли — продукты неполного замещения атомов водорода на металл в молекуле кислоты. Например, гидрокарбонат натрия $NaHCO_3$, гидрофосфат натрия Na_2HPO_4, дигидрофосфат натрия NaH_2PO_4 позволяют поддерживать кислотно-щелочной баланс жидких сред организма, в первую очередь крови.

У растений образование в почве такой кислой соли, как дигидрокарбонат кальция, позволяет осуществлять минеральное питание. Под действием катионов водорода в кислых почвах нерастворимый карбонат кальция превращается в растворимый:

$$Ca_3(PO_4)_2 \xrightarrow{H^+} Ca(H_2PO_4)_2,$$

который способен диссоциировать на ионы:

$$Ca(H_2PO_4)_2 = Ca^{2+} + 2H_2PO_4^-$$

и поступать в клетки растений.

Почвы, содержащие избыточное количество солей (засолённые почвы), неблагоприятны для большинства растений. Такие почвы характерны для морских побережий, сухих степей, пустынь и полупустынь. На них произрастают галофиты — растения, приспособленные к таким экстремальным условиям: солянки, саксаулы, полыни, тамариск, мангровые.

ПОЧВА И ЕЁ СОСТАВ. Фактором, который связывает живую и неживую природу и значительно влияет на жизнедеятельность в первую очередь организмов суши, является почва.

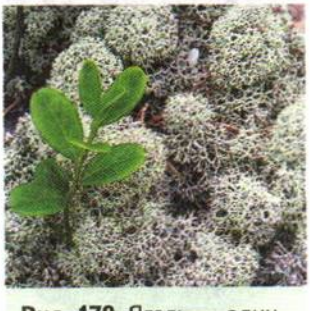


Рис. 179. Ягель — один из видов лишайника

Почва — это особое природное образование, сформировавшееся из поверхностных слоёв горных пород под воздействием микроорганизмов, растений, животных, климата и воды.

Процесс образования почв происходит так. На голых скалах поселяются микроорганизмы, использующие для жизнедеятельности углекислый газ, воду и атмосферный азот,

а также минеральные соединения горной породы. Образующиеся в результате их жизнедеятельности органические кислоты и другие вещества разрушают горные породы и изменяют их химический состав. Далее там поселяются низшие растения — лишайники, неприхотливые к воде и пище, затем мхи и, наконец, высшие растения, которые вместе с животными окончательно завершают процесс почвообразования.

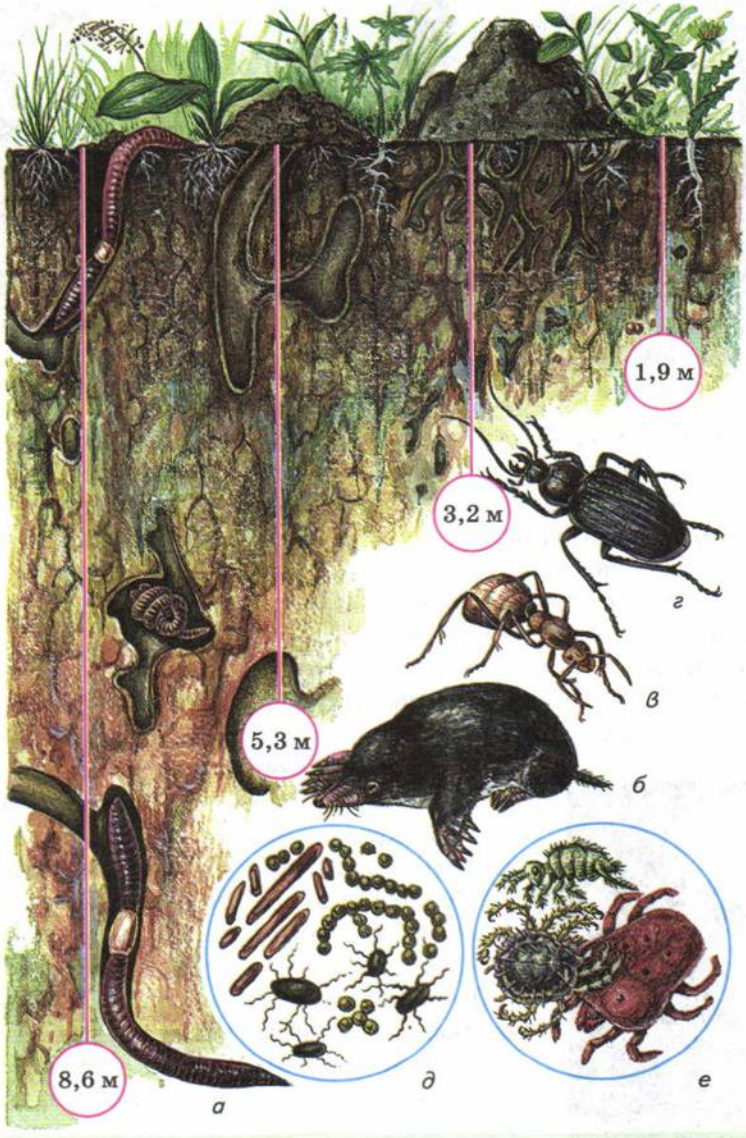


Рис. 180. Почвенные организмы: *а* — дождевые черви; *б* — кроты; *в* — муравьи; *г* — жуки; *д* — почвенные бактерии; *е* — мелкие насекомые, клещи



Рис. 181. А. Г. Венецианов. На пашне. Весна. *1822 г.*

Почва состоит из твёрдой, жидкой, газообразной и живой частей.

Твёрдая часть (это от 80 до 98% почвенной массы) состоит из песка, глины, илистых частиц, оставшихся от исходной горной породы. Соотношение этих частиц характеризует механический состав почвы.

Жидкая часть почвы (40—60%), которая так и называется — почвенный раствор, состоит из воды с растворёнными в ней органическими и минеральными соединениями.

Газообразная часть — это воздух, который заполняет поры между комочками почвы. По сравнению с атмосферным воздухом в почвенном содержится больше углекислого газа, а также присутствует метан и другие летучие органические соединения.



Рис. 182. Василий Васильевич Докучаев

К организмам, населяющим почву, относятся микроорганизмы, простейшие, лишайники (рис. 179), грибы, водоросли, живущие в ней беспозвоночные (черви, моллюски, насекомые и их личинки) и роющие позвоночные (кроты, слепыши, грызуны; рис. 180).

Почва связывает абиотические факторы, влияющие на живые организмы, в единую систему. Так, от температуры зависит содержание воды в почве, а следовательно, и тип растительности. От типа растительности зависит и видовой состав питающихся ею растительноядных животных, которыми в свою очередь кормятся определённые хищники.

С помощью почвы — важнейшего компонента биосферы — реализуются связи живых организмов с литосферой, гидросферой и атмосферой. Например, клубеньковые бактерии, живущие на корнях бобовых растений, связывают атмосферный азот, т. е. превращают его из простого вещества в соединения и запускают тем самым круговорот азота в природе. Аналогично, образующаяся при грозах азотная кислота в виде слабых растворов опять-таки поступает в почву, включаясь в этот круговорот.

Выйдет в поле травка —
Вырастет и колос,
Станет петь, рядиться
В золотые ткани.

Заблестит наш серп здесь,
Зазвенят здесь косы;
Сладок будет отдых
На снопах тяжёлых!

А. Кольцов

Важнейшее свойство почвы — это плодородие (рис. 181), способность обеспечивать растения питательными веществами и водой, а также условиями для жизнедеятельности. Впервые термины «почва» и «плодородие» ввёл в науку выдающийся русский естествоиспытатель *В. В. Докучáев* (1846—1903; рис. 182), основоположник науки о почвах — почвоведения.

В следующем параграфе будет рассказано о формах взаимодействия живых организмов в природе.

Вы знаете

- какова роль солей в жизни растений и животных
- что такое почва и каков её состав
- какие организмы населяют почву
- что важнейшее свойство почвы — это плодородие

Вы можете

- рассказать, какие вещества называются солями и на какие группы они делятся по своему составу
- перечислить соли, из которых формируются коралловые рифы, раковины моллюсков, скелет и эмаль зубов млекопитающих
- объяснить, что такое почва и как она образуется
- описать взаимодействие организмов, населяющих почву

Выполните задания

1. Объясните, почему нужно соблюдать кислотно-щелочной баланс жидких сред организма. Какие соли этому способствуют?

2. Расскажите, как осуществляется минеральное питание растений.

3. Проанализируйте, почему почва является важнейшим компонентом биосферы и как с её помощью происходит взаимосвязь живых организмов с гидросферой и атмосферой. Приведите примеры.

Темы для рефератов

1. Соли в жизни растений и животных. 2. Связь почвы, живого и неживого мира. 3. Жизнь и научная деятельность В. В. Докучаева. 4. Засолённые почвы и растения-галофиты.

§ 31. Биотические факторы

1. Дайте краткую характеристику животным — хищникам и паразитам.
2. Вспомните, какие растения-паразиты вы встречали в природе.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМОВ В ПРИРОДЕ. В любом биоценозе есть механизмы, влияющие на жизнедеятельность друг друга.

Биотические факторы — это всевозможные формы влияния живых организмов друг на друга и на среду обитания.

В природе между живыми организмами существуют разные типы взаимодействий.

Комменсализм (от *лат.* commensalis — сотрапезник) — форма существования организмов двух видов, при которой организмы одного вида извлекают пользу, не нанося вреда организмам другого вида. Например, рыбы-прилипалы (рис. 183) прикрепляются к крупным рыбам, морским черепахам и китам, не только используя их как транспортное средство для передвижения на большие расстояния, но и питаясь остатками их пищи.



Рис. 183. Рыба-прилипала со своим хозяином — акулой

Некоторые мелкие коралловые рыбки находят себе убежище между жгучими щупальцами актинии. Тело рыбок покрыто защитной слизью, которая предохраняет от опасных прикосновений, поэтому они могут спокойно прятаться в этом надёжном убежище и питаться остатками еды хозяина. Аналогично прячутся под колоколом медуз мальки ставриды.

Некоторые птицы в саваннах Африки находят себе корм на шкурах бегемотов, носорогов (рис. 184), буйволов, спокойно разгуливая по их спинам и склёвывая назойливых насекомых.



Рис. 184. Птицы, склёвывающие насекомых на коже носорога

Красивейшие из цветов — орхидеи (рис. 185) — яркий пример комменсализма. Они относятся к группе растений, которые называются эпифитами, т. е. не имеющими связи с почвой. Прикрепляются к стволам или ветвям деревьев, а питательные вещества улавливают прямо из воздуха. Растут эпифиты очень медленно, и бывает, что изящному цветку столько же лет, сколько могучему дереву, на котором он живёт. Кроме орхидей к эпифитам относятся некоторые папоротники и кактусы.



Рис. 185. Орхидея

Мутуализм (от *лат.* mutuus — обоюдный) — взаимовыгодная связь между организмами разных видов, при которой они иногда даже не могут существовать друг без друга. Наиболее яркий пример такого сосуществования — тесная ассоциация корня растения и гриба, называемая микоризой. За счёт микоризы растение увеличивает всасывающую поверхность. Грибы улучшают снабжение высших растений водой, витаминами, стимулирующими рост корней, разлагают вещества, переводя их в доступную для растений форму. В свою очередь растения обеспечивают гриб растворимыми углеводами, за счёт которых живут и водоросли, играющие роль листьев, и грибы, имеющие функцию корней. Взаимовыгодное сожительство наблюдается у бобовых растений с клубеньковыми бактериями.

Интересен мутуализм у цветковых растений и опыляющих их насекомых или птиц: шмелей и клевера, тропических цветковых растений и колибри и т. д. В желудке у крупного рогатого скота (коров, буйволов) существуют, как вы помните, микробы, помогающие им переваривать целлюлозу растительной пищи. Полезные микробы живут и в кишечном тракте человека, их недостаток приводит к очень серьёзному заболеванию — дисбактериозу.



Рис. 186. Актиния, сидящая на раковине рака-отшельника

Классическим примером мутуализма является содружество двух морских животных — рака-отшельника и актинии (рис. 186). Рак

находит пустую раковину моллюска, прячет в неё тело и выставляет наружу сильные клешни и голову. Стоит какой-нибудь рыбке неосторожно приблизиться, и она тут же становится добычей рака. Передвигаясь по дну, он таскает свой домик на спине и очень часто вместе с наездницей — актинией. Пристроив на раковину актинию, рак получает надёжного защитника, а актиния, часто меняя место жительства, обеспечивает себя богатой добычей и кормится остатками пищи рака.

И комменсализм, и мутуализм являются формами **симбиоза** (от *греч.* symbiosis — сожительство) — тесного сосуществования разных видов.

ПАРАЗИТИЗМ, ХИЩНИЧЕСТВО И КОНКУРЕНЦИЯ. Если вышеописанные формы сосуществования безразличны или выгодны организмам, то для паразитизма и хищничества характерен совсем другой тип взаимоотношений. **Паразитизм** (от *греч.* parasites — нахлебник) — форма взаимоотношений организмов, когда один из них существует за счёт другого. Первый называется паразитом, а второй хозяином. Хозяин предоставляет паразиту «и стол и дом», т. е. питательные вещества и среду обитания. Явление паразитизма многообразно. Обычно паразитов делят на две группы: эктопаразиты и эндопаразиты.

Эктопаразиты живут на поверхности тела хозяина.

К растениям-эктопаразитам относятся, например, омела, паразитирующая на некоторых лиственных деревьях в умеренной зоне; заразиха, прикрепляющаяся к корням растений; повилика; большинство тропических лиан. В свою очередь, на лианах паразитирует самый экзотический представитель растений-эктопаразитов — раффлезия. У неё самый крупный цветок на Земле, достигающий в диаметре 1 м и весящий до 15 кг. У растений-паразитов отсутствуют некоторые органы. Так, у той же раффлезии, равно как и у нашей повилики (рис. 187), нет зелёных листьев, почти исчезли корни.



Рис. 187. Повилика на клевере

Животные-эктопаразиты — это некоторые насекомые (вши, блохи; рис. 188), клещи, ракообразные. Особую группу составляют примитивные грибы, которые вызывают грибковые заболевания (например, стригущий лишай и другие формы микозов).

Эндопаразиты живут внутри тела хозяина.

Среди паразитов высших растений преобладают вирусы, бактерии и низшие грибы. Они могут стать причиной таких болезней, как мучнистая роса, парша, серая гниль, фитофтора, головня.

Многие болезни вызываются многочисленными вирусами, бактериями, простейшими, паразитическими червями и другими организмами.

Наиболее известны черви-паразиты, обитающие внутри тела хозяина, — гельминты. Их изучает специальный раздел биологии — гельминтология, основоположником которой является *К. И. Скря́бин* (1878—1972).

Черви-паразиты: аскарида, острица, бычий и свиной цепень, эхинококк и другие — прекрасно приспособлены к существованию. У них отсутствуют или слабо развиты пищеварительная, дыхательная, кровеносная системы. Зато сильно развиты покровы, позволяющие существовать в среде пищеварительных соков хозяина, и половая система (например, самка аскариды откладывает до 200 тысяч яиц в день), а также целый ряд приспособлений для того, чтобы удерживаться в теле хозяина (присоски, крючки и т. п.).

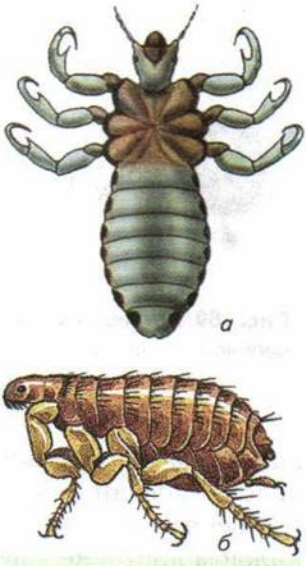


Рис. 188. Вошь (*а*) и блоха (*б*)

За счёт паразитизма некоторые осы проявляют заботу о потомстве. Так, они парализуют добычу (гусеницу), затаскивают в норку и откладывают в неё яйцо. Вылупившаяся личинка надолго обеспечена питанием. Отгрызая от парализованной, но живой гусеницы по кусочку, она развивается и растёт.

Интересен паразитизм у кукушки, которая подкладывает свои яйца в гнёзда других птиц, вынуждая их выкармливать чужих птенцов.

Поскольку паразит питается за чужой счёт, зачастую ему бывает невыгодна смерть хозяина, что и отличает паразитизм от хищничества.

Хищничество — форма взаимоотношений организмов, при которой представители одного вида убивают и поедают представителей другого.

Казалось бы, жертва — это пострадавшая сторона, однако в природе не всё так просто. Хищники, как правило, нападают на более слабых или больных животных, тем самым сохраняя их популяцию. Например, истребление волков в Канаде и США привело к резкому ухудшению состояния популяции северных оленей. Таким образом, хищники служат своеобразными регуляторами природных экосистем. В свою очередь, колебания численности жертвы влияют на колебания численности хищников. Например, на следующий год после массовых размножений леммингов увеличивалась численность популяции белой полярной совы.

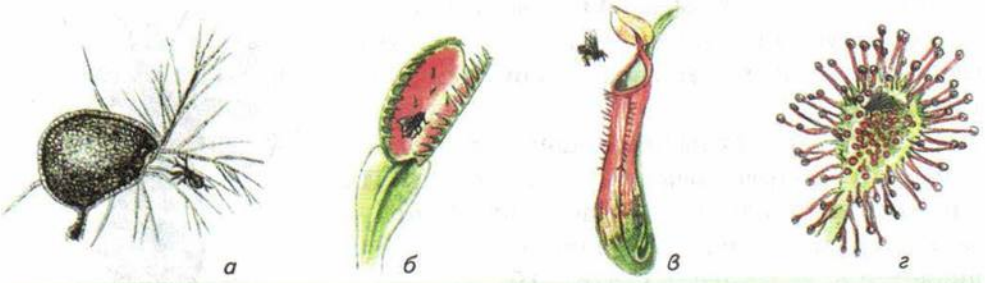


Рис. 189. Ловчие аппараты хищных растений: *а* — пузырчатки обыкновенной; *б* — венериной мухоловки; *в* — непентеса гибридного; *г* — росянки

У растений также известно явление хищничества. Яркие представители растений-хищников — насекомоядные растения: венерина мухоловка, росянка, пузырчатка (рис. 189).

Росянка — небольшое растение красновато-зелёной окраски. На каждом листочке у неё волоски с головками, в которых имеется железа, выделяющая блестящую капельку слизи (отсюда и название). Привлечённые сладкой капелькой, насекомые прилипают к волоскам, лист сворачивается, и росянка переваривает добычу.

Конкуренция (от *лат.* concurrentia — сталкиваться) — соперничество между организмами со сходными потребностями за доминирование, за пищу, территорию и другие условия существования. Различают: внутривидовую и межвидовую конкуренцию.

Внутривидовая конкуренция бывает особенно острой, так как особи одного вида используют одинаковые ресурсы. Птицы могут соперничать за место для гнездования, тюлени и моржи — за самку. Аналогично борются за право продолжить род олени, лоси, бараны, козлы.

Межвидовая конкуренция — тип взаимоотношений, возникающий у двух близких видов со сходными потребностями в условиях существования. Например, в Европе из жилищ человека более крупная и агрессивная серая крыса вытеснила чёрную. Поэтому чёрная крыса теперь живёт в степных и пустынных районах. Конкуренция хвойных растений — ели и сосны — заканчивается победой ели, так как её всходы лучше развиваются под защитой сосны, всходы которой гибнут под тенью еловой кроны.

Все живые существа на нашей планете подчиняются течению времени, у всех есть свои биологические часы, физиологические и экологические ритмы. И этой теме мы посвятим следующий параграф. →

Вы знаете

- что такое биотические факторы
- чем различаются паразитизм, хищничество и конкуренция
- что представляют собой эктопаразиты и эндопаразиты

Вы можете

- называть типы взаимодействий между живыми организмами
- объяснять, какие типы взаимоотношений между организмами называются конкуренцией, хищничеством, паразитизмом
- сформулировать, что такое симбиоз

Выполните задания

1. Дайте определение биотических факторов.
2. Объясните, в чём суть комменсализма и мутуализма. Приведите примеры растений и животных, взаимодействующих между собой по этому типу.
3. Сравните хищничество и паразитизм. Приведите примеры растений и животных, взаимодействующих между собой по этому типу.
4. Расскажите о конкуренции с позиции естественного отбора.

Темы для рефератов

1. Симбиоз и эволюция. 2. Сады дьявола: разгадка тайны амазонских лесов. 3. Опёнок и трутовик — грибы-паразиты. 4. Чага: чудесные целительные свойства берёзового паразита. 5. Дарлингтония — плотоядное растение, болотный хищник. 6. Жизнь и деятельность академика К. И. Скрябина.

§ 32. Жизнь и время. Биоритмы

1. Дайте определения понятий пространства и времени.
2. Покажите на примерах, как животные и растения реагируют на смену дня и ночи.
3. Объясните, каких людей называют «жаворонками» и каких — «совами» и почему.

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ. Живые организмы и их сообщества живут на нашей планете в пространстве и во времени.

И. Ньютон ввёл в науку понятие абсолютного пространства. Согласно представлениям учёного, абсолютное пространство остаётся всегда неподвижным и одинаковым. Оно существует само по себе, безотноси-

тельно к чему бы то ни было внешнему, например к тем телам, которые в нём находятся.

Абсолютное пространство является однородным, изотропным и евклидовым.

Однородность пространства означает, что все его точки равноправны, поэтому результаты какого-либо эксперимента не зависят от выбора места его проведения при одинаковых начальных условиях.

Изотропность пространства означает, что при повороте выбранной системы отсчёта на некоторый угол не произойдёт изменений в результате измерений. Иными словами, в пространстве нет какого-то выделенного направления, все направления равноправны.

Если пространство является евклидовым, это означает, что оно не искривлено и при изучении движения можно использовать прямоугольную систему координат.

Вместе с понятием абсолютного пространства Ньютон ввёл понятие абсолютного времени, наделённого свойством однородности. Однородность времени означает, что все моменты времени равноправны, поэтому результаты эксперимента не зависят от выбора времени его проведения при одинаковых начальных условиях.

Время в классической физике существует само по себе, отдельно от пространства и любых материальных объектов. Время как длительность одинаково определяет ход процессов в мире. Все они, независимо от их сложности, не оказывают никакого влияния на ход времени.

В классической механике пространство и время считаются независимыми друг от друга.

Следующим этапом в развитии представлений о пространстве и времени стала специальная теория относительности (СТО), созданная в 1905 г. А. Эйнштейном.

Существенное отличие СТО от классической механики состоит в том, что по этой теории время не является абсолютным, т. е. единым для всех систем отсчёта. В СТО время относительно. Это значит, что любое событие, происходящее в разных системах отсчёта, имеет не только разные пространственные, но и разные временны́е координаты. Каждая система отсчёта имеет свои часы.

Ещё одна особенность представлений о пространстве и времени в СТО — их связь. Если в классической физике пространство и время рассматривались независимо друг от друга, то в СТО положение тела определяется тремя пространственными координатами x, y, z и четвёртой временно́й координатой t. Таким образом, вместо разобщённых пространственных координат и времени теория относительности рассматривает четырёхмерный мир физических событий, который часто называют миром *Г. Минко́вского* (1864—1909), немецкого математика и физика, предложившего это понятие.

Ещё одним этапом в развитии представлений о пространстве и времени следует считать создание Эйнштейном общей теории относительности (ОТО) — физической теории пространства-времени и тяготения. Эта теория была опубликована учёным в 1915—1916 гг. В её основе лежит принцип эквивалентности гравитационной и инертной масс и предположение о существовании связи между массой и вызываемыми ею гравитационными эффектами.

В классической механике существуют два понятия массы: инертная масса и гравитационная масса. Из второго закона Ньютона следует, что инертная масса является отношением силы (F), действующей на тело, к его ускорению (a): $m = \frac{F}{a}$. Понятие гравитационной массы следует из закона всемирного тяготения: $F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$, где m_1 и m_2 — массы тел, r — расстояние между ними, G — гравитационная константа. Гравитационная масса определяет силу притяжения тела другими телами и его собственную силу притяжения.

В рамках ОТО, развивающей специальную теорию относительности, утверждается, что гравитационные эффекты вызываются не силовым взаимодействием тел и полей, находящихся в пространстве-времени, а являются проявлениями деформаций самого пространства-времени, вызываемых присутствием массы.

Если в классической механике и СТО рассматривались свойства пространства и времени, а в СТО и их взаимосвязь, то в общей теории относительности — взаимосвязь пространства, времени и массы. Она заключается в том, что любое тело вызывает искривление пространства и именно его искривление вызывает гравитационное притяжение тел.

Таким образом, по мере накопления научных фактов, развития экспериментальной базы и математических методов исследования происходит расширение и углубление представлений о пространстве и времени: от абсолютного пространства и времени до пространства и времени, связанных между собой и с материей. При этом важно, что новые и старые теории связаны **принципом соответствия** — важнейшим общенаучным принципом, согласно которому новая теория не отбрасывает старые, а включает их как частный случай.

Для измерения времени используют повторяющиеся физические процессы — вращение Земли вокруг Солнца, излучение света атомами. Между двумя повторениями таких процессов проходит одинаковый промежуток времени, который можно использовать в качестве эталона и измерять с его помощью время. Учёные располагают не одним эталоном, а целым набором самых разных по своей природе физических процессов. Сейчас наиболее точный эталон времени — атомные



Рис. 190. Часы на Спасской башне Московского Кремля

часы, работа которых основана на измерении частоты световых волн, излучаемых атомами. Наши кремлёвские куранты соединены подземным кабелем с контрольными часами Астрономического института имени П. К. Штернберга и показывают точное время (рис. 190).

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЧАСЫ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ. Мир живой природы на всех уровнях своей организации циклически изменяется, подчиняясь течению времени, которое отмеряет на своих собственных биологических часах.

Биологическими часами называется присущее каждому живому существу чувство времени и циклические изменения, которые периодически повторяются в живых системах: в отдельных клетках, тканях и органах, в целых организмах и популяциях. Такие изменения, как вы знаете, называются **биологическими ритмами** или биоритмами. Они формировались в процессе приспособления живых систем к периодически меняющимся условиям окружающей среды — к ритмам, существующим на нашей планете. Внутренние часы на всех уровнях временно́й организации живого мира постоянно согласовываются с внешними датчиками времени. В роли последних могут выступать свет, колебания температуры, влажности, атмосферного давления и т. п., — всего около 40 факторов.

Любая живая система пронизана ритмами, которые имеют разное происхождение и выполняют различные функции. Можно выделить два типа биоритмов: физиологические и экологические.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ имеют, как правило, периоды от долей секунды до нескольких секунд: ритмы дыхания, биения сердца, артериального давления и др.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ по длительности совпадают с каким-нибудь естественным ритмом окружающей среды. К ним относят суточные, сезонные (годовые), приливные и лунные ритмы. Благодаря экологическим ритмам организм ориентируется во времени и заранее готовится к ожидаемым изменениям в окружающей среде.

Основной земной ритм — суточный, который обусловлен вращением Земли вокруг своей оси. Суточный ритм цветов использовал вели-

кий шведский учёный *К. Линнéй* (1707—1778), создав в саду цветочные часы: в 4 часа утра распускались цветки цикория и шиповника, в 5 часов — мака, в 6 — одуванчика и полевой гвоздики, в 7 — колокольчика и огородного картофеля, в 8 — бархатцев и вьюнков, в 9—10 — мать-и-мачехи и ноготков, в 11—12 часов раскрывались цветки пассифлоры и закрывались — осота и полевой гвоздики. Далее закрывались цветки одуванчиков, в 8 часов вечера начинали издавать аромат цветы душистый табак и, позднее, ночная фиалка и горицвет.





Рис. 191. Пчёлы за работой

Суточному ритму подчиняется и рабочий день пчёл (рис. 191). Они появляются на гречишном поле именно тогда, когда цветки наполняются нектаром, и исчезают, когда нектар в цветах перестаёт выделяться.

Суточный и сезонный ритм лежит в основе и такого важного явления в мире растений и животных, которое называется фотопериодизмом.

Фотопериодизм — это соотношение между продолжительностью светлого и тёмного времени суток, лежащее в основе суточной или сезонной активности растений и животных.

Фотопериодизму подчиняется перелёт птиц, он является сигналом к началу периода покоя у животных, которые впадают в спячку (рис. 192), определяет сезонные линьки и периоды размножения у зверей. В сельском хозяйстве фотопериодизм играет большую роль. Например, удлиняя день за счёт искусственного освещения, можно повысить яйценоскость кур, гусей и уток, удой молока у скота.



Рис. 192. Бурундук в состоянии зимней спячки

Наиболее изучен фотопериодизм у растений, которые по продолжительности дня, благоприятного для их развития, делятся на растения длинного и короткого дня (рис. 193). Растениям длинного дня для нормального роста и развития нужно больше 12 часов света. К ним относятся морковь, редис, лук, овёс, лён. Растениям короткого дня необходимо


а


б


в


г


д

Рис. 193. Георгин (*а*) и хризантемы (*б*) — растения короткого дня; нарциссы (*в*), тюльпаны (*г*) и гортензия (*д*) — растения длинного дня

не менее 12 часов беспрерывной темноты. К ним относятся шпинат, капуста, георгины, хризантемы.

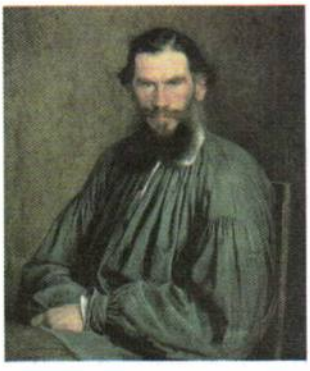




Рис. 194. «Жаворонок» Л. Н. Толстой и «сова» А. С. Пушкин

ЛУННЫЕ (ПРИЛИВНЫЕ) РИТМЫ. Приливы и отливы обусловлены лунным притяжением и в большинстве регионов происходят дважды на протяжении лунных суток (период времени между двумя последовательными восходами Луны). Поэтому у прибрежных морских животных часто наблюдаются приливные ритмы, связанные с периодическим подъёмом и спадом воды. Так как Луна движется вокруг Земли в том же направлении, что и наша планета вокруг собственной оси, лунные сутки примерно на 50 минут длиннее солнечных, т. е. приливы наступают каждые 12,4 часа. Аналогичный период наблюдается и у приливных ритмов. Например, рак-отшельник прячется от света в отлив и выходит из тени в прилив, с наступлением прилива устрицы приоткрывают свои раковины, а актинии разворачивают свои щупальца.

Биологические часы человека показывают, что в разное время суток мы по-разному чувствуем себя, работаем, мыслим, творим. Например, между первым и четвёртым часом ночи температура тела у человека самая низ-

кая, он отдыхает (спит), а потому у него замедлены все биохимические процессы.

В разное время суток у человека разные острота зрения, интенсивность кровообращения и дыхания, активность мозга, восприимчивость к боли и психологическим травмам. Тем не менее и эти изменения у разных людей различны. Так, Л. Н. Толстой писал все свои произведения с 9 до 15 часов, а Д. И. Менделеев отдавал предпочтение ночи.

Первый тип людей, активных в дневное время суток, которые рано ложатся спать и рано встают, называют «жаворонками» (рис. 194). Второй тип людей, активных в ночное время, которые поздно ложатся и поздно встают, называют «совами».

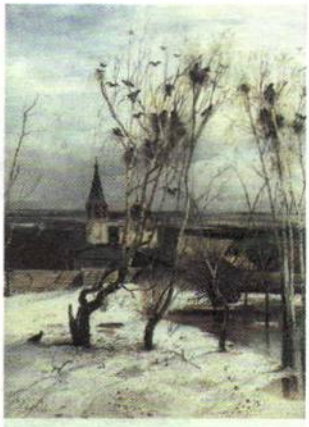


Рис. 195. А. К. Саврасов. Грачи прилетели. *1879 г.*

Очевидно, что при выборе профессии этот фактор должен учитываться.

Недаром Л. Н. Толстой утверждал: «Каждый взрослый человек имеет свой разумный ритм согласованных с его возможностями и потребностями движений, и с этого ритма его сбивать не надо, иначе, если его всё время торопить и подгонять, то он не то что больше не сделает, но не сделает и того, что у него раньше выходило».

При нарушении согласованности ритмов, которых у человека обнаружено более 100, наступает **дисинхронизм** — заболевание, связанное с нарушением суточного ритма. Это бывает, например, у лётчиков, спортсменов при перелётах через несколько часовых поясов, когда приходится привыкать к новому временно́му распорядку. Дисинхронизм вызывается также нарушением режима дня, если человек привыкает смотреть ночные телевизионные программы и спать днём. Однако человеку, как социальному существу, присуще индивидуальное чувство времени, которое зависит от жизненных ситуаций.

Экологические ритмы (рис. 195—198) устойчивы и сохраняются даже при отсутствии соответствующих изменений в окружающей среде. Лиственные деревья умеренных и высоких широт на зиму теряют листья.

Мы знаем: время растяжимо.
Оно зависит от того,
Какого рода содержимым
Вы наполняете его.

Бывают у него застои,
А иногда оно течёт
Ненагружённое, пустое,
Часов и дней напрасный счёт.

Пусть равномерны промежутки,
Что разделяют наши сутки,
Но, положив их на весы,
Находим долгие минутки
И очень краткие часы.

С. Маршак



Рис. 196. И. И. Шишкин. Рожь. *1878 г.*



Рис. 197. И. И. Левитан. Золотая осень. *1895 г.*

Яблони и груши сохраняют сезонную периодичность сбрасывания листьев и при выращивании их в тропиках, где никогда не бывает морозов, а панцирные моллюски открывают створки раковин широко и в аквариумах, как во время морских приливов.

Особую роль в организации и регулировании суточных и сезонных биоритмов играет Солнце. Оно посылает на нашу планету не только свет и тепло, но и радиоволны, и поток протонов — положительно заряженных частиц, который называется солнечным ветром. Если в недрах Солнца происходят какие-то процессы, то на нём появляются тёмные пятна. В этом случае солнечный ветер превращается в бурю, и тогда на Земле обрывается радиосвязь, ухудшается, а то и вовсе ис-



Рис. 198. К. Ф. Юон. Русская зима. Лигачёво. *1957 г.*

чезает спутниковая связь, беспорядочно движутся стрелки компасов. Наблюдения астрономов за последние двести лет показали, что среднегодовое количество солнечных пятен и площадь, которую они занимают, изменяются с периодичностью около 11 лет. Возмущения на звезде по имени Солнце отражаются на всей земной биосфере.

И последнее, о чём мы поговорим в этой, теоретической, части учебника, — об обмене информацией в живых системах на самых разных уровнях. →

Вы знаете

- как происходило расширение и углубление представлений о пространстве и времени
- какие теории легли в основу изучения свойств пространства и времени
- что такое биологические часы, физиологические и экологические ритмы

Вы можете

- сформулировать, что такое биоритмы, назвать их типы
- дать определение фотопериодизма, привести примеры фотопериодизма у растений и животных
- описать, что представляют собой лунные (приливные) ритмы
- объяснить, кого образно называют «жаворонками», кого — «совами»

Выполните задания

1. Перечислите известные вам приборы для измерения времени. Назовите повторяющиеся физические процессы, которые используют для измерения времени. Ответьте на вопрос: каким понятием — абсолютного или относительного времени — пользуются в своей работе историки и археологи?
2. Объясните, в чём основное различие представлений о пространстве и времени в СТО, ОТО и в классической механике.
3. Приведите примеры биологических ритмов, присущих клеткам, тканям и органам, организмам и популяциям.

Темы для рефератов

1. Хронобиология: её история и достижения. 2. История изменения времени и часовых поясов в Советском Союзе и в современной России. 3. Секреты биологических часов человека: «жаворонки», «совы» и «голуби».

§ 33. Обмен информацией

1. Дайте определение понятия «информация».
2. Перечислите известные вам способы передачи и получения информации.
3. Назовите органы чувств человека и животных, проведите сравнительный анализ.

ЗНАЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ. ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ В ЖИВЫХ СИСТЕМАХ. Современный мир характеризуется непрерывным потоком информации. Известно, что объём научной информации в отдельных отраслях знаний удваивается каждые 5 лет, поэтому умение ориентироваться в ней становится признаком интеллекта, квалификации человека и в конечном итоге — его успешности в жизни. По данным ЮНЕСКО, за последние 25 лет выпущено столько же книг, сколько за предыдущие 500 лет! Учёные, тратя на поиски и просмотр необходимой информации до 50% рабочего времени, в состоянии ознакомиться не более чем с 10—12% публикаций, вышедших за год даже по самой узкой проблеме! Известный тезис «кто владеет информацией, тот владеет миром» как нельзя лучше отражает роль информации в современном мире.

Мы уже подчёркивали, что существенной характеристикой живого является его обмен с окружающей средой веществами, энергией и информацией. О первых двух обменах мы говорили в предыдущих параграфах. В этом рассмотрим, что понимается под обменом информацией в живых системах.

Обмен информацией — это процесс получения, переработки живой системой информации из окружающей среды и передачи ей собственной информации. Он может происходить на различных уровнях в полном соответствии с уровнями организации живого на нашей планете: молекулярном ⟶ клеточном ⟶ тканевом ⟶ организменном ⟶ популяционно-видовом ⟶ биоценотическом ⟶ биосферном.

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ И КЛЕТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ. На молекулярном уровне наибольшее значение имеет процесс передачи и получения генетической информации, так как он лежит в основе наследственности. Происходит это в соответствии с принципом ком-

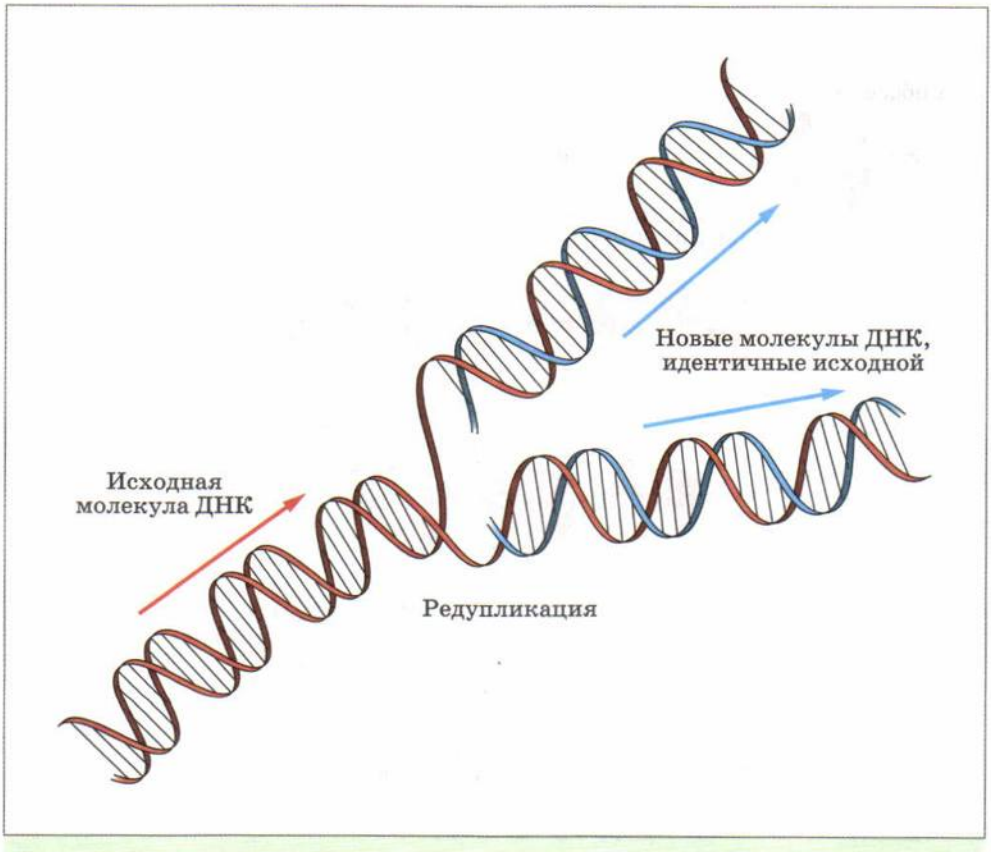


Рис. 199. Редупликация ДНК

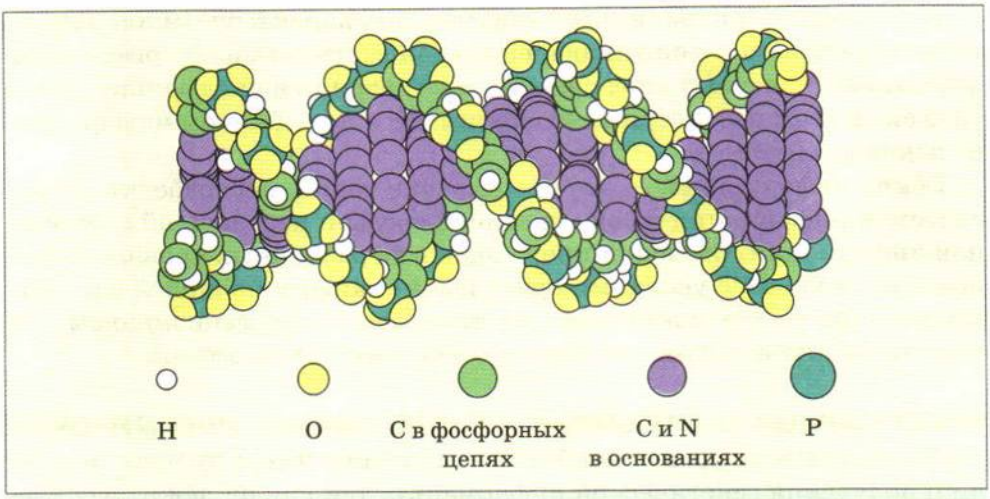


Рис. 200. Строение молекулы ДНК

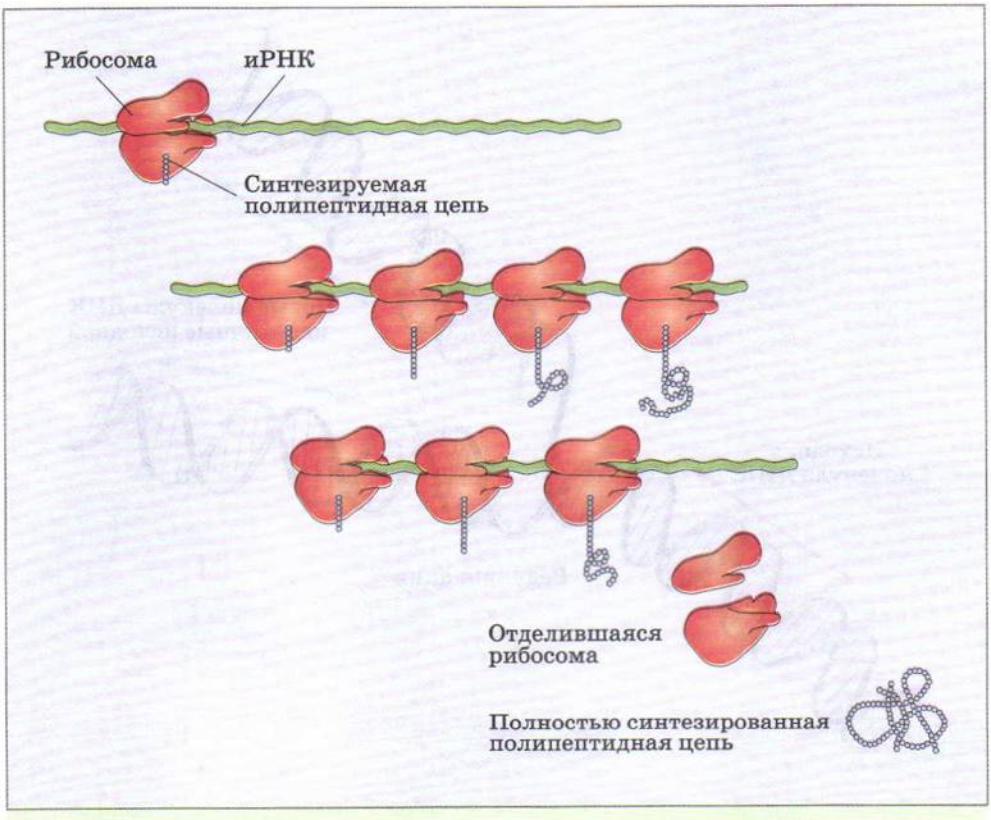


Рис. 201. Биосинтез белка

плементарности (дополнительности). Как вы помните, при самоудвоении (редупликации; рис. 199) двойной спирали ДНК — одна её цепь — материнская — является матрицей, на которой синтезируется дочерняя цепь: против аденинового нуклеотида за счёт водородных связей выстраивается тиминовый, против гуанинового — цитозиновый. Аналогично происходят транскрипция — переписывание информации с ДНК (рис. 200) на информационную РНК (иРНК) и трансляция — передача информации с иРНК на синтезируемый белок (рис. 201). Недаром такие реакции называют реакциями матричного синтеза: информация одной матрицы используется для образования множества копий. Сбой в передаче информации также имеет большое биологическое значение — он может привести к появлению мутации — нарушению наследственного материала. И не только. Все биохимические реакции протекают, как вы знаете, с помощью биологических катализаторов белковой природы — ферментов. Каждый фермент, как правило, ускоряет только свою реакцию, потому что в нём заключена информация о том, какие именно молекулы он должен катализировать в биохимическом процессе. Напомним ещё раз образную модель: катализатор подходит к этим молекулам, как ключ к замку, который он открывает.

Информация на клеточном уровне лежит в основе такого явления, как **фагоцитоз** (рис. 202) — процесс захватывания и переваривания чужеродных частичек, в том числе и болезнетворных микробов. Этот процесс был открыт известным русским биологом *И. И. Мечниковым* (1845—1916; рис. 203), удостоенным Нобелевской премии. Фагоциты — особые клетки. Переваривание захваченных частиц нужно им не для питания, а для защиты организма. У личинок морских звёзд фагоциты блуждают по всему телу и, получая информацию о попавших в него чужеродных частицах, захватывают их и уничтожают. У человека фагоцитоз присущ лейкоцитам — белым кровяным тельцам, играющим большую роль в иммунной системе организма. **Иммунитет** (от *лат.* immunitas — освобождение, избавление от чего-либо) — это невосприимчивость к инфекционным заболеваниям.

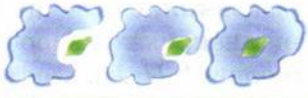


Рис. 202. Фагоцитоз: амёба, поглощающая эвглену



Рис. 203. Илья Ильич Мечников

ТКАНЕВЫЙ И ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ. На тканевом уровне информация, например, определяет широко известный феномен несовместимости тканей.

Нередко блестяще выполненная хирургическая операция по пересадке органов заканчивается неудачей: ткани больного, которому был пересажен здоровый орган, получают информацию, что в организме присутствует чужая ткань, и отторгают её. Такая тканевая несовместимость является реакцией на чужеродные белки (антигены). В современном научном мире всё большее значение приобретает проблема выращивания органов для пересадки из стволовых клеток больного.

На организменном уровне обмен информацией с окружающей средой происходит с участием органов чувств и нервной системы. В основе такого обмена лежит рефлекторная деятельность.

Рефлексы — ответные реакции организма на внешние и внутренние раздражения, осуществляемые при помощи нервной системы. У позвоночных животных это раздражение от рецепторов поступает к головному или спинному мозгу, где полученная информация перерабатывается. В результате возникает ответный сигнал мозга, который по нерву передаётся мышцам или органам. На этом пути, который называется рефлекторной дугой (рис. 204), взаимодействуют два фактора: физический (нервный импульс не что иное, как волна возбуждения — изменение электрического потенциала по нервному волокну) и химический (передача сигнала между клетками происходит с помощью активных химических молекул).

Органами чувств называют специализированные рецепторные образования, с помощью которых животные и человек воспринимают и анализируют разнообразные раздражения. Выдающийся русский физиолог *И. П. Па́влов* (1849—1936) назвал их **анализаторами**.

У представителей животного мира эти анализаторы очень развиты или имеются иные органы чувств. Например, совы (рис. 205) способны улавливать разницу во времени прихода звука в правое и левое ухо. Поэтому они устанавливают точное местонахождение источника звука

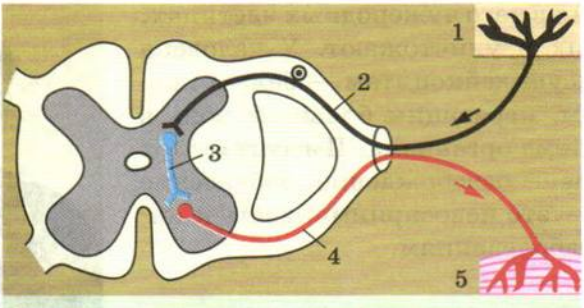


Рис. 204. Схема рефлекторной дуги: *1* — рецептор; *2* — центростремительный нейрон; *3* — центральный нейрон; *4* — центробежный нейрон; *5* — мышца

с достоверностью до 1°. Ослепшие совы могут охотиться, отыскивая грызунов по самым слабым шорохам.



Рис. 205. Сова сипуха с добычей

Рыбы и некоторые земноводные используют такой орган чувств, как боковая линия, реагирующая на малейшие движения воды. С помощью боковой линии рыбы определяют размер приближающегося животного, его местонахождение и скорость перемещения. Во время движения они создают волны, которые, отразившись от встречных предметов, информируют рыб о них. Например, боковая линия позволяет акулам ощущать добычу более чем за 300 м.



Рис. 206. Дельфины

Летучие мыши и дельфины (рис. 206) издают не слышимые человеком ультразвуковые сигналы, которые отражаются от встречных предметов и приносят информацию о них. У летучих мышей, которые охотятся на мелких, быстро летающих насекомых, эти ультразвуки обладают большой интенсивностью. У одних видов они короткие, длительностью всего 1 мс, у других длинные — до 20—30 мс. С помощью длинных ультразвуков легче обнаружить добычу издалека, а с помощью коротких — охотиться на более близкую добычу. Так как вода проводит звук в 4 раза быстрее, чем воздух, и на большие расстояния, дельфины с помощью эхолокации определяют расстояние до встречных объектов, их величину, форму и даже внутреннее устройство (ведь ультразвук способен распространяться и в твёрдых телах). С помощью ультразвука летучие мыши и дельфины общаются с сородичами.

У некоторых рыб имеются органы, которые непрерывно образуют слабые электрические разряды, создавая вокруг тела биоэлектрическое поле. У медуз есть клетки, которые заблаговременно улавливают приближение шторма.

ПОПУЛЯЦИОННО-ВИДОВОЙ УРОВЕНЬ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ. На этом уровне разнообразную информацию животные передают друг другу с помощью особого поведения. Существует биологическая наука, которая изучает поведение животных, — **этология**.

У каждого вида животных свои средства общения, сигнализации, передачи информации: звуки, знаки, мимика, выделение пахучих средств. Наиболее широко распространены звуковые сигналы. Так, вожак стаи или стада подаёт сигнал об опасности или о наличии кор-



Рис. 207. Токующий глухарь — пример типичного полового поведения в период размножения

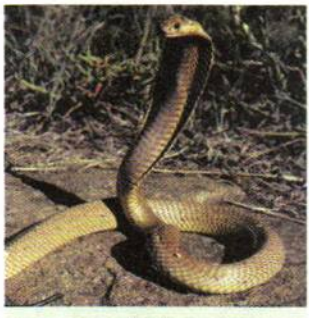


Рис. 208. Кобра с раздутым капюшоном

ма, о приближении резкой перемены погоды. Многие животные понимают сигналы тревоги, издаваемые не только особями того же вида, но и представителями других видов. Например, стрекотание сороки или крики сойки — сигнал об опасности для многих животных.

Интересные знаки демонстрируют животные в брачный период (рис. 207). Выбирая пару, самцы многих птиц одеваются в яркий наряд (маленькие кулики-турухтаны украшают себя нарядными воротничками, распускает свой роскошный хвост-веер павлин), поют любовные серенады (достаточно вспомнить наших соловьёв) или устраивают брачные танцы (очень красив синхронный танец у журавлей).

Сигнализируя о способности дать отпор, многие животные принимают угрожающие позы: кобра раздувает капюшон (рис. 208), американская гремучая змея трещит погремушкой, волки и собаки скалят зубы (рис. 209), шерсть у них становится дыбом, медведи встают на задние лапы.

Хищники и грызуны оставляют ароматные метки на своей территории. Крупные хищники могут вступить в бой за свои владения (рис. 210).

Очень характерно поведение животных, которые живут группами. Им проще обнаружить опасность — вожак всегда на страже. В группе легче выращивать и воспитывать молодое поколение. Для пингвинов (рис. 211) появление каждого птенца — событие большой важности, и вся колония приветствует его радостными восклицаниями. И растят птенцов пингвины все вместе, подменяя родителей в случае необходимости.



Рис. 209. Позы, несущие разную информационную нагрузку, у собак



Рис. 210. Самцы ягуара, готовые к схватке за свою территорию

Сложная иерархия у стадных животных, она напоминает пирамиду, где на вершине вожак, ниже — сильные сородичи, а ещё ниже — слабые, старые животные и молодняк. У общественных насекомых такая иерархия функционирует на основе непрерывно поступающей информации. Например, пчёлы передают информацию о месте нахождения медоносных участков с помощью танца, а сложные взаимоотношения между муравьями в их семьях регулируются особыми веществами — феромонами, которые выделяют одни муравьи, а воспринимают — другие. Благодаря такой химической сигнализации очень многие члены муравьиной семьи быстро мобилизуются на те или иные действия. Этим объясняется согласованность поведения огромных масс рабочих муравьёв. Обмен информацией не менее важен на биоценотическом и глобальном — биосферном уровнях, на которых осуществляется сложный взаимосвязанный и взаимозависимый поток информации между всеми участниками живого мира, находящегося в неразрывной связи с факторами неживой природы.

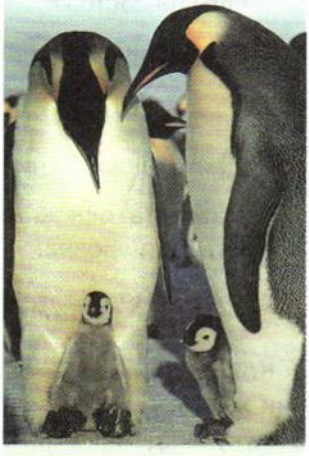


Рис. 211. Пингвины с птенцами

Вы знаете

- какое значение имеет информация в современном мире
- на каких уровнях происходит обмен информацией в живых системах
- что представляет собой процесс обмена информацией на молекулярном, клеточном, тканевом,организменном и популяционно-видовом уровне

Вы можете

- сформулировать, что такое редупликация ДНК, транскрипция и трансляция
- объяснить, что такое фагоцитоз и какова его роль в иммунной системе организма
- дать определение рефлекса и рефлекторной дуги, показать их роль в получении и передаче информации из окружающей среды
- рассказать об анализаторах и их роли в получении информации
- назвать науку, изучающую поведение животных

Выполните задания

1. Перечислите три обменных потока, которые характеризуют живой мир. Объясните, какую роль играет в этом процессе обмен информацией, из чего он состоит.
2. Расскажите, как происходит обмен информацией на молекулярном уровне, какую роль играет генетическая информация в процессах наследственности и изменчивости.
3. Дайте определение ферментов и объясните, как они работают.
4. Назовите основные способы обмена информацией на популяционно-видовом уровне.

Темы для рефератов

1. Конрад Лоренц — один из основоположников этологии — науки о поведении животных. 2. Жизнь и научная деятельность И. И. Мечникова. 3. Вклад в науку академика И. П. Павлова. 4. Зоопсихология: история науки, её развитие, методы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

8 Распознавание органических соединений

Цель работы: научиться идентифицировать органические соединения на основе знания о качественных реакциях.

Оборудование и реактивы: пробирки, спиртовка, спички, пробиркодержатель; растворы глюкозы, сахарозы, крахмального клейстера, яичного белка, едкого натра, азотной кислоты, сульфата меди (II), иодная настойка (3%).

Ход работы

В двух пробирках без этикеток находятся:
растворы крахмального клейстера и яичного белка (вариант 1);
растворы сахарозы и глюкозы (вариант 2);
растворы глюкозы и яичного белка (вариант 3).

1. Получите у учителя две пробирки в соответствии с номером вашего варианта. Предложите способ экспериментального определения содержимого каждой пробирки. 2. После одобрения вашего способа учителем приступайте к практическому распознаванию веществ.

9 Изучение строения растительной и животной клетки

Цель работы: изучить строение растительных и животных клеток на примере тканей одного типа, сравнить их.

Оборудование: микроскоп, микропрепараты кожицы лука (готовые или приготовленные) и эпителия человека.

Ход работы

1. Рассмотрите микропрепараты, определите, к какой группе тканей относятся изучаемые вами растительные и животные клетки. Аргументируйте свой вывод.

2. Зарисуйте клетки. Отметьте на рисунке клеточную оболочку, цитоплазму, ядро, вакуоли.

3. Сделайте вывод о различиях в строении растительной и животной клетки.

10 Изучение микроскопического строения животных тканей

Цель работы: изучить внешнее строение животных тканей на микропрепаратах, выявить отличительные признаки каждого типа ткани, установить взаимосвязь строения ткани с выполняемой ею функцией.

Оборудование: микроскоп, микропрепараты животных тканей.

Ход работы

1. Рассмотрите микропрепарат, соответствующий номеру вашего варианта. Определите, какая это ткань. По каким признакам вы её узнали?

2. Зарисуйте несколько клеток. Под рисунком подпишите название ткани и признаки, по которым вы её распознали.

3. Сделайте вывод о том, как взаимосвязано строение клеток ткани с выполняемой ею функцией.

11 Изучение простейших

Цель работы: изучить особенности строения простейших на примере амёбы обыкновенной, эвглены зелёной и инфузории туфельки.

Оборудование: микроскопы, микропрепараты амёбы обыкновенной, эвглены зелёной и инфузории туфельки (готовые или приготовленные).

Ход работы

1. Рассмотрите микропрепараты, определите, к какой группе относятся изучаемые вами простейшие. Аргументируйте свой вывод.

2. Зарисуйте клетки. Отметьте на рисунке клеточную оболочку, цитоплазму, ядро, вакуоли, органоиды движения. Сделайте вывод о характере передвижения и питания каждого представителя простейших.

3. Сделайте вывод о сходстве и различиях клеток простейших и многоклеточных организмов.

12 Изучение взаимосвязей в искусственной экосистеме — аквариуме и составление цепей питания

Цель работы: выяснить существующие взаимосвязи между живыми организмами и средой обитания в условиях аквариума (замкнутой экосистемы), научиться составлять цепи питания на примере контакта мирных и хищных рыб путём внесения живого корма и при его отсутствии.

Оборудование и реактивы: два демонстрационных аквариума ёмкостью 30—40 л с водными растениями и животными (брюхоногими аквариумными моллюсками) и рыбами, как мирными (гуппи, меченосцы, моллинезии), так и хищными (цихлозомы и акары).

Ход работы

1. Дайте характеристику аквариума как искусственной экосистемы, используя следующую справку.

Справка

Грунтом аквариума служит промытый торф, крупный песок, галька — для укоренения водных растений. Ими усваиваются разлагающиеся органические остатки погибших растений, пищи, экскременты

рыб и моллюсков. Водные растения являются фабрикой кислорода в воде и служат жизненной основой для рыб и моллюсков.

На растениях, грунте, стенках аквариума на свету размножаются синезелёные водоросли, видимые невооружённым глазом как налёт. В воде встречаются и одноклеточные животные.

Корм в аквариум вносится ежедневно. Мирные рыбы питаются быстро размножающимися синезелёными водорослями, кусочками мягких частей высших растений, но успешно поглощают и мелкий живой корм. Основная пища хищных рыб — живые корма. Посаженные вместе с мелкими мирными рыбками, например живородящими, они питаются их молодью и часто взрослыми особями. Искусственно созданный аквариум может служить моделью естественного озера, пруда и т. п. Как и естественный водоём, он представляет собой целостную сложную систему, называемую экосистемой. Такая экосистема при наличии солнечного света или электрического освещения, при комнатной температуре +18—22°С создаёт условия бесконечно долгого существования живых организмов. Растения, животные и микроорганизмы тесно связаны пищевыми цепочками. Естественные и искусственные экосистемы существуют при условии тесной связи продуцентов, консументов, редуцентов.

2. На примере демонстрационных аквариумов (в первом — с мирными рыбами; во втором — с мирными и хищными рыбами) составьте пищевые цепи питания. Цепи питания в тетради обозначьте стрелками.

3. Сделайте вывод о свойствах экосистемы, способах её саморегуляции, об источниках энергии для редуцентов.

13 Изучение бытовых отходов

Цель работы: изучить количество и состав бытовых отходов, образующихся в конкретной квартире.

Оборудование: безмен или другие весы, полиэтиленовые пакеты.

Ход работы

1. Соберите в полиэтиленовый пакет мусор, который накапливается в вашем доме или городской квартире за сутки.

2. Взвесьте его (взвешивание проводите в течение 5 суток, чтобы рассчитать среднее значение бытовых отходов за одни сутки).

3. Рассчитайте, сколько бытовых отходов образуется в вашем доме или квартире за одну неделю, месяц и год.

4. Аргументируйте целесообразность использования для сбора бытовых отходов отдельных контейнеров (для бумаги, стекла, пластиковых изделий, пищевых отходов и т. д.). Можно ли в ваших квартирах

или домах применять разные мусорные вёдра для разделения бытовых отходов, как это делают в Западной Европе?

5. Предложите мероприятия для приобщения населения к экологической культуре утилизации бытовых отходов.

14 Изучение приспособленности организмов к среде обитания

Цель работы: рассмотреть на конкретных примерах морфологические признаки приспособленности организмов к среде обитания.

Оборудование: чучело озёрной чайки, влажный препарат речного окуня, натуральный объект — кактус (любой) в горшке, видеофрагменты о жизнедеятельности выбранных биологических объектов в естественной среде обитания.

Ход работы

1. Назовите каждый биологический объект (родовое и видовое название). Найдите в Интернете латинские названия этих объектов. Запишите их в тетради.

2. Определите, какие морфологические особенности озёрной чайки соответствуют воздушной среде обитания. Запишите их в тетрадь.

3. Назовите морфологические особенности речного окуня, которые соответствуют водной среде обитания. Запишите их в тетрадь.

4. Объясните, какие морфологические особенности кактуса соответствуют засушливой среде обитания. Запишите их в тетрадь.

15 Изучение волновых свойств света

Цель работы: наблюдение явлений дисперсии и дифракции света, углубление знаний об этих явлениях, развитие умения анализировать и сопоставлять результаты экспериментального исследования и делать выводы.

Оборудование: лазерная указка, источник света (например, лампочка от карманного фонаря), трёхгранная призма, дифракционная решётка, источник тока, экран, диафрагма, позволяющая выделить тонкий пучок света.

Ход работы

1. Соедините электрическую лампочку с источником тока, включите её, выделите с помощью диафрагмы узкий пучок света. Направьте его на призму, получите на экране спектр. Скажите, как называется наблюдаемое вами явление, о чём оно свидетельствует.

2. Для проведения этого этапа работы вам необходимы лазерная указка и дифракционная решётка. Дифракционная решётка представляет собой стеклянную пластинку с нанесёнными на неё через равные расстояния штрихами. Если у вас нет готовой дифракционной решётки, сделайте её сами. Для этого возьмите прозрачную пластинку, лучше из обычного стекла. Нанесите очень тонким фломастером или пером несколько штрихов.

3. Направьте луч от лазерной указки на стену, поставьте на его пути дифракционную решётку. Опишите свои наблюдения. Объясните, как называется наблюдаемое вами явление, о чём оно свидетельствует.

4. Повторите опыт, изменяя расстояние между источником света и дифракционной решёткой. Замените дифракционную решётку на другую с меньшим или большим расстоянием между штрихами. Как при этом изменилась дифракционная картина?

5. Сделайте вывод о природе света. Укажите, какой диапазон в шкале Максвелла имеет свет, с которым вы работали.

16 Исследование среды раствора солей и сока растений

Цель работы: исследовать растворы солей и сока растений с помощью индикаторной бумаги, объяснить результаты исследования на основе знания о гидролизе солей и pH раствора.

Оборудование и реактивы: пробирки, растворы карбоната натрия, силиката калия, хлорида натрия, хлорида цинка, нитрата аммония, нитрата калия, сульфата натрия, универсальная индикаторная бумага, сырые овощи (огурец, белокочанная капуста, картофель) и фрукты (яблоко, лимон, груша).

Ход работы

1. Гидролиз солей.

В трёх пробирках без этикеток находятся:

растворы карбоната натрия, хлорида натрия, хлорида цинка (вариант 1);

растворы сульфата цинка, нитрата калия, силиката калия (вариант 2);

растворы нитрата аммония, сульфата натрия, карбоната натрия (вариант 3).

Получите у учителя три пробирки в соответствии с номером вашего варианта. Исследуйте растворы с помощью универсальной индикаторной бумаги. Определите, в какой из пробирок находилась каждая соль. Запишите в тетрадь результаты наблюдений, а также молекулярные и ионные уравнения реакций гидролиза.

2. Изучение pH сока растений.

Острым ножом отрежьте небольшую пластинку от овоща или фрукта. Приложите к нему полоску универсальной индикаторной бумаги. По шкале определите значение pH сока и сделайте вывод о среде раствора в соке. Запишите результаты в тетрадь.

17 Изучение состава почвы

Цель работы: изучить механический состав почвы, получить почвенный раствор и исследовать его.

Оборудование и реактивы: почва, дистиллированная вода, пробирки, лупа, воронка, лабораторный штатив, бумажный фильтр, стеклянная пластинка или часовое стекло, пинцет, спиртовка, лакмусовая бумажка (красная и синяя).

Ход работы

1. Механический анализ почвы.

Заполните пробирку почвой до высоты 2—3 см. Налейте дистиллированную воду, объём которой должен в 3 раза превышать объём почвы. Закройте пробирку пробкой и тщательно встряхивайте в течение 1—2 минут, а затем через лупу понаблюдайте за осаждением частиц почвы и структурой осадков. Опишите и объясните свои наблюдения.

2. Получение почвенного раствора и опыты с ним.

Приготовьте бумажный фильтр, вставьте его в воронку, закреплённую в кольце штатива. Поместите под воронку чистую сухую пробирку и профильтруйте полученную в первом опыте смесь почвы и воды. Перед фильтрованием смесь не следует встряхивать. Почва останется на фильтре, а собранный в пробирке фильтрат представляет собой почвенную вытяжку (почвенный раствор).

Несколько капель этого раствора поместите на стеклянную пластинку и с помощью пинцета подержите её над горелкой до выпаривания воды. Что наблюдаете? Объясните.

Возьмите две лакмусовые бумажки (красную и синюю) и стеклянной палочкой нанесите на них почвенный раствор.

3. Сделайте вывод по результатам наблюдений.

18 Измерение удельной теплоёмкости воды

Цель работы: закрепить знания о процессе теплообмена, тепловом равновесии, тепловом балансе; совершенствовать умение пользоваться термометром, измерять постоянные величины.

Оборудование: термометр, весы с разновесом, мерный цилиндр, калориметр, стакан с водой, калориметрическое тело из известного металла на нити, мешалка, промокательная бумага.

Ход работы

1. Налейте в калориметр 120 мл воды.

2. Измерьте её температуру.

3. Опустите в калориметр нагретый в горячей воде металлический цилиндр (это сделает учитель), температура которого известна.

4. Перемешивайте воду до тех пор, пока температура воды с цилиндром не перестанет изменяться. Измерьте температуру воды.

5. Выньте цилиндр из воды, оботрите его промокательной бумагой и взвесьте.

6. Вычислите количество теплоты, отданное цилиндром воде (Q_1):

$$Q_1 = m_1 c_1 (t_1 - t),$$

где m_1 — масса цилиндра, c_1 — удельная теплоёмкость вещества, из которого изготовлен цилиндр (название вещества подскажет учитель), t_1 — начальная температура вещества (значение назовёт учитель), t — температура воды и цилиндра в состоянии теплового равновесия.

7. Вычислите удельную теплоёмкость воды. Количество теплоты Q_1, отданное цилиндром, равно количеству теплоты, полученному водой, — Q_2: $Q_1 = Q_2$. В свою очередь, количество теплоты, полученное водой, равно: $Q_2 = m_2 c_2 (t - t_2)$, где m_2 — масса воды, c_2 — удельная теплоёмкость воды, t_2 — начальная температура воды, t — температура воды и цилиндра в состоянии теплового равновесия.

8. Вычислите удельную теплоёмкость воды: $c_2 = \dfrac{Q_2}{m_2(t - t_1)}$.

9. Сравните полученное значение удельной теплоёмкости воды с табличным.

10. Объясните, почему полученное вами значение удельной теплоёмкости воды не совпадает с табличным. Как можно уменьшить погрешность измерений в данной работе?

11. Оформите отчёт о проделанной работе и сделайте вывод.

19 Изучение изображения, даваемого линзой

Цель работы: исследовать положение и характер изображения в зависимости от расстояния между предметом и линзой.

Оборудование: двояковыпуклая линза, лампочка от карманного фонаря на подставке, лабораторный источник питания, линейка, экран.

Ход работы

1. Определите фокусное расстояние линзы. Для этого получите на экране чёткое изображение удалённого предмета, например дерева или здания за окном. В этом случае расстояние от линзы до экрана

равно фокусному расстоянию линзы. Запишите значение фокусного расстояния линзы в таблицу.

2. Поместите включённую лампочку от линзы на расстоянии, большем двойного фокусного. Получите чёткое изображение лампочки на экране. Измерьте расстояние от лампочки до линзы и от линзы до экрана. Запишите результаты измерения в таблицу.

3. Перемещайте лампочку к линзе и каждый раз добивайтесь на экране чёткого изображения. Измеряйте расстояние от лампочки до линзы и от линзы до экрана. Записывайте данные в таблицу.

4. Охарактеризуйте изображение лампочки, получающееся в каждом случае, и занесите эту информацию в таблицу.

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ПРЕДМЕТОМ И ЛИНЗОЙ

Расстояние			Характеристика изображения	
фокусное линзы, F (см)	от предмета до линзы, d (см)	от линзы до изображения, f (см)	действительное (мнимое)	увеличенное (уменьшенное)
	$d > 2F$			
	$d = 2F$			
	$2F > d > F$			
	$d = F$			
	$d < F$			

5. Сделайте вывод о зависимости характера изображения от расстояния предмета до линзы.



ПРОЕКТНЫЕ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

Выполнение старшеклассниками обязательного индивидуального проекта предусмотрено новыми образовательными стандартами.

Проектная деятельность — самостоятельная творческая деятельность, результатом которой является информационный продукт — оформленный проект, обладающий новизной.

В работе над проектом или исследованием можно выделить 6 этапов:

1-й этап — **подготовка:** формулирование темы, целей и задач, определение источников информации (список литературы, сайты Интернета, средства масс-медиа и др.) для достижения результатов и решения поставленных задач;

2-й этап — **планирование:** выбор способов отбора и анализа информации, разработка плана действий; выдвижение гипотез, которые будут подтверждены или опровергнуты в ходе работы;

3-й этап — **исследование:** разработка методики проведения эксперимента и её реализация в процессе выполнения проекта;

4-й этап — **подведение итогов и формулирование выводов:** анализ собранной теоретической и экспериментальной информации, оформление и запись результатов умозаключений;

5-й этап — **представление результатов:** подготовка презентации, выступление с основными идеями проведённой работы, участие в научной дискуссии;

6-й этап — **рефлексия:** самооценка и оценка результатов и процесса работы учителем, одноклассниками и др.

В этом разделе учебника приведены естественно-научные эксперименты, которые могут послужить основой для вашей творческой работы. Поэтому ознакомьтесь со всеми исследовательскими работами, выберите три, которые вам необходимо выполнить. Из этих трёх определите ту работу, которая вас наиболее заинтересовала. Если вы захотите на её основе провести собственное индивидуальное исследование, работайте по плану из 6 этапов, перечисленных выше.

1 Качественное определение важнейших примесей в воде

Визуальное (органолептическое) определение показателей воды

Возьмите пробы воды из различных природных источников (ручья, реки, озера, пруда или другого водоёма). Забор пробы лучше осуществлять с моста или лодки на глубине примерно 50 см в объёме нескольких литров, соблюдая при этом меры предосторожности. Внимательно изучите внешний вид образца воды: цвет, запах, прозрачность, наличие твёрдых частичек или маслянистых загрязнений. Внесите наблюдения в таблицу показателей по каждому источнику образца воды (табл. 1).

Таблица 1

ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЫ В РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ

Показатели воды / Источник	Цвет	Прозрачность (мутность)	Запах	Вкус	Наличие примесей, осадка
Ручей					
Река					
Озеро					
Пруд					

Определение характера и интенсивности запаха. Запах воды желательно определять в помещении, где нет посторонних запахов. Кроме того, важно, чтобы запах одной и той же пробы воды определяли несколько человек (2—3).

В колбу объёмом 200 мл налейте 100 мл исследуемой воды, закройте её пробкой и сильно взболтайте. Выньте пробку и определите характер и интенсивность запаха исследуемой пробы воды с помощью таблиц 2 и 3.

Таблица 2

ХАРАКТЕР ЗАПАХА ВОДЫ

Характер запаха	Аналог запаха
Неопределённый	Нет аналога
Травянистый	Запах сена, покоса
Сероводородный	Тухлых яиц

Окончание табл. 2

Характер запаха	Аналог запаха
Затхлый	Плесени, застойного воздуха
Прелый	Свежевспаханной земли
Древесный	Коры деревьев, мокрых опилок
Фекальный	Сточных вод, гнили
Болотный	Тины, ила, цветущей застойной воды
Ароматный	Цветов, огурцов, яблок

Таблица 3

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗАПАХА ВОДЫ

Интенсивность запаха	Характеристика запаха
Очень сильный	Интенсивный, сразу ощущается; вода непригодна для питья
Отчётливый	Чувствуется отчётливо; вода непригодна для питья
Ощутимо заметный	Обнаруживается без труда; вода непригодна для питья
Слабый	Ощущается не сразу, но чувствуется, если сосредоточиться
Очень слабый или отсутствует вовсе	Может быть зафиксирован только опытным исследователем в лаборатории или отсутствует вообще

Определение вкуса воды. Отметим, что вкус стоит определять только у тех проб воды, которые имеют слабый запах или не имеют его вовсе. Определение данного показателя воды очень сильно зависит от личного опыта исследователя, поэтому вполне допустимо, что исследователи будут чувствовать различные привкусы. Пробу воды 20 мл прокипятите на плитке. После её остывания до комнатной температуры 10—15 мл воды, не проглатывая, 1—2 минуты подержите во рту, пытаясь максимально задействовать рецепторы языка и нёба.

Определение цвета и прозрачности/мутности воды. Химики определяют цвет воды с помощью специальной шкалы цветности. Цветность — это определённый цветовой оттенок воды. Чистая вода не должна иметь почти никакого цвета.

В демонстрационную пробирку высотой 15—20 см или стеклянный цилиндр налейте исследуемую воду, под него положите лист белой бумаги (в качестве фона). Заполните пробирку водой до высоты

10—12 см. Определите цветность воды, рассматривая воду сверху при достаточном боковом освещении. Выберите наиболее точное название оттенка: слабо-желтоватая, светло-желтоватая, жёлтая, интенсивно-жёлтая, коричневая, красно-коричневая, другая (укажите — какая).

Для определения мутности воды мерный цилиндр с прозрачным дном установите на газетной или книжной странице с текстом. Подливайте в цилиндр порциями по 10 мл воду из анализируемого источника до тех пор, пока текст, на который вы смотрите сверху через толщу воды, не будет расплываться.

Измерьте линейкой высоту столба жидкости. Условно принимая степень определения прозрачности дистиллированной воды за 100%, определите степень прозрачности исследуемой пробы, разделив высоту её столба на высоту столба дистиллированной воды и умножив полученный результат на 100%.

Определение наличия примесей, осадка. В двухлитровую колбу наберите исследуемую воду, взболтайте её, поставьте на стол. Через 1—2 часа охарактеризуйте осадок в такой градации: отсутствует, незначительный, заметный, большой. Если осадок есть, определите его характер (хлопьевидный, песчаный, илистый и т. д.) и цвет, а также опишите осветление воды над осадком. Наличие масел оцените также визуально — об этом свидетельствуют жирные пятна на поверхности воды.

Измерение плотности воды

Для измерения плотности воды потребуется ареометр, позволяющий сделать это с точностью до тысячных долей. Опустите ареометр в стакан с исследуемым образцом и узнайте плотность воды. Помимо температуры плотность воды зависит от содержания в ней растворённых веществ. Проведите испытания с каждым из образцов и результаты занесите в таблицу 4.

Определение реакции среды (pH). Это можете сделать с помощью универсальной индикаторной бумаги.

Определение органических веществ. К исследуемым образцам добавьте по несколько капель 0,5%-х растворов перманганата калия (марганцовки) и серной кислоты. При нагревании происходит изменение окраски, что говорит о наличии в воде органических веществ, способных окисляться раствором перманганата калия.

Определение хлорид-ионов. Для этого к исследуемым образцам добавьте несколько капель раствора нитрата серебра. Если растворы помутнели, значит, хлорид-ионы присутствуют.

Определение сульфат-ионов. Проводится таким же образом, что и предыдущее исследование, только с добавлением нескольких капель раствора хлорида бария.

Определение ионов железа (III). В пробы исследуемых образцов добавьте 3—4 капли концентрированной азотной кислоты и кипятите 2—3 минуты с целью окисления ионов железа (II) в ионы железа (III). После охлаждения добавьте 3—4 капли раствора роданида аммония. Окрашивание растворов в красный цвет свидетельствует о наличии ионов железа (III).

Определение ионов меди (II). К пробам исследуемых образцов добавьте раствор аммиака, который при взаимодействии с ионами меди образует сначала осадки основных солей сине-зелёного цвета, которые затем в избытке реагента образуют растворимые аммиакаты меди интенсивного синего цвета:

$$Cu^{2+} + 4NH_3 \cdot H_2O = Cu(NH_3)_4^{2+} + 4H_2O.$$

Определение ионов магния. К пробам исследуемых образцов добавьте по 5 капель растворов хлорида аммония, гидрофосфата натрия и аммиака. Появление белого кристаллического осадка аммоний-магний-фосфата, растворимого в уксусной кислоте, свидетельствует о наличии в воде ионов магния:

$$Mg^{2+} + HPO_4^{2-} + NH_3 \cdot H_2O = NH_4MgPO_4 + H_2O.$$

Определение нитритов. К 2 мл исследуемой воды добавьте 2 мл физиологического раствора и 2 мл ривanольного раствора (1 таблетку ривanола, купленного в аптеке, растворяют в 200 мл 8%-й соляной кислоты). Если появляется бледно-розовая окраска, это говорит о недопустимости уровня содержания нитритов в воде.

Таблица 4

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Показатели воды / Источник	Реакция среды (pH)	Органические вещества	Cl^-	SO_4^{2-}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Mg^{2+}	NO_2^-
Ручей								
Река								
Озеро								
Пруд								

Сравните качество воды из различных источников и её пригодность для бытовых и промышленных нужд, используя предельно допустимые концентрации. Предложите свои способы улучшения качества воды.

2 Способы улучшения качества воды

Приготовление биологически активной воды

В домашних условиях несложно получить разные виды биологически активных вод: талую, намагниченную, серебряную, кремниевую и даже шунгитовую (табл. 5). Минералы, установки для подготовки активированной воды стали доступнее, они представлены в аптечной и торговой сети и применяются во многих семьях.

Таблица 5

ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ

Активированная вода	
Вид воды	**Способ получения**
Водопроводная	Налейте в открытую ёмкость и оставьте в течение суток для удаления остаточного хлора
Талая водопроводная	Заморозьте отстоянную воду и дайте ей растаять при комнатной температуре
Талая снеговая	Растопите чистую порцию снега при комнатной температуре
Серебряная	Положите на сутки в отстоянную водопроводную или родниковую воду серебро (монету, ложку или ювелирное украшение)
Обогащённая серебром при помощи ионатора	Делайте всё по инструкции, прилагающейся к ионатору
Кремниевая	Оставьте кусочек кремния на сутки в воде
Шунгитовая	Поместите шунгит на сутки в ёмкость с водой
Живая и мёртвая	Делайте всё по инструкциям, прилагаемым к установкам по подготовке активированной воды (УПВ-3-1 и др. типов)
Магнитная	Подвесьте кусок магнита на период эксперимента с внешней стороны от стеклянной банки с водой

Выберите серию экспериментов с учётом имеющихся в домашнем хозяйстве средств для получения активированной воды. Ею предстоит поливать репчатый лук для получения витаминной зелени (на один опыт потребуется 3—4 небольшие головки). Субстратом для выращивания витаминной зелени может служить земля, опилки, речной песок или вата. Луковицы высаживаются в небольшие одноразовые пластиковые стаканчики, которые надо пронумеровать.

Подписанные стаканчики с луком разместите в небольшой коробке на подоконнике и умеренно поливайте через день активированной водой разного вида (по столовой ложке).

Чтобы обеспечить равномерность в освещении, через каждые 3—4 дня поворачивайте коробку. Настоящие естествоиспытатели ежедневно записывают в тетради наблюдения, в проведении опытов возможны определённые коррективы. Если в комнате очень тепло и воздух достаточно сухой, а лук начинает вянуть, увеличьте полив до 2—3 ложек.

Через 2 недели лук подрастёт. Срежьте его до основания, разложите по порциям соответственно сериям экспериментов, измерьте длину всех перьев. Суммарная величина и будет итоговым показателем. Сделайте вывод о влиянии различных видов воды на рост растений.

Салат с луком, выращенным своими руками, будет аппетитным и прекрасным дополнением к обеду.

Вымораживание воды

В домашних условиях чистую структурированную, полезную для здоровья воду можно получить методом вымораживания. Лёд имеет кристаллическую структуру, состоящую из молекул воды. Инородным примесям, в том числе растворённым в воде солям, газам и красителям, при замерзании не остаётся места в кристаллической решётке. Они стекают по структурам кристаллической решётки вместе с загрязнёнными остатками воды. Если процесс замерзания остановить при температуре от –1—6°С, то в кристалликах льда будет только чистая вода. Жидкий остаток — «бульон» из примесей, солей и раствора грязи — вреден для здоровья человека. Речь идёт не только о патологических изменениях в кровеносных сосудах и суставах или о занесении в ткани и клетки чужеродных соединений. Доказано, что некачественная вода особенно влияет на функции мозга, на три четверти состоящего из воды.

Опыт показал, что воду лучше замораживать при температуре –1—6°С, остаток сливать, в нём будут все вредные примеси. За ночь при данной температуре замерзает примерно две трети воды. Вымораживание можно проводить в морозильной камере, установив регулятор на –4—6°С. В качестве ёмкости подойдут кастрюли, пластиковые стаканы, бутылки со срезанным горлышком. Воду обязательно закрывайте крышкой или полиэтиленовым пакетом.

Для выполнения эксперимента приготовьте 4 одинаковые ёмкости для воды объёмом 200—300 мл, разрезав пластиковые бутылки пополам. Нижнюю часть используйте под воду, верхней, с закрученной крышкой, закройте воду.

Ёмкости пронумеруйте, мерным стаканчиком налейте одинаковое количество воды: в первую — кипячёную воду; во вторую — любую

минеральную лечебную воду (например, «Боржоми»); в третью — ржавую или бытовую грязную воду (например, после мытья посуды); в четвёртую — воду, окрашенную зелёнкой или марганцовкой.

Поставьте ёмкости с водой на 6—7 часов в морозильную камеру или на балкон, если эксперимент проводится в зимнее время. Результаты наблюдения запишите в таблицу 6.

Таблица 6

ВЫМОРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Наблюдение	Вид воды			
	кипячёная	минеральная	грязная	окрашенная
Время замерзания (ч)				
Внешний вид льда (прозрачный, непрозрачный, с газовыми включениями, с мутью и т. п.)				
Вид незамёрзшей воды в сердцевине				
Внешний вид оттаявшего остатка				

Сделайте выводы об эффективности очистки воды методом вымораживания. Предложите пути использования такой воды в различных областях народного хозяйства.

3 Определение жёсткости воды

Качественное определение жёсткости воды с помощью раствора мыла

В три пробирки налейте по 10 мл воды дистиллированной, водопроводной некипячёной и водопроводной кипячёной.

В каждую пробирку бросьте по равному кусочку мыла, в течение 1—2 минут потрясите пробирки, добиваясь более полного его растворения. Затем пусть вода отстаивается. Измерьте высоту пены и опишите внешний вид полученных растворов — наличие хлопьевидного

осадка, его количество, прозрачность раствора и т. д., результаты запишите в таблицу (для примера дана табл. 7).

Таблица 7

ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТВОРА МЫЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВОДЫ

Тип воды	Полученный раствор
Водопроводная	Мутный, много осадка в виде хлопьев
Кипячёная	Мутный, осадка почти нет
Дистиллированная	Почти прозрачный, осадка нет

Работу можно усложнить — исследовать воду на предмет жёсткости с помощью соков некоторых ягод. В быту индикатором жёсткости воды может быть сок чёрной смородины, черноплодной рябины, черники. В них содержатся органические кислоты, способные образовывать осадки с катионами кальция или магния. Это приводит к небольшим отклонениям pH среды, и, соответственно, природный цвет ягодных соков изменяется. Учащиеся и студенты могут разработать технологическую карту проведения эксперимента с соками этих ягод.

Следующий опыт требует применения труднодоступных реактивов для школьной практики, но их можно одолжить в организациях, где проводится мониторинг воды.

Определение общей жёсткости воды

В коническую колбу влейте 50 мл исследуемой воды, 3 мл аммиачного буферного раствора, положите в него несколько кристалликов индикатора хромогена чёрного и титруйте раствор трилона Б (титрование — постепенное прибавление раствора известной концентрации к анализируемому раствору с целью установления концентрации последнего) до перехода красно-фиолетовой окраски на сине-фиолетовую. Общую жёсткость воды рассчитайте по формуле:

$$Ж_{общ} = \frac{C \cdot V_1}{V_2} \cdot 1000 \left[\frac{мг\text{-}экв}{л}\right],$$

где V_1 — объём раствора трилона Б, израсходованный на титрование (мл); V_2 — объём воды, взятой для титрования (мл); C — концентрация трилона Б.

Повторите опыт с каждой пробой воды.

Определение карбонатной жёсткости

В коническую колбу влейте 100 мл воды, прибавьте 2—3 капли раствора индикатора метилового оранжевого. Пробу титруйте 0,1 н раство-

ром соляной кислоты до перехода жёлтой окраски в устойчивую оранжевую. Рассчитайте карбонатную жёсткость по формуле:

$$Ж_к = \frac{V_{HCl} \cdot C}{V_{воды}} \left[\frac{мг\text{-}экв}{л}\right],$$

где V_{HCl} — объём соляной кислоты (мл); C — концентрация соляной кислоты; $V_{воды}$ — объём воды, взятой для анализа (л).

Повторите опыт с каждой пробой воды. Результаты исследований занесите в таблицу 8.

Таблица 8

ОБЩАЯ И КАРБОНАТНАЯ ЖЁСТКОСТЬ ВОДЫ

Вода	Жёсткость воды	
	общая	карбонатная
Водопроводная		
Дистиллированная		
Речная		
Озёрная		
Родниковая		

Результаты проведённого эксперимента позволяют ответить на следующие практические вопросы:

а) в какой воде лучше растворяется мыло;

б) какую воду целесообразнее использовать для стирки, мытья волос, умывания, использования в системе охлаждения автомобильного двигателя;

в) как улучшить растворимость мыла в водопроводной воде;

г) как можно уменьшить количество растворённых веществ в жёсткой воде.

4 Определение растворённого кислорода в воде по методу Винклера

Этот метод основан на том, что кислород в щелочной среде способен окислять гидроксид марганца (II) — он образуется при добавлении в воду соли марганца (II) — до кислоты H_2MnO_3. Эта кислота, в свою очередь, вытесняет в кислой среде иод из иодида калия, эквивалент-

ный содержанию растворённого в воде кислорода. Этот иод может быть оттитрован тиосульфатом натрия:

$$2NaOH + MnCl_2 = Mn(OH)_2 + 2NaCl,$$

$$2Mn(OH)_2 + O_2 = 2H_2MnO_3,$$

$$H_2MnO_3 + 2H_2SO_4 + 2KI = MnSO_4 + I_2 + K_2SO_4 + 3H_2O,$$

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaI + Na_2S_4O_6.$$

Кислородный режим оказывает глубокое влияние на жизнь водоёма. Минимальное содержание растворённого кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет около 5 мг/л. Понижение его до 2 мг/л вызывает массовую гибель рыб. Неблагоприятно сказывается на их состоянии и пресыщение воды кислородом. Как сильный окислитель кислород играет важную санитарно-гигиеническую роль, способствуя быстрой минерализации остатков организмов. Для техники большое значение имеет деполяризующее действие растворённого кислорода, от которого зависит интенсивность протекания коррозии металлов.

Фиксация кислорода

Колбу объёмом 500 мл с притёртой пробкой наполните до краёв исследуемой водой и сразу же с помощью пипетки, которую погружайте каждый раз до половины колбы и по мере выливания раствора поднимайте вверх, прибавьте 1 мл раствора хлорида марганца и 1 мл щелочного раствора иодида калия. После этого колбу закройте притёртой пробкой и перемешивайте раствор, много раз переворачивая колбу. Оставьте её в покое, пока осадок максимально осядет на дно.

Определение кислорода

Откройте колбу и осторожно, чтобы не поднялся осадок, добавьте 5 мл соляной кислоты 2 : 1. Затем вновь закройте пробкой и взболтайте содержимое колбы до полного растворения осадка. Жидкость окрашивается в жёлтый цвет выделившимся иодом.

Заполните 0,02 н раствором тиосульфата натрия бюретку. В другую колбу объёмом 500 мл отлейте 150 мл содержимого первой колбы (зафиксируйте этот объём V_{150}, мл) и титруйте до светло-жёлтой окраски. Затем долейте в неё 1 мл 0,5% -го раствора крахмала. Продолжайте титрование до полного исчезновения синей окраски (запишите объём израсходованного раствора тиосульфата натрия $V_{Na_2S_2O_3}$, мл).

Расчёт содержания растворённого в воде кислорода (m_{O_2}, мг/л) делайте по формуле:

$$m_{O_2} = 8 \cdot V_{Na_2S_2O_3} \cdot C_{1/2Na_2S_2O_3} \cdot 1000/(500 - V_{150}),$$

где $V_{Na_2S_2O_3}$ — объём тиосульфата натрия, израсходованный на титрование (мл); $C_{1/2Na_2S_2O_3}$ — нормальная концентрация раствора тиосульфата натрия (моль/л); $500 - V_{150}$ — объём оттитрованной пробы (мл).

Рекомендации для организации исследовательской деятельности:

1) исследуйте воду различных водоёмов (реки, озера, пруда) на предмет содержания растворённого в ней кислорода, сделайте практические выводы;

2) исследуйте воду различных водоёмов (реки, озера, пруда) на предмет содержания растворённого в ней кислорода в зависимости от глубины водных слоёв (поверхностных, срединных, придонных), сделайте практические выводы;

3) исследуйте воду различных водоёмов (реки, озера, пруда) на предмет содержания растворённого в ней кислорода в зависимости от сезона года, сделайте практические выводы.

5 Исследование жевательной резинки

Обыкновенная жевательная резинка — это совокупность многих органических веществ (резиновая основа из каучуков, пищевых добавок, многоатомных спиртов, аминокислот и др.). Поэтому исследование её позволяет лучше усвоить характерные свойства компонентов жевательной резинки, закрепить практические умения и навыки обращения с химическим оборудованием.

Для исследования можно взять известные жевательные резинки — «Orbit», «Dirol», «Stimorol» и т. п.

Исследование свойств резиновой основы

Оставшуюся после жевания резинку разделите на четыре части и поместите их в отдельные пробирки. Налейте в первую пробирку этиловый спирт, во вторую бензин (керосин), в третью концентрированную соляную кислоту, в четвёртую — растительное масло так, чтобы кусочек жвачки был полностью покрыт жидкостью.

Сделайте вывод о сравнительной устойчивости полимера (бутадиенового и изопренового каучуков) в различных средах.

Обнаружение многоатомных спиртов

В пробирку поместите измельчённую оболочку одной подушечки или пластинки жвачки и добавьте 3 мл дистиллированной воды, встряхните несколько раз до получения мутного раствора. Затем добавьте в него раствор едкого натра и 3 капли раствора медного купороса. Встряхните содержимое пробирки ещё раз и наблюдайте образование ярко-синего раствора. Это свидетельствует о наличии в составе жевательной резинки многоатомных спиртов (ксилита, маннита и т. д.).

Обнаружить многоатомные спирты можно и другим способом. Мелко нарезанную жвачку поместите в пробирку и добавьте этилового спирта, чтобы жидкость покрыла её. Закройте пробирку пробкой и энергично трясите в течение минуты. Профильтруйте смесь и определите наличие многоатомных спиртов так, как это было сделано ранее.

Обнаружение аминокислот

Многие жевательные резинки в качестве подсластителя содержат аспартам, в структуру которого входят остатки фенилаланина. Его легко можно обнаружить, если к спиртовому экстракту жевательной резинки добавить концентрированной азотной кислоты, а затем содержимое нагреть. Характерное жёлтое окрашивание свидетельствует о наличии в составе жевательной резинки фенилаланина.

Исследование свойств ментола

Для этой цели возьмите пластинку или подушечку жевательной резинки с ментолом (с подушечки удалите оболочку). Резинку мелко нарежьте и поместите в пробирку, куда затем добавьте 5—6 мл этилового спирта. Смесь энергично потрясите и профильтруйте. Фильтрат разделите на две равные части.

Если к первой порции фильтрата долить воду, то происходит помутнение, так как ментол в воде очень плохо растворяется. Этот осадок растворится, если добавить новую порцию этилового спирта (ментол хорошо растворяется в этиловом спирте).

Ко второй порции фильтрата осторожно добавьте 8—10 капель концентрированной серной кислоты и 1 каплю бензальдегида так, чтобы жидкости не перемешались. Тогда более тяжёлая серная кислота опустится вниз, а на границе жидкостей появится фиолетовое окрашивание — вы видите качественную реакцию на ментол.

Эту реакцию можно выполнить более простым способом: немного измельчённой жвачки поместите в фарфоровую чашечку и залейте её концентрированной серной кислотой с добавкой бензальдегида.

Обнаружение серы

Возьмите 3 г измельчённой жевательной резинки, поместите в пробирку и залейте 10—11 мл воды. Через 15 минут содержимое пробирки профильтруйте. Остаток просушите на воздухе, поместите в пробирку, закройте её газоотводной трубкой и нагрейте на пламени спиртовки. Пары пропустите через раствор ацетата свинца, в результате чего выпадет чёрный осадок.

Внимательно изучите обёртки известных вам жевательных резинок. Найдите различные группы пищевых добавок (подсластители, красители, стабилизаторы, органические кислоты) и их индексы.

Жевательные резинки часто содержат стабилизатор Е-422 — это глицерин (при всасывании в кровь обладает токсическим действием), эмульгатор Е-322 — это лецитины и фосфатиды (ускоряют слюноотделение, что пагубно сказывается на пищеварении) и т. д. Изучите влияние жевательной резинки на организм человека.

6 Исследование шоколада

Как и жевательная резинка, шоколад с точки зрения химического состава представляет собой богатую композицию жиров, белков, углеводов, дубильных веществ, кофеина, теобромина и т. д. Для вашего эксперимента достаточно будет исследовать шоколад на содержание в нём первых трёх групп органических веществ. Будет полезно сравнить разные марки горького и молочного шоколада по содержанию в них жиров, белков и углеводов и сформулировать рекомендации по применению этого кондитерского продукта людьми разных возрастных групп, профессий и склонности к полноте.

Обнаружение углеводов

Поместите в пробирку на 1 см по высоте тёртого шоколада и добавьте к нему 2—3 мл воды. Энергично встряхивайте в течение минуты содержимое пробирки, затем профильтруйте его. Разделите фильтрат на две пробирки. Добавьте к первой 2—3 мл раствора едкого натра и 3—5 капель раствора медного купороса. Встряхните содержимое пробирки — и увидите ярко-синий раствор. Это свидетельствует о наличии в составе шоколада многоатомных спиртов.

Обнаружение белков

К фильтрату во второй пробирке добавьте 0,5 мл концентрированной азотной кислоты. Смесь нагрейте. Вы увидите осадок жёлтого цвета, который приобретает оранжевую окраску при добавлении к нему раствора аммиака. Это известная качественная реакция на белки — ксантопротеиновая.

Обнаружение непредельных жиров

Жир в составе шоколада легко обнаружить по жирному пятну, которое оставляет кусочек шоколада на фильтровальной бумаге под прессом. Если на такое пятно капнуть 0,5 н раствора перманганата калия, то пятно окрашивается в бурый цвет из-за образующегося оксида марганца (IV). Остатки непредельных кислот, входящих в состав шоколада, окисляются перманганатом калия по месту двойной связи с образованием двух гидроксогрупп.

Горький шоколад самый полезный — и прежде всего из-за высокого содержания какао-бобов. Предложите методику исследования, чтобы подтвердить или опровергнуть данное мнение.

7 Исследование чипсов

Чипсы — это излюбленная еда детей и молодёжи. Многие из вас думают, что чипсы состоят только из картофеля, растительного масла и соли. Однако, изучив упаковку чипсов, можно увидеть, что в состав большинства из них входят ещё лактоза, глутамат натрия (усилитель вкуса), натуральные и натурально-идентичные ароматические вещества, фосфат натрия. Кроме того, в чипсах содержится акриламид — органическое соединение, которое обладает канцерогенным действием, т. е. вызывает рак. В процессе данной работы полезно будет сравнить различные марки чипсов.

Горение чипсов

Тигельными щипцами возьмите по одному большому ломтику чипсов из каждого исследуемого пакетика. Поднесите его к пламени спиртовки и наблюдайте горение. Каждый ломтик горит коптящим пламенем, сравнимым с пламенем горящей резины. Отметьте интенсивность копоти пламени для различных марок чипсов.

Исследование механической прочности чипсов

Возьмите по одному большому ломтику чипсов из каждого исследуемого пакетика, постарайтесь, чтобы чипсы разных марок были приблизительно одинакового размера и толщины. На каждом ломтике аккуратно сделайте иголкой две дырочки на противоположных концах. Подвесьте за одну дырочку ломтик на крючочек (его можно сделать из обычной скрепки и закрепить в лапке лабораторного штатива). В другую дырочку проденьте сделанный из скрепки S-образный крючочек. Подвешивайте, как ёлочные игрушки на ёлку, на вторую половину крючочка различные грузики в порядке увеличения их массы, пока чипс не разломается на кусочки. Сравните механическую прочность чипсов разных марок, попробуйте дать этому объяснение.

Обнаружение жиров

Возьмите по одному большому ломтику чипсов разных марок, но приблизительно одинакового размера и толщины. Заверните ломтики по отдельности в фильтровальную бумагу и осторожно раздавите их. Кусочки чипсов с фильтровальной бумаги поместите в пронумерованные стаканчики (для следующего анализа).

Посмотрите на образовавшееся в каждом случае жирное пятно на просвет и сделайте вывод о количестве масла по размеру пятна и интенсивности пропускаемого через него света.

Если на каждое такое пятно капнуть 0,5 н раствора перманганата калия, то пятна окрасятся в бурый цвет из-за образующегося оксида марганца (IV). Остатки непредельных кислот, входящих в состав чипсов, окисляются перманганатом калия по месту двойной связи с обра-

зованием двух гидроксогрупп. Сравните содержание жиров в чипсах разных марок.

Обнаружение крахмала

Возьмите по одному большому ломтику чипсов разных марок, но приблизительно одинакового размера и толщины. Капните раствор иода на каждый ломтик, отметьте интенсивность окраски.

Обнаружение хлорида натрия

Возьмите по одному большому ломтику чипсов разных марок, но приблизительно одинакового размера и толщины. Взвесьте каждый ломтик, измельчите их и поместите в пронумерованные пробирки, налейте в них на треть объёма воды. Нагревайте содержимое пробирок в течение минуты, охладите растворы и профильтруйте их. Часть фильтратов поместите в фарфоровые чашечки и выпарьте их. Кристаллики получившейся соли поднесите к пламени спиртовки с помощью проволоки.

К оставшимся фильтратам добавьте по 3 капли раствора нитрата серебра, отметьте интенсивность выпавших осадков. Сравните содержание хлорида натрия в чипсах разных марок.

Предложите методику определения акролеина в чипсах, изучите воздействие этого вещества на организм.

8 Исследование чая

Чай пьют сотни миллионов людей во всех странах земного шара. В зависимости от традиций и природных условий страны чай пьют разного вида.

Особенности химического состава чая обусловлены его свойствами: способностью оказывать бодрящее действие на организм человека, лучше других напитков утолять жажду, прекращать головные боли и т. д.

Существуют следующие виды чая: чёрный, зелёный, жёлтый, белый, красный. Каждый из видов имеет свои специфические особенности, вытекающие из конкретных требований, предъявляемых к данному виду продукта. Но все виды чая тем не менее содержат разнообразные полезные вещества, и среди них такие редкие и ценные, как кофеин, теобромин, таннин, эфирные масла, витамины и другие.

Выделение кофеина из чая

В фарфоровую чашечку (или тигель) поместите тщательно перемешанную смесь, состоящую из чайной ложки измельчённого в ступке чая и 2 г оксида марганца, нагрейте на умеренном огне (электроплитке, горелке и т. п.). Сверху чашку (или тигель) накройте другой чашкой

с налитой в неё холодной водой. Содержащийся в чае кофеин в присутствии оксида магния возгоняется и оседает в виде игольчатых кристаллов на поверхности чашки с водой.

Качественная реакция на кофеин

На стеклянную пластинку или в чистую фарфоровую чашечку поместите несколько полученных кристаллов кофеина и осторожно добавьте 1—2 капли концентрированной азотной кислоты. Вы увидите жёлтое окрашивание. При добавлении 1—2 капель раствора аммиака вы сможете наблюдать пурпурное окрашивание вследствие образования аммонийной соли тетраметилпурпуровой кислоты.

Выделение таннина из чая

50 г чая залейте 100 мл кипятка и прокипятите 5—10 минут. Раствор профильтруйте. 2 мл полученного фильтрата оставьте для определения содержания в нём витамина С. В оставшийся фильтрат добавьте 10—15 г ацетата свинца — выпадает осадок танната свинца. С него аккуратно слейте жидкость, промойте его горячей водой несколько раз, чтобы удалить избыток ионов свинца. Отфильтруйте осадок и промойте его 10—20 мл 2%-го раствора серной кислоты. В фильтрат добавляйте по каплям 1%-й раствор гидроксида бария для нейтрализации избытка кислоты в виде осадка сульфата бария, который ещё раз отфильтруйте. Полученный прозрачный раствор и содержит таннин, который выпаривают на водяной бане.

Качественные реакции на таннин

Полученный таннин разделите на две пробирки. В первую добавьте воды и несколько капель хлорида железа (III). Вы видите, что раствор окрасился в тёмно-фиолетовый цвет. Во вторую пробирку долейте раствор ванилина в соляной кислоте — наблюдается малиновое окрашивание. Последняя реакция является качественной не только на таннин, но и на целый класс органических соединений — катехинов.

Определение витамина С в чае

Это исследование основано на том, что аскорбиновая кислота легко окисляется иодом. 2 мл отфильтрованного чайного раствора (см. *Выделение таннина из чая*) вылейте в колбу и добавьте 8 мл воды и 1—2 мл раствора крахмала. В полученную смесь по каплям прибавьте раствор иода до появления синего окрашивания, которое не исчезает 10—15 секунд.

Определение витамина Р в чае

Столовую ложку сухого чая насыпьте в стакан и залейте 25 мл горячей воды. Дайте отстояться в течение 30 минут, затем профильтруйте. В колбу отмерьте 15 мл фильтрата, добавьте 15 капель индигокармина

и 15 мл дистиллированной воды. Далее титруйте полученный раствор 0,05 н раствором перманганата калия до светло-коричневого цвета. Содержание витамина Р в чае определите по формуле:

$$S = 15 \cdot V,$$

где S — содержание витамина Р в чае; V — объём 0,05 н раствора перманганата калия, потраченного на титрование.

Сравните содержание танина, кофеина и витамина С в сортах чёрного и зелёного чая на основании визуальных наблюдений, а витамина Р — по результатам количественного анализа.

9 Исследование молока

Молоко — ценный пищевой продукт, который содержит белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные соли, ферменты и т. д. Содержание белков в магазинном молоке составляет 3—4%, жиров 2,7—6,0%, углеводов 4,5—5,0%. В России законодательно принята маркировка молока, которая позволяет отличать натуральное молоко от молочных напитков, изготовленных на основе сухого порошка. Тем не менее вам будет полезно исследовать и сравнить состав различных торговых марок натурального коровьего молока и молочных напитков.

Определение кислотности молока

Налейте в колбу 10 мл молока или молочного напитка, 20 мл дистиллированной воды и добавьте 5 капель спиртового раствора фенолфталеина. Содержимое колбы хорошо взболтайте и титруйте его 0,1 н раствором едкого натра до появления заметного розового окрашивания. Объём (мл) затраченного на титрование раствора щёлочи умножьте на 10. Результат этого математического действия и представляет собой кислотность молока, выраженную в условных единицах — градусах Тернера, которые рассчитываются на 100 мл молока или молочного напитка (отсюда понятно, почему объём щёлочи необходимо умножить на 10). Свежее молоко имеет 16—18 градусов кислотности из-за содержащегося в нём казеина — белка с кислотными свойствами, а также кислых солей ортофосфорной и лимонной кислот. Со временем кислотность молока возрастает из-за молочнокислого брожения лактозы. Предельная кислотность свежего молока — 20 градусов. Если кислотность выше, то молоко начинает скисать.

Определение содержания белков

Налейте в колбу 10 мл молока или молочного напитка, подогретого до +30°С, 20 мл дистиллированной воды и добавьте 5 капель спиртового раствора фенолфталеина, содержимое колбы хорошо взболтайте и титруйте его 0,1 н раствором едкого натра до появления заметного розо-

вого окрашивания. После этого долейте в колбу 2 мл нейтрального раствора формалина (для его получения к 100 мл 40%-го раствора формальдегида добавляют 4—5 капель спиртового раствора фенолфталеина, который титруют щёлочью до появления бледно-розовой окраски). Перемешивайте содержимое колбы и отметьте исчезновение окраски. Затем проведите ещё одно титрование содержимого колбы — вновь до заметного розового окрашивания. Для расчёта содержания белков объём щёлочи, израсходованной на титрование после добавления формалина, умножьте на коэффициент 1,92.

Определение лактозы в молоке

Налейте в колбу 10 мл молока или молочного напитка, столько же воды и добавьте несколько капель уксусной кислоты для свёртывания молока. Выделившийся казеин отфильтруйте. Возьмите 5—10 мл фильтрата и проводите с ним реакцию «серебряного зеркала», которая свидетельствует о наличии в сахарах альдегидной группы. Содержащийся в молоке дисахарид лактоза при гидролизе образует два моносахарида — глюкозу и галактозу.

Исследование молока на содержание в нём бактерий — редуктивная проба

К 10 мл исследуемого молока или молочного напитка в химическом стакане добавьте 1 мл 1%-го водного раствора метиленовой сини. Поместите в термостат при температуре 40°С, пронаблюдайте, сколько времени будет продолжаться обесцвечивание метиленовой сини. Если оно продолжается более 3 часов, то в 1 мл такого молока содержится менее 500 тыс. бактерий и оно относится к I классу; если 1—3 часа — бактерий до 4 млн и молоко относится ко II классу; если менее часа — бактерий до 20 млн и молоко относится к III классу.

Сравните состав различных торговых марок натурального коровьего молока и молочных напитков. Дайте практические рекомендации по их использованию в питании.

10 Исследование сигарет

В состав табака и табачного дыма входят различные вещества: никотин, фенолы различного строения, алкалоиды и т. д. Исследование этих веществ и составляет цель данной работы.

Получение раствора табачного дыма

Соберите прибор для получения табачного дыма. В штативе закрепите резиновую грушу за пластмассовый носик, на него наденьте резиновую трубочку, в которую вставьте исследуемую сигарету. Дальнейшие действия выполняются под тягой: сожмите грушу и зажгите сигарету.

Медленно разжимая грушу, наберите табачный дым в неё (вместо груши можно использовать пластиковую бутылку объёмом 0,3 л или большой шприц). В колбу на 100 мл налейте 40 мл дистиллированной воды, опустите носик груши под воду и выпускайте туда табачный дым. Получение сигаретного дыма и растворение его в воде повторите несколько раз, тщательно перемешивая воду. Полученный раствор закройте пробкой.

Обнаружение непредельных соединений в табачном дыме

В пробирку налейте 2 мл раствора табачного дыма и добавьте несколько капель иодной воды. Вы увидите обесцвечивание иодной воды — качественную реакцию на непредельные соединения.

Обнаружение фенолов в табачном дыме

В пробирку налейте 2 мл раствора табачного дыма и добавьте несколько капель 5%-го раствора хлорида железа (III). Раствор окрашивается в коричнево-зелёный цвет в результате комплексных соединений фенолов различного строения.

Обнаружение токсичных восстановителей в табачном дыме

В пробирку налейте 2 мл раствора табачного дыма и добавьте несколько капель 5%-го раствора перманганата калия. В результате восстановления перманганата калия раствор обесцветится, выпадет бурый осадок оксида марганца (IV):

$$MnO_4^- + 2H_2O + 3\bar{e} \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-.$$

Сделайте вывод о содержании в табачном дыме восстановителей: альдегидов (бензальдегида, формальдегида) и других токсичных соединений, например акролеина.

Обнаружение алкалоидов в табачном дыме

В пробирку налейте 2 мл раствора табачного дыма и добавьте несколько капель реактива Драгендорфа (1-й раствор: 8 г иодида калия растворяют в 20 мл воды; 2-й раствор: 0,85 г нитрата висмута растворяют в 40 мл воды и прибавляют 10 мл уксусной кислоты, взбалтывают в течение 10—15 минут, смешивают полученные растворы в равных объёмах и к 10 мл полученной смеси прибавляют 100 мл воды и 20 мл уксусной кислоты, полученный раствор можно использовать в течение 7 дней). Вы увидите, что выпал оранжевый осадок, который даёт реактив Драгендорфа с алкалоидами.

Обнаружение аминосоединений в табаке

Извлеките табак из сигареты, разотрите его в ступке и смешайте с 10 мл 50%-го этилового спирта. Смесь оставьте на 1,5 часа, периодически встряхивая, затем профильтруйте. К 2 мл фильтрата добавьте 5—6 капель 0,5%-го водного раствора нингидрина, затем несколько раз встряхните и прокипятите. Раствор окрасится в фиолетово-синий цвет. Нингидриновая реакция характерна для всех соединений, содержащих в составе аминогруппы, — аммиака, пептидов, белков, α-аминокислот. Последние образуют в результате этой реакции характерное выделение углекислого газа.

Определение реакции среды раствора табачного дыма

В пробирку налейте 2 мл раствора табачного дыма и прибавьте несколько капель раствора лакмуса. Наблюдается характерное для кислой среды окрашивание. Сделайте вывод о присутствии в табачном дыме кислотных оксидов.

Исследование влияния табачного дыма на живые организмы

Действие табачного дыма на семена растений

Вату, пропитанную раствором табачного дыма, разложите на донышке чашки Петри. На вату положите марлю, а на неё 10—15 зёрен злаковых культур (или других растений) — овёс посевной или ячмень (сорт не имеет значения). Расстояние между зёрнами зависит от их размера и составляет от 1 до 3 см. Сверху накройте их марлей, также пропитанной раствором табачного дыма. Чашку Петри расположите в хорошо освещённом и тёплом месте. По мере высыхания ваты осторожно подливайте раствор табачного дыма. Через несколько дней определите всхожесть семян и развитие проростков.

Контрольный опыт проведите с дистиллированной водой.

Отмечают, что в растворе табачного дыма всхожесть нулевая или незначительная, а проростки в этом случае плохо развиваются.

Действие табачного дыма на муравьёв (или тараканов)

В колбу на 500 мл с помощью ранее описанного метода наберите сигаретный дым и поместите туда 5—7 муравьёв (или 2—3 таракана), а также вату, смоченную водой, и кусочек хлеба. Колбу закройте пробкой.

Контрольный опыт проведите в аналогичной колбе с воздухом.

Отмечают, что в колбе с табачным дымом насекомые малоактивны и вскоре, как правило, погибают.

Действие табачного дыма на аквариумных рыбок

В колбу ёмкостью 1 л налейте 10 мл раствора табачного дыма и заполните водой до метки. В раствор поместите аквариумных рыбок, например гуппи.

Контрольный опыт проведите в аналогичной колбе без добавления раствора табачного дыма.

Отмечают, что в колбе с раствором табачного дыма рыбки малоактивны и вскоре, как правило, погибают.

Проделайте аналогичные опыты с вытяжками из сигаретного фильтра и табака. Сделайте вывод о роли сигаретного фильтра. Сравните качество фильтров различных марок сигарет.

Пассивное курение (нахождение человека рядом с курящими людьми) не менее опасно, чем активное. Предложите методику исследования, чтобы подтвердить или опровергнуть данное мнение.

11 Определение качества мыла

Для определения качества мыла можно использовать хозяйственное и туалетное мыло различных марок. Полезно сравнить один вид мыла с другим, а также различные сорта туалетного мыла. Данные эксперимента занесите в таблицу 9.

Таблица 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА МЫЛА РАЗЛИЧНЫХ МАРОК

Мыло	Содержание			
	жирных кислот (%)	щёлочности (мг)	воды (%)	примесей (%)
Хозяйственное				
Туалетное «Dove»				
Туалетное «Детское» и др.				

Измельчите исследуемый образец мыла до мелкой стружки. Отмерьте 3—4 г измельчённого мыла с точностью до 0,1 г, поместите в колбу или химический стакан объёмом 500 мл, добавьте 300 мл горячей воды и помешивайте стеклянной палочкой до полного растворения мыла. На дне могут остаться нерастворимые в воде примеси. Отфильтруйте их, высушите и взвесьте. Запишите массу примесей ($m_{прим}$) и объём мыльного раствора ($V_р$, мл).

Определение примесей, содержащихся в мыле

Рассчитайте содержание примесей в мыле по формуле:

$$w_{прим} = m_{прим} / m \cdot 100\% .$$

Шприцем на 20 мл возьмите пробу мыльного раствора и перенесите в колбу для титрования. Запишите объём пробы ($V_п$, мл). Добавьте к пробе 4—5 капель раствора фенолфталеина и титруйте 0,1 н раствором соляной кислоты до обесцвечивания розовой окраски мыльного раствора. Запишите объём раствора кислоты, израсходованной на титрование (V_1, мл), и нормальную концентрацию соляной кислоты (C_{HCl}, моль/г).

К мыльному раствору, оттитрованному в присутствии фенолфталеина, добавьте 4—5 капель метилоранжа и вновь оттитруйте тем же раствором кислоты до появления первых признаков неисчезающего розового окрашивания. Запишите объём раствора соляной кислоты, необходимый для этой операции (V_2, мл).

Каждое титрование повторите 2—3 раза, результаты усредните и используйте для дальнейших расчётов.

Вычисление щёлочности мыла по данным титрования

Свободная щёлочность мыла определяется наличием в растворе свободных гидроксид-анионов и измеряется по объёму кислоты, затраченной на титрование мыльного раствора в присутствии фенолфталеина.

Связанная щёлочность мыла определяется солями жирных кислот и измеряется по объёму кислоты, затраченной на титрование мыльного раствора в присутствии метилоранжа.

Общая щёлочность мыла — это сумма свободной и связанной щёлочности.

1. Сделайте расчёт объёма кислоты, необходимый для титрования мыльного раствора в присутствии фенолфталеина, по формуле:

$$V_{(HCl)(ф/ф)} = V_1 \cdot V_р / V_п.$$

2. Для определения свободной щёлочности вычислите содержание щёлочи ($A_{1(щел)}$, моль/л) во всём растворе по формуле:

$$A_{1(щел)} = A_{1(HCl)} = C_{(HCl)l} \cdot V_{HCl(ф/ф)}.$$

3. Найдите массу свободной щёлочности ($m_{1(NaOH)}$, г) по формуле:

$$m_{1(NaOH)} = 40 \cdot A_{1(щел)} \cdot 10^{-3}.$$

4. Определите массовую долю свободной щёлочности мыла (w_1, %) по формуле:

$$w_1 = m_{1(NaOH)} \cdot 100/m.$$

5. Так же рассчитайте массовую долю связанной щёлочности:

$$V_{(HCl)(м/о)} = V_1 \cdot V_р / V_п,$$

$$A_{2(щел)} = A_{2(HCl)} = C_{(HCl)} \cdot V_{HCl(м/о)},$$

$$m_{2(NaOH)} = 40 \cdot A_{2(щел)} \cdot 10^{-3},$$

$$w_2 = m_{2(NaOH)} \cdot 100/m.$$

6. Найдите общую щёлочность анализируемого образца мыла (w, %):

$$w = w_1 + w_2.$$

При анализе жидкого калиевого мыла щёлочность определяется титрованием с гидроксидом калия.

Вычисление содержания жирных кислот в мыле по связанной щёлочности

Так как твёрдые мыла — это натриевые соли преимущественно стеариновой, олеиновой и пальмитиновой кислот, относительные молекулярные массы которых соответственно 284,47, 282,45 и 256,42 г/моль, то для расчётов за эквивалент жирных кислот можно принять 274,44 г/моль — это среднее значение молекулярных масс трёх перечисленных кислот.

1. Найдите массу жирных кислот в исходной пробе мыла по формуле:

$$m_{\text{жир. к-т}} = 274{,}44 \cdot A_{2(\text{щел})} \cdot 10^{-3}.$$

2. Вычислите массовую долю жирных кислот по формуле:

$$w_{\text{жир. к-т}} = m_{\text{жир. к-т}} / m.$$

Определение содержания воды в мыле

Взвесьте образцы мыла, измельчённого в мелкую стружку, и запишите массу этих образцов (m_1, г). Высушите образцы, это лучше делать в сушильном шкафу при +100°С. Но можно сушить и при комнатной температуре, тщательно отжав мыло между листами фильтровальной бумаги, или на батарее центрального отопления. Взвесьте высушенные образцы (m_2, г) и вычислите массовую долю воды в мыле по формуле:

$$w_{H_2O} = m_1 - m_2 / m_1 \cdot 100\%.$$

Постройте диаграммы по различным показателям качества хозяйственного и различных марок туалетного мыла.

Предложите использование тех или иных сортов туалетного мыла для ухода за кожей различного типа (сухой, жирной, нормальной). Обоснуйте свои рекомендации.

12 Изучение влияния музыки на динамику умственной работоспособности человека

Почти все современные школьники постоянно слушают различную музыку — когда делают уроки или занимаются спортом, когда едут в

транспорте или отдыхают. Существует мнение, что у людей, послушавших музыку Моцарта и отвечавших на вопросы стандартного IQ-теста, отмечали повышение интеллекта. В то же время считается, что, например, тяжёлый рок оказывает негативное влияние на динамику умственной работоспособности человека да и в целом отрицательно сказывается на его мышлении.

Умственная работа — это деятельность, связанная с приёмом и переработкой информации, требующая напряжённого функционирования процессов внимания, памяти, мышления, эмоциональной сферы. Умственный труд характеризуется работоспособностью и утомлением.

Работоспособность — это возможность поддерживать должный уровень производительности умственного труда в течение длительного времени.

Утомление — это временное уменьшение работоспособности, вызванное интенсивной или длительной работой.

Проведение опроса

Для того чтобы оценить, как часто и какую музыку слушают ваши одноклассники, проведите следующий опрос.

1. Какую музыку вы предпочитаете слушать:
а) классику;
б) тяжёлый рок, металл;
в) популярную;
г) другую (какую именно)?

2. Как часто вы слушаете музыку:
а) постоянно;
б) стабильно 2—3 часа в день;
в) очень редко по настроению;
г) другой вариант (какой именно)?

3. Как долго вы слушаете музыку в наушниках:
а) всё свободное время;
б) несколько часов;
в) несколько минут;
г) другой вариант (какой именно)?

4. Бывает ли, что после прослушивания музыки у вас болит голова:
а) да;
б) нет?

5. Служит ли музыка фоном, когда вы делаете уроки:
а) да;
б) нет?

Подсчитайте процентное соотношение ответов и составьте диаграммы для презентации результатов опроса.

Проверка влияния различной музыки на динамику умственной работоспособности школьников

Это исследование проводится с помощью таблицы *В. Я. Анфи́мова* (1879—1957) раз в неделю в течение месяца в одно и то же время, чтобы учесть изменения динамики умственной работоспособности на протяжении дня и недели. Каждый раз эксперимент проводится под разную музыку — классику, популярную эстрадную, тяжёлый рок, и один раз, для сравнения, — в тишине.

ТАБЛИЦА АНФИМОВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

С Х Л В С Х Е В И Х И А И С И Х В К С Н Л И С Е Х В Х Е Н А И С Н Е В Х
А К Н А В Н Х И В С Н А В С А В С И А Е К Е А Х В К Е С В С Н А И С А И
С Н А В Х Н В К Н Х И С Х В Х Е К В Х И В Х Е И С К Е И Н А И Е К К Х К
И К Х Е К В К И С В Х И Х А К Х Н С К А И С В Е К В Х Н А И С Н Х Е К Х
И С Н А К С К В Х К В Н А В С Н И С Н А Х Х К Е К Х В И С Н А И Х В И К Х
И С К А И К А Е Х К И С Н А И К Х Е Х Е С Н А И С Б К К Х В А И С Н Л Х
Е К Е Х С К А К С В Е Е В Е А И С Н А С Н К И В К Е С И К Н Л Е Н К Х К В
И Х К А К С К Х К Е К Н В И С Н К Х В Е Х С Н А И С Х А И К И В Е В Н К
В Х А В Е И В И С Н А А И С Н А Е Х К В Е Н В Х К Е А И С Н К К Е И В А
К С В Е И К С Н А В А К Е С В К А Х В Е И В Н А Х И Е Н А И К В И Е А В
В К Н И Е С А В И Е Х Е В Н А И Е Н Н К Е С Н К С В Х И Е С В Х К Н В В С
К Н К С Х А И Е К Л С Н Л И С В К Х Е В Х Е И В К А И С Н А С Н А И С Х
А К В Н Е Е В К В Н А И С Н Л И С Н К Е В К Х Е В К Х С Н Е И С Н А И С
Н К В К Х В Е А В С Н А Х К А С Е С Н А И С Е С Х К В А И С Н А С А В К
Х С Н Е И С Х И Х Е К В И К В Е Н А И Е Н Е К Х А В И Х Н И В И Х К Х Е
Х Н В И С Н В С А Е Х И С Н А Х Н К Е Х В И В Н А Е И С Н В И А Е В А Е
Н Х В Х И С Н А Е И Е К А И В Е К Е Х К Е И С Н Е С А Е И Х В К Е В Е И С
Н А Е А И С Н К В Е Х И К Х Н К Е А И С Н А Е А К А Е К Х Е В С К Х Е К
Х Н А И С Н К В Е В Е С Н А И С Е К Х Е К Н А И С Н И С Н Е И С Н В И Е
К Х В Х Е И В Н А К И С Х А И Е В К Е В К И Е Х И С Н А И Е В Х В К С И
С Н А И А И Е Н А К С Х К И В Х Н И К И С Н А И В Е С Н А К Н Е Х С С Н
А И К В Е Х К В К Е С В К С Н Х И А С Н А К С Х К Х В Х Е А Е С К С Е А
И К И С Н А И К Х В С Х Н В И Е Х А Е С В Е И С Н А И Е Х К Е Х К Е И Х
Н В Х А К Е С Н А И С А К В С Н Х А Е С Х А И С Н А Е Н К И С Х К Е Х В
Х С К Н Е И Н А С Е Е К Х Е К Н А И В К Х К Е Х И С Н А И Х К А Х Е Н А
И Е И К В К Е И С Н А И Х Н Е Х В К В И Е Х А И Е Х Е К В С Н Е И Е С В Н
Е В И С Н А Е А Х Н К Х С Н А Х С И С Н А И Е И Н Е В И С Н А И В Е В Х
С И С В А И Е В Х Е И Х С К Е И Е К Х И Е К Е В Х В А Е С Н А С Н К И С Х
Е А Е Х К В Е Х Е А И С Н А С В А И С Е В Е К Е Х В Е К Х С Н К И С Е К А
Е К С Н А И И Е Х С Е Х С Н А И С В Н Е К Х С Н А И А А В Е Н А Х И А К
Х В Е И В Е А И К В А В И Х Н А Х К С В Х Е Х И В Х А И С Н А В Н С И Е
А Х С Н А Н А Е С Н В К С Н Х А Е В И К А И К Н К Н А В С Н Е К В Х К И
А Е С В К Х Е К С Н А К С Х В Х К В С Н Х С В Е Х К А С Н А И С К С Х К
Е С Н А И С Н Х А В К Е В Х К И Е И С Н А И Н Х А С Н Е Х К С Х Е В К Х
Е И Х Н А И Х Е В Х Е Н В И Х Н К В Х Е К Н А И С Н Х А И В Е Н А И Х Н

Окончание табл.

К Х В Х Е Н А И С Н В К Е В Х А И С Н А Х К В Н В А И Е Н С Х В К Х Е А
И С Н А В Х С В К А Х С Н А К И С Н К Е К Н С В А И С В А Е Х С Х В А И
С Н А Е К Х А И В Н А В К В Е Х Н А А Е Н К А И С Х А И С Н Х И С В К В
С Е К Х В Е К И С Н А И С Н А И С К В Е С В И С К А И К В К К Н В Х С К
В Н А И Е Н И С Н А И Х А В К Н В Б Х В А Н К И Е Х Е В Х Е В Н А И С К
А И А Н А К Х К В К Е В Е К В Н Х И С К А И С Н В Х А В Х В Н А И С Н Х
С Х В К И С Н А И Е Х Е К Х Н А И С Н В Е Х В Е И С Н Х В К Х К Н А Х К
В Н Х В К С Н Х Н А И С Н В К А Х С В К Х В Х А И С Н Н А Х Н Х В Х В Х

Раздайте одноклассникам таблицы Анфимова, попросите подписать их. Затем пусть они возьмут шариковую ручку и поставят ведущую руку на локоть. Внимательно просматривая каждую строчку слева направо, им надо вычёркивать буквы Х и И косой чертой. Напишите эти буквы на доске. Спросите одноклассников, понятно ли задание, попросите двух-трёх из них повторить задание. Затем по команде «начали работать» включите секундомер и сотрите запись с доски.

Через 2 минуты командой «стоп» прекратите работу и попросите их отметить знаком уголка (⌋) то место на строке, где каждого застал сигнал «стоп».

Для того чтобы одноклассники не привыкали к одному и тому же заданию на Х и И, в следующий раз используйте сочетания других букв, например: Х и А, В и К, С и А, Н и Е.

Соберите таблицы и подсчитайте результаты: объём работы — количество просмотренных знаков (уголков), качество работы — количество допущенных ошибок. Каждая пропущенная строчка исключается из общего числа просмотренных строк, но считается за одну допущенную ошибку и прибавляется к общему числу ошибок. Запишите все данные исследования в таблицу 10, сравните с результатами, полученными при работе в тишине. Результаты сравнения занесите в таблицу 11.

Таблица 10

ИЗМЕНЕНИЕ УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА МУЗЫКИ

Окружающий звуковой фон	Критерии оценки изменения работоспособности		
	Объём выполненной работы (количество просмотренных знаков)	Качество работы (количество допущенных ошибок)	Динамика работоспособности
Тишина			
Классика			
Эстрадная музыка			
Тяжёлый рок			

Таблица 11

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ТАБЛИЦЫ АНФИМОВА

Динамика умственной работоспособности			
Тишина	**Классика**	**Эстрадная музыка**	**Тяжёлый рок**

Сделайте выводы о влиянии различной музыки на динамику умственной работоспособности школьников. Скажите, как долго в течение дня и как громко можно слушать музыку без последствий для здоровья. Приведите примеры отрицательного и положительного влияния музыки на здоровье человека (для ответа используйте возможности Интернета).

13 Исследование пылевого загрязнения воздуха в помещении

Пыль представляет собой мелкие твёрдые частицы (средний диаметр 0,005 мм) органического или минерального происхождения. В её состав входят фрагменты насекомых, шерсти животных, перьев птиц, волос и кожи человека, целлюлозы от книг и газет, споры плесневых грибов и бактерии, а также микроскопические частицы разрушающейся одежды из тканей природного происхождения — хлопка, льна. В настоящее время в домашней и офисной пыли обнаружено уже 150 видов клещей, которые не столь опасны сами по себе, как их продукты жизнедеятельности, которые являются основной причиной аллергии у людей. Кроме того, частицы пыли способны проникать прямо в лёгкие из-за своих малых размеров, поэтому особенно опасны для астматиков.

Отбор проб

На чистые предметные стёкла нанесите по капле воды. Положите их на 5 минут на различные исследуемые поверхности в помещении (стол, подоконник, шкаф и т. п.), которые находятся на высоте от 0,5 до 1,5 м от пола. Накройте предметное стекло покровным и настройте микроскоп.

Исследование пылевого загрязнения

Рассмотрите все подготовленные микропрепараты при одном и том же увеличении. Посчитайте число пылинок в поле микроскопа.

Оценка уровня пылевого загрязнения

По результатам наблюдений определите визуальный уровень пылевого загрязнения в помещении в баллах: 0 — отсутствие пыли, 1 — слабая запылённость, 2 — средняя, 3 — сильная, 4 — очень сильная. Занесите результаты в таблицу 12.

Таблица 12

ПЫЛЕВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА

Место отбора пробы	Уровень пылевого загрязнения

Проведите такую же работу после проветривания помещения и после влажной уборки. Сравните результаты, сделайте выводы.

Ответьте на следующие вопросы, используя возможности Интернета:

1) по данным учёных, самыми распространёнными бактериями, «обитателями» квартир и офисов, являются эшерихия коли, сальмонелла, стрептококк, стафилококк золотистый, клебсиелла пневмония, — какие заболевания вызывают данные бактерии, каковы симптомы этих болезней и опасность, которую они несут?

2) какие вирусы могут быть в жилых помещениях, какие болезни они вызывают?

14 Изучение коры деревьев и кустарников

Изучение органолептических показателей коры деревьев и кустарников

Выберите для изучения определённый участок леса, лесопарка, пришкольной территории. Определите виды исследуемых растений. Исследуйте кору растений на разной высоте от земли. Изучите их цветовую гамму, запах и характер поверхности на ощупь (тёплая, прохладная, гладкая, шершавая, бугристая, потрескавшаяся и т. д.). Занесите все данные в таблицу 13.

Таблица 13

ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОРЫ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ

Дерево, кустарник	Показатели коры		
	цвет	запах	характер поверхности

Составление коллекции и описание лекарственных свойств коры

Возьмите образцы коры деревьев исследуемого участка, составьте из них коллекцию.

Сделайте снимки коры деревьев с помощью цифрового фотоаппарата. Используя возможности Интернета и другие источники, опишите лекарственные свойства коры (если таковые имеются) исследуемых видов растений.

Обследование ближайшего городского лесопарка на предмет наростов — «опухолей» растений

Причиной таких наростов могут быть различные воздействия — механические, химические, экологические, а также паразитарные заболевания деревьев. Сфотографируйте «опухоли» растений и установите частоту встречаемости наростов среди различных пород деревьев. Сделайте вывод о зависимости количества наростов на коре деревьев от их видовой принадлежности, т. е. об устойчивости тех или иных деревьев к экологической обстановке исследуемой территории. Предложите свой вариант исследования возможной зависимости территориального распределения наростов на деревьях от экологической ситуации района (качество воды, воздуха, загрязнённости почв).

15 Изучение зависимости здоровья людей от состояния атмосферы

Целью данного исследования является анализ влияния погодных условий и геомагнитных возмущений на некоторые параметры здоровья человека (артериальное давление, общее состояние организма) на протяжении календарного месяца. Для этого необходимо использовать данные центра геомагнитных наблюдений, результаты измерения артериального давления у участников эксперимента и данные социологического опроса населения разных возрастов.

Изучение литературы

Подберите литературу, посвящённую влиянию погодных условий и геомагнитных возмущений на самочувствие человека, изучите её.

Измерения атмосферного давления

В течение месяца ежедневно измеряйте атмосферное давление с помощью барометра-анероида, температуру и влажность воздуха — с помощью термометра и психрометра. Если у вас нет таких приборов, то найдите информацию об этих параметрах состояния воздуха, а также о погоде и геомагнитной обстановке, используя возможности Интернета или другие источники (радио, телевидение).

Измерение артериального давления у людей и социологический опрос

У участников вашего исследования (пять человек разного возраста) измеряйте артериальное давление и в процессе социологического опроса выявляйте общее состояние их организма: есть ли у них головные боли, слабость, головокружение и прочие признаки недомогания.

Занесите результаты исследования в таблицу 14, проанализируйте полученные данные и сделайте выводы.

Таблица 14

ЗАВИСИМОСТЬ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА ОТ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ

Дата	Состояние атмосферы				Параметры здоровья человека		Имя исследуемого
	Температура (°C)	Влажность (%)	Атмосферное давление (мм рт. ст.)	Геомагнитная обстановка	Артериальное давление (мм рт. ст.)	Состояние организма	

16 Изучение освещённости рабочих столов в кабинетах и дома

Освещённостью (E) некоторой поверхности называют отношение светового потока (Ф), равномерно распределённого по поверхности, к площади этой поверхности (S):

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

Единицей светового потока в СИ является люмен (лм). Световой поток зависит от мощности источника света и от длины волны излучаемого света. Например, лампа накаливания, излучающая свет в широком спектральном диапазоне, даёт световой поток примерно 14 лм на единицу мощности. Соответственно, если лампа имеет мощность 40 Вт, то даваемый ею световой поток равен 560 лм. Освещённость в СИ измеряют в люксах (лк): 1 лк = 1 лм/м^2. Для чтения необходима освещённость 80—100 лк.

Целью данного исследования является экспериментальное изучение освещённости столов в кабинетах и дома, после чего можно будет сделать вывод, соответствует ли такая освещённость медицинским нормам.

Исследования выполняйте в такой последовательности:

1) изучите раздел оптики «Фотометрия», ознакомьтесь с основными понятиями фотометрии и фотометрическими величинами;

2) определите световой поток, даваемый настольной лампой на вашем столе, для этого посмотрите, какова мощность лампочки (это написано на ней самой), и вычислите световой поток, умножив 14 мм (световой поток, приходящийся на 1 Вт — единицу мощности лампочки) на её мощность;

3) измерьте площадь поверхности стола, освещённой лампочкой (если она имеет форму круга, то её площадь S равна: $S = \pi R^2$, где R — радиус окружности);

4) вычислите освещённость стола;

5) запишите результаты измерений и вычислений в таблицу 15, сделайте вывод о соответствии освещённости медицинским нормам;

6) повторите измерения и вычисления для других рабочих столов и других осветительных приборов: того же стола потолочным светильником, обеденного стола в кухне, стола в кабинете физики и т. п.

Таблица 15

ОСВЕЩЁННОСТЬ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Источник света	Световой поток (Ф)	Площадь поверхности (S)	Освещённость (E)

17 Исследование возможностей энергосбережения в квартире

В настоящее время в наших квартирах используется много электробытовой техники (осветительных и нагревательных приборов, телевизоров, компьютеров, электрических плит, стиральных машин, пылесосов, посудомоечных машин и т. п.) — потребителя электрической энергии. С одной стороны, стоит задача безопасной эксплуатации этих устройств, а потому электрическая проводка, предохранители, установленные у ввода проводов в квартиру, должны быть рассчитаны на

силу тока, соответствующую потребляемой электроэнергии. С другой стороны, необходимо экономить электроэнергию (задача энергосбережения), что связано с ограниченными запасами электрической энергии, а потому эксплуатация бытовой техники должна быть энергосберегающей.

Целью данного исследования является изучение электроприборов, имеющихся в квартире, их мощности и возможности электросбережения при их эксплуатации.

Исследования выполняйте в такой последовательности:

1) вспомните понятия работы и мощности электрического тока, закон Джоуля—Ленца, запишите соответствующие формулы;

2) составьте список электроприборов, находящихся в вашей квартире;

3) укажите для каждого электроприбора потребляемую им мощность, используя для этого паспорт прибора;

4) оцените потребляемую приборами мощность при их одновременном включении в сеть с учётом того, что все они включаются параллельно, а напряжение в сети 220 В;

5) оцените потребляемую мощность при одновременном включении обязательных приборов (лампа, плита, холодильник, чайник);

6) внесите все данные о мощности находящихся в квартире электроприборов в таблицу 16, предложите, как можно уменьшить потребление ими энергии;

7) сравните энергопотребление лампочки накаливания и светодиодной лампочки.

Таблица 16

ВОЗМОЖНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Электроприбор	Мощность (Вт)	Предложения по экономии электроэнергии

Оглавление

Обращение к учащимся 3

ГЛАВА I. ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ И МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ МИРА

§ 1. Естествознание — совокупность научных знаний о природе .. 7
§ 2. Эмпирический уровень научного познания 14
§ 3. Теоретический уровень научного познания 22
§ 4. Язык естествознания 30
§ 5. Естественно-научные понятия, законы и теории 37
§ 6. Естественно-научная картина мира 43
§ 7. Миры, в которых мы живём 52

Практические работы 58

1. Наблюдение за горящей свечой 58
2. Наблюдение за прорастанием семян фасоли 59
3. Наблюдение за изменением температуры льда и его состояния при нагревании 59

ГЛАВА II. МЕГАМИР

§ 8. Человек и Вселенная 63
§ 9. Происхождение и строение Вселенной 69
§ 10. Приборы и аппараты для изучения астрономических объектов 79
§ 11. Законы движения небесных тел 86
§ 12. Галактики 92
§ 13. Звёзды. Солнце 98
§ 14. Солнечная система и её планеты 107
§ 15. Строение Земли. Литосфера 115
§ 16. Гидросфера 123
§ 17. Атмосфера 135

Практические работы 146

4. Изучение звёздного неба с помощью подвижной карты 146
5. Изучение коллекции горных пород 147
6. Получение жёсткой воды и устранение её жёсткости 148
7. Изучение параметров состояния воздуха в кабинете 148

ГЛАВА III. МАКРОМИР

§ 18. Жизнь, признаки живого и их относительность 153
§ 19. Уровни организации жизни на Земле 161
§ 20. Многообразие живых организмов. Клетка и неклеточные формы жизни 172
§ 21. Экологические системы 180
§ 22. Биосфера 187
§ 23. Эволюционная теория 193
§ 24. Климат и приспособленность живых организмов к его условиям 202
§ 25. Свет и приспособленность к нему живых организмов. Электромагнитная природа света 214
§ 26. Внутренняя энергия макроскопической системы. Тепловое равновесие 224
§ 27. Температура и приспособленность к ней живых организмов .. 231
§ 28. Вода. Физические и химические свойства воды 237
§ 29. Роль воды в биосфере 248
§ 30. Солёность и почва как абиотические факторы 258
§ 31. Биотические факторы 264
§ 32. Жизнь и время. Биоритмы 269
§ 33. Обмен информацией 278

Практические работы 286
8. Распознавание органических соединений 286
9. Изучение строения растительной и животной клетки 287
10. Изучение микроскопического строения животных тканей 287
11. Изучение простейших 288
12. Изучение взаимосвязей в искусственной экосистеме — аквариуме и составление цепей питания 288
13. Изучение бытовых отходов 289
14. Изучение приспособленности организмов к среде обитания .. 290
15. Изучение волновых свойств света 290
16. Исследование среды раствора солей и сока растений 291
17. Изучение состава почвы 292
18. Измерение удельной теплоёмкости воды 292
19. Изучение изображения, даваемого линзой 293

ПРОЕКТНЫЕ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

1. Качественное определение важнейших примесей в воде 296
2. Способы улучшения качества воды 300
3. Определение жёсткости воды 302
4. Определение растворённого кислорода в воде по методу Винклера 304

5. Исследование жевательной резинки 306
6. Исследование шоколада 308
7. Исследование чипсов 309
8. Исследование чая 310
9. Исследование молока 312
10. Исследование сигарет 313
11. Определение качества мыла 316
12. Изучение влияния музыки на динамику умственной работоспособности человека 318
13. Исследование пылевого загрязнения воздуха в помещении .. 322
14. Изучение коры деревьев и кустарников 323
15. Изучение зависимости здоровья людей от состояния атмосферы 324
16. Изучение освещённости рабочих столов в кабинетах и дома.. 325
17. Исследование возможностей энергосбережения в квартире.. 326

Учебное издание

Габриелян Олег Сергеевич
Остроумов Игорь Геннадьевич
Пурышева Наталия Сергеевна
Сладков Сергей Анатольевич
Сивоглазов Владислав Иванович

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Базовый уровень

10 класс

Учебник
для общеобразовательных учреждений

Зав. редакцией *Е. Н. Тихонова*
Ответственный редактор *И. В. Ермакова*
Художественный редактор *М. В. Мандрыкина*
Макет *А. А. Шувалова*
Художественное оформление *Ю. В. Христич*
Технический редактор *И. В. Грибкова*
Компьютерная верстка *Г. А. Фетисова*
Корректор *Г. И. Мосякина*