

The book cover features a vibrant background with a blue and red color scheme. On the left, a stylized yellow flower-like shape is partially visible. The right side is filled with various scientific and natural elements: a blue and silver striped fish, a pink fish, a purple coral-like structure, a glass beaker on a stand, a red pipette, and a large metallic lens or part of a microscope. The text is overlaid on this background.

В ПОМОЩЬ

УЧИТЕЛЮ

А. И. Семке

Нестандартные задачи по физике

для классов
естественно-
научного
профиля

А. И. СЕМКЕ

Нестандартные задачи по физике

для классов естественно-научного профиля

**ЯРОСЛАВЛЬ
АКАДЕМИЯ РАЗВИТИЯ
2007**

Семке, А. И.

С 33 **Нестандартные задачи по физике.** Для классов естественно-научного профиля / А. И. Семке. — Ярославль: Академия развития, 2007. — 320 с.: ил. — (В помощь учителю).

В этом пособии представлены задачи и короткие справки по физике с элементами биологии, географии, экологии, которые могут использоваться учителем физики на уроках и во внеурочной деятельности, а также учащимися при подготовке к уроку, при написании доклада, для саморазвития и самоподготовки, для расширения кругозора и для творческой работы. На основе коротких справок, представленных в данном пособии, школьники приучаются иллюстрировать законы физики примерами из биологии, географии, экологии и др.

Цель данного пособия — сделать урок физики познавательным и занимательным, повысить интерес к изучению физики и увеличить кругозор школьников, привлечь их к творчеству и поиску дополнительных знаний. Материалы, которые представлены в пособии, могут быть использованы на различных этапах урока: при проверке домашнего задания, при изучении и закреплении нового материала.

ББК 28.3

ISBN 5-7797-0638-7

© Академия развития, 2006
© Семке А. И., 2006

СОДЕРЖАНИЕ

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ	7
I. ВВЕДЕНИЕ	17
1. Что изучает физика? Наблюдения и опыты... 17	
2. Физические величины. Измерение физических величин.....	19
II. ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ	
О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА	20
3. Строение вещества. Молекулы	20
4. Диффузия. Скорость движения молекул.....	21
5. Температура.....	27
6. Состояния вещества.....	30
III. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ.....	30
7. Механическое движение. Равномерное и неравномерное движение.....	30
8. Скорость.....	32
9. Криволинейное движение. Движение по окружности	44
10. Инерция. Масса.....	46
11. Плотность	48
12. Сила.....	51
13. Сила тяжести	52
14. Движение под действием силы тяжести	58
15. Сила упругости.....	64
16. Сила трения. Сопротивление.....	68
17. Вес тела. Невесомость и перегрузка.....	72
IV. ДАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ	79

18. Давление	79
19. Давление газов. Закон Паскаля	81
20. Давление в жидкости	81
21. Сообщающиеся сосуды	85
22. Атмосферное давление	86
22. Сила Архимеда	92
23. Плавание тел	98
V. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ	
И ВОЛНЫ	101
24. Механические колебания	101
25. Механические волны	109
VI. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА.	
РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ	121
26. Закон сохранения импульса. Реактивное движение	121
VII. РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ	124
27. Работа	124
28. Мощность	125
29. Простые механизмы	130
30. Энергия	131
VIII. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ	140
31. Тепловое движение молекул. Температура	140
32. Внутренняя энергия. Способы изменения внутренней энергии	141
33. Виды теплопередачи	144
34. Количество теплоты	148
35. Энергия топлива	154
36. Состояние вещества. Тепловые процессы	158
37. Плавление и отвердевание	160

38. Испарение. Кипение. Конденсация	164
39. Работа газа при расширении. ДВС	171
40. КПД теплового двигателя.....	172
41. Свойства газов, жидкостей и твердых тел	172
IX. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	181
42. Строение атома. Электризация тел	181
43. Электрическое поле	185
44. Электрический ток. Источники тока	189
45. Электрическая цепь. Действия электрического тока	190
46. Сила тока. Напряжение	191
47. Сопротивление. Закон Ома	192
48. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца	193
X. МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	194
49. Магнитное поле	194
50. Магниты и электромагниты	196
51. Электромагнитные колебания и волны	198
XI. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	206
52. Свет. Источники света. Законы распространения света.....	206
53. Отражение света.....	211
54. Зеркала.....	216
55. Преломление света	217
56. Линзы	219
57. Оптические приборы	221
58. Глаз и зрение	222

59. Оптические явления.....	228
60. Интерференция. Дифракция. Дисперсия. Фотоэффект. Химическое действие света. Давление света	230
XII. ФИЗИКА АТОМА И ЯДРА	236
61. Радиоактивность.....	236
62. Изотопы.....	238
63. Закон радиоактивного распада	241
64. Ионизирующее излучение.....	243
65. Использование энергии атома	247
Интересные факты	249
ПРИЛОЖЕНИЕ	283
Веселая переменка	312
Литература	318

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Природа так обо всем позаботилась, что повсюду ты находишь, чему учиться.

Леонардо да Винчи

Физика — основа техники, поэтому широко используется для исследований в биологии, географии, истории и экологии. В наши дни радио, телевидение, популярная литература активно знакомят с новыми достижениями науки и техники. Эту информацию необходимо использовать, обобщать, применять на уроках и внеклассных занятиях и мероприятиях. Целый ряд физических сведений получают учащиеся на уроках биологии, географии, природоведения, естествознания, экологии, истории за счет собственных наблюдений за растительным миром, природными явлениями. Это дает возможность разнообразить уроки, сделать их увлекательными, интересными, запоминающимися. Активизировать деятельность учащихся, развивать в них творческие возможности, логическое мышление позволяют задачи, имеющие связь с дисциплинами естественно-научного, исторического, гуманитарного циклов.

Межпредметные связи содействуют формированию у учащихся цельного представления о явлениях природы, помогают им использовать свои знания при изучении различных предметов. Ведь мир, окружающий нас, интересует школьников, побуждает их отвечать на вопросы, которые перед ними ставит жизнь. Поэтому введение в учебный процесс иллюстративных сведений по истории, экологии, географии, биологии дает возможность учителю физики больше связать предмет с важными аспектами жизни природы, с деятельностью человека, с историей. Пособие, которое вы держите

в руках, поможет усилить связь этих наук с физикой. Применение примеров и задач с элементами истории, географии, биологии, экологии на уроках и во внеурочное время поможет лучшему усвоению учебного материала. Привлечение этого материала служит развитию у ребят творческих способностей, наблюдательности, формирует умения работать с дополнительной литературой, применять знания для объяснения явлений, наблюдаемых в природе, в окружающей жизни.

Явления природы взаимно связаны. Эту взаимосвязь необходимо раскрывать перед учащимися при изучении всех естественнонаучных дисциплин. Большую роль в формировании целостной картины мира на уроках физики играет составление и решение задач. Эти задачи должны удовлетворять определенным требованиям: они должны быть связаны с изучаемой темой и способствовать более прочному и глубокому усвоению физических закономерностей, должны научить практическому применению этих закономерностей в биологии, географии, истории, экологии. Очень полезна работа с дополнительной и справочной литературой, на основе которой школьники самостоятельно могут составлять задачи и сообщения к уроку. Конечно, целесообразней излагать этот материал с использованием компьютерных технологий, видеотехники, плакатов и иллюстраций, географических и исторических карт, таблиц и наглядных пособий. Так, при изучении темы «Капиллярные явления» можно показать отрывки видеofilьма «Кровеносная система», «Строение корня». При изучении темы «Глаз — оптическая система» можно показать плакат «Зрение в животном мире» и т. д. Самое главное — это не перегрузить урок наглядными пособиями, чтобы он не потерял физической сущности.

В пособии представлены задачи и сообщения по всем разделам физики. Материал можно подобрать практически к любому уроку. Он постоянно пополняется новыми фактами и задачами, является чрезвычайно благодатным для мобилизации внимания учащихся.

Это пособие может применяться на уроках физики не только в общеобразовательных, но и в профильных классах. Привлечение фрагментов с элементами биологии, географии, истории, экологии призвано формировать у учащихся любовь к природе, обогащать образное мышление, развивать фантазию, что является необходимым фактором успешного усвоения учебного предмета. Решение предлагаемых задач поможет пробудить у школьников интерес к предмету, расширить их знания и кругозор, лучше понять физику.

Использование фрагментов текстов, связанных с естественнонаучными и историческими науками на уроках физики

Истина науки — это спокойный, все освещающий свет, подобный теплу, в котором распускаются все и который способствует раскрытию внутренних сокровищ на просторах жизни.

Г. Гегель

Методика использования текстов, связанных с биологией, географией, экологией, историей, может быть разнообразной. Если сообщение содержит описание какого-либо явления или пример физического явления в природе, то его целесообразно использовать на уроке как иллюстрацию.

Например, при изучении темы «Простые механизмы» в 5—7 классах можно привести следующие примеры использования простых механизмов.

1. Ученые полагают, что первые колеса были созданы в Шумере примерно 5200 лет назад. До изобретения колеса тяжести по суше перемещали с помощью катков и рычагов. С развитием скотоводства начали использовать вьючных животных, появились бесколесные волокуши, ставшие прообразом саней. Первые дошедшие до нас изображения колесной повозки найдены в Месопотамии; датируются они 4 тысячелетием до нашей эры.
2. Древние египтяне оставили после себя величественные памятники зодчества — знаменитые пирамиды, гробницы фараонов. Европейцы узнали об этих грандиозных сооружениях после Египетского похода (1798—1801 гг.) генерала Бонапарта, будущего императора Франции: именно тогда были сделаны первые описания устройства гробниц. Доказано, что строительная техника древности позволяла возводить столь монументальные сооружения. Блоки из известняка вырубали в каменоломнях и на месте обрабатывали — обтесывали и полировали. Выполняли эту операцию медными инструментами. Камень отделявали так тщательно, чтобы в дальнейшем блоки плотно прилегали друг к другу. Мастера добивались удивительных результатов — и тысячелетия спустя между гранями соседних плит нельзя протащить даже нитку. Затем многотонные блоки, используя полозья-волокуши и простые рычаги, грузили на баржи и в период половодья по специально прорытым каналам отправляли к месту строительства. Втягивали блоки на канате медными крюками. Главной тайной пирамид явля-

ется трудолюбие и талант человека. В самом деле, высота пирамиды фараона Хуфу (Хеопса) достигает 146,59 м, сложена она из огромных каменных блоков массой 2,5 т каждый.

При изучении темы «Трение» очень интересен пример, который иллюстрирует преимущества трения качения.

3. Храм Артемиды в Эфесе (построен около 550 г. до нашей эры) был одним из самых красивых и знаменитых творений греческой архитектуры и считался третьим чудом света. Руководители строительства Херсифрон и Метаген при возведении храма столкнулись со сложной проблемой: как перевезти по рыхлой почве тяжелые колонны и блоки из каменоломни к месту работы? Выход был найден: колонну особым образом прикрепляли к деревянной раме, как бы превращали в каменный каток. А перекатывать тяжести гораздо легче, чем тащить. Для прямоугольных блоков Метаген придумал другой способ: каждый блок, как ось, вставляли в огромные деревянные колеса около 4 м в диаметре и катили до места строительства.

Очень интересен пример, иллюстрирующий применение закона Паскаля, его можно предложить на уроках при изучении темы «Давление газов» в 7, 10 классах.

4. Родиной стекла считается богатый кварцевым песком Египет, где в течение многих столетий изготавливали стеклянные бусы. Греки заимствовали это ремесло у египтян, усовершенствовали его и стали делать стеклянные вазы. Техника выдувания стекла с помощью специальных труб и форм появилась в Сирии в I веке до нашей эры и быстро распространилась по всей Римской империи. Стеклянные изделия — кубки, бокалы — стали много дешевле и превратились в предметы массового спроса. Новые центры стеклоделия появились в Италии

и римских провинциях, на территории Испании, Франции, Германии.

В пособии приведены интересные, занимательные факты по всем разделам физики.

Использование задач с элементами биологии, географии, экологии и истории на уроках физики

Природу нельзя застигнуть неряшливой и полураздетой, она всегда прекрасна.

Р. Эмерсон

Но более эффективным является решение физических задач, составленных на основе текстов, сообщений по биологии, географии, экологии.

Вот пример задач, которые предлагаются школьникам на уроках физики и естествознания в 5—7 классах по теме «Скорость. Равномерное движение».

1. Гриб веселка (*phallus*), обычный в наших краях, растет со скоростью 5 мм в минуту и вырастает до высоты 30 см. За какое время гриб достигает указанной высоты? (*За 1 час*)
2. Хотя растение банан (*Musa*) достигает высоты 10 м и имеет ствол толщиной до 1 м, оно является травой. Банан от начала развития до десятиметровой высоты вырастает всего за 8—10 месяцев. Листья банана растут со скоростью 0,1 мм в минуту. Каждое растение дает три урожая в год, что составляет в целом 100 кг плодов. Определите, на сколько сантиметров увеличивается лист банана за сутки? (*14,4 см*)
3. Бамбуки — общее название для более чем 100 родов и 600 видов травянистых растений. Их особенностью является быстрый рост. Так, бамбуки Вьетнама растут со скоростью 2 м в сутки. Бамбук, относящийся к семейству злаковых, у себя на ро-

дине может достигать высоты 50 м и иметь стебель диаметром до 40 см. На сколько метров изменяется длина бамбука за неделю? *(На 14 м)*

Можно по этой теме предложить ученикам творческое задание. Например, предлагается таблица, в которой указаны скорости движения в живой природе. Школьникам предлагается составить задачи по этим данным.

Скорость		Скорость	
Акула	40 км/ч	Лосось	27 км/ч
Гепард	112 км/ч	Страус	80 км/ч

Вот такие задачи составляют школьники 5—7-х классов.

1. Гепарды охотятся в одиночку. Они бегут за добычей со скоростью до 30 м/с, но довольно быстро устают. Если в течение минуты они не догоняют добычу, то прекращают погоню. Антилопа находится на расстоянии 100 м от гепарда и бежит со скоростью 72 км/ч. Догонит ли ее гепард? *(7-й класс. Власов Максим)*

Ответ: если будет двигаться с максимальной скоростью, то догонит через 10 с.

2. Африканские страусы нанду и эму — это крупные бескрылые птицы. Они достаточно быстро бегают, чтобы убежать от немногих хищников, которые рискуют нападать на них. Страусы бегут со скоростью 80 км/ч. Все они неярко окрашены, кроме черно-белого африканского страуса, который является самой крупной птицей в мире. За какое время африканский страус преодолел бы стометровку? *(Васильев Алексей, 6-й класс.)*

Ответ: примерно за 4,5 с.

Ключом ко всякой науке является вопросительный знак.

О. Бальзак.

Очень интересно можно строить уроки «Решение задач» с использованием интересных сообщений: ребятам предлагается занимательный факт, а они должны составить по нему задачу или вопрос, а затем предложить ответить на него своим товарищам. Вот, например, некоторые сообщения по теме «Масса. Плотность», 5—7 классы.

1. Сейшельская веерная пальма дает орехи массой до 25 кг и диаметром до 0,5 м. Впервые такой орех попал в Европу в конце XVI века. Европейцы считали его талисманом, оберегающим от несчастий, и высоко ценили: за один «мальдивский орех» можно было получить целый корабль, груженный товарами. Император «Священной Римской империи» Рудольф II (1552—1612) заплатил за кубок из ореха сейшельской пальмы столько золота, сколько в него вместились, — 100 кг.

Вот такие задачи были составлены на уроке по этому отрывку:

- А) Определите объем кубка, зная, что плотность золота $19,3 \text{ г/см}^3$.
 - Б) Считая, что сейшельский орех имеет форму шара, определите его среднюю плотность. С каким веществом может сравниться эта плотность?
2. Цератония из семейства цезальпиниевых дает одинаковые семена, массой всегда ровно 0,2 г. Такими семенами в качестве гирь с древности пользовались ювелиры. Эту меру массы называли каратом.

Вот какие задачи были составлены по этому факту.

- А) Какие единицы массы вы еще знаете? Сколько карат в 100 г?

- Б) Алмаз массой 20 карат имеет объем $0,6 \text{ см}^3$.
Определите среднюю плотность этого камня.
Вас ничего не удивляет?
- В) Сколько семян цератонии нужно взять, чтобы уравновесить брусочек серебра размерами $1 \times 2 \times 2 \text{ см}^3$? Плотность серебра $10\,500 \text{ кг/м}^3$.

Такие задания позволяют учащимся применить свои знания на практике, развивают мышление и логику учащихся, помогают лучше понять физику. Все ученики, активно принимающие участие в этой работе, поощряются.

Применение задач с элементами географии, биологии, экологии на внеклассных занятиях и кружках по физике

Умеющему не трудно, трудно тому,
кто не умеет.

Китайское изречение

Нравственное воздействие природы
на любого человека измеряется прав-
дой, которую она ему открыла.

Р. Эмерсон

По предлагаемой методике можно проводить не только отдельные уроки, но и внеклассные занятия и мероприятия. Такие занятия положительно влияют на усвоение основного школьного курса физики, а также способствуют развитию умений решать задачи творческого характера. Решение таких задач, творческие задания побуждают учащихся больше читать, самим находить интересные факты, а затем использовать их на уроке или на внеклассном занятии. Это развивает у учащихся мышление, внимание, наблюдательность.

В данном пособии приведены факты и задачи, связанные с биологией, географией, экологией, которые помогут учителю физики разнообразить уроки и занятия, вовлечь учащихся в активную творческую деятельность, развить у школьников любовь к родной природе. Хотелось бы верить, что это пособие донесет до читателей известную долю новой информации, которая будет способствовать лучшему восприятию и пониманию физических явлений и законов.

1. ВВЕДЕНИЕ

1. ЧТО ИЗУЧАЕТ ФИЗИКА? НАБЛЮДЕНИЯ И ОПЫТЫ

Вопрос: «О каких явлениях идет речь?»

1.1. Разность температур между незамерзшей водой и холодным воздухом создает рефракцию: луч света преломляется, искажает очертание предметов и дает ложное представление о расстоянии между ними. Этому сопутствует легкая мгла и «дрожание» горизонта. Однажды датские полярники по вине рефракции чуть не убили собственную собаку; приняв ее за овцебыка.

Ответ. Об оптическом.

1.2. Оттепель не всегда радует в Арктике. На льду образуются лужицы, он становится неровным, поэтому легко упасть, поскользнувшись, и получить травму или в лучшем случае основательно промокнуть. Оттаявшая почва превращается в вязкое болото, по которому невозможно двигаться пешком. К тому же во время оттепели небо часто «одаривает» дождями и туманами.

Ответ. О тепловом.

1.3. Порожистая река с быстрым течением и каменистым дном — серьезная преграда на пути. Такую реку переходят не снимая обуви, с шестом в руках, которым ощупывают дно. Иногда лучше двигаться через реку не прямо к противоположному берегу, а наискось: именно так обычно располагаются перекаты (мелководья), по которым и следует переходить, реку, чтобы противостоять напору текущей воды.

Ответ. О механическом.

1.4. От снежной слепоты страдает почти каждый, кто надолго попадает в «белое безмолвие». Иногда она поражает всех до единого участников арктической экспедиции и не позволяет двигаться дальше. Особенно сильно «сияние снегов» в Арктике весной. Сначала притупляется способность различать неровности. Затем возникает ощущение, что в глаза попал песок, далее наступает нестерпимая боль.

Ответ. Об оптическом.

1.5. В пустыне нельзя снимать одежду, даже несмотря на сильную жару. Одежда защищает не только от солнечных лучей, но и от горячего воздуха. Ветер при температуре более 40°C не охлаждает тело, а, наоборот, нагревает его, не говоря об иссушающем воздействии ветра. Одежда не должна быть тесной, чтобы могла предохранять от перегрева. Лучше расстегнуть ворот и манжеты, не затягивать туго пояс.

Ответ. О тепловом.

1.6. Мираж — фантастические видения, которые преследуют путника в пустыне. На горизонте вдруг возникают озера, иногда с островами. В озерах отражаются пальмы, горные пики, города.. Они манят к себе, но почему-то удаляются, по мере того как странники приближаются к ним. Эти призраки существуют благодаря раскаленному над землей воздуху.

Ответ. Об оптическом.

1.7. «Не ходи по косогору — сапоги стопчешь», — рекомендует Козьма Прутков. Но не всегда удается следовать этому совету. Передвигаться в го-

рах — это значит преодолевать бесконечные подъемы и спуски. По склону, крутизна которого превышает 35° , человек не может подниматься вверх, не помогая себе руками. Как правило, гораздо легче, да и быстрее идти по склону наискось, по ломаной линии. Не случайно горные тропы проложены человеком «серпантинном».

Ответ. О механическом.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Интересные факты

- 1.8. Самым высоким человеком был американец Роберт Першинг Чодлю (1922—1944). Рост его был равен 2,72 метра, а масса — 222,7 кг. За ним следуют египтянин Мухаммед Гази (1909—1941) — 2,69 метра, американец Джон Керрол (родился в 1932 году) — 2,49 см, финн Вяйно Мюллерине (1909—1963) — 2,47 метра. Самой высокой женщиной считалась гречанка Василики Каллиянди (1882—1904) — 2,3 м.
- 1.9. С 1931 года самым высоким зданием мира был небоскреб Эмпайер Стейт Билдинг в Нью-Йорке (102 этажа, 381 м). В 1972 году он уступил первенство Всемирному торговому центру в том же Нью-Йорке (110 этажей, 417 м). В 1974 году в Чикаго был построен Сирс Тауэр (110 этажей, 442 м), который оставался самым высоким зданием мира до 1996 года, когда в столице Малайзии Куала-Лумпуре нефтяная компания «Петронас» ввела в строй два небоскреба-близнеца с числом этажей 88 и высотой 450 м. Следовательно, они

лишь немногим ниже Останкинской телебашни в Москве.

- 1.10. В нашей стране и странах СНГ насчитывается около 3 млн рек, ручьев, каналов и пересыхающих водотоков общей протяженностью до 10 млн. км. Среди них более 2,5 млн. самых малых рек длиной менее 10 км, затем идут реки длиной 10—20 км, их примерно 100 000. Рек протяженностью 25—100 км около 30 000, число рек длиной от 100 до 500 км составляет 3852. Большие реки имеют длину 500—1000 км, их 198, рек длиной более 1000 км на территории нашей страны 77. Основные реки Европейской части нашей страны — Волга, Кама, Дон — существовали уже в мезозое (четвертая эра в геологической истории Земли. В эту эпоху в животном мире господствовали гигантские пресмыкающиеся. Появились костистые рыбы, млекопитающие, лиственные деревья.)

II. ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА

3. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА. МОЛЕКУЛЫ

- 2.1. Большая часть территории Калахари, свыше 70% Сахары, представляет собой так называемые «хамалы» — бескрайние каменистые плоскогорья, разделенные долинами и впадинами. Поверхность их усеяна кремниевой щебенкой, прокаленной солнцем. Порой ее покрывает черная блестящая корка, осадок солей железа и марганца, выпавший из грунтовых вод, поднявшихся на поверхность. И среди этих звенящих под ногами путника обломков про-

бываются запыленные, чахлые стебельки полыни и мятлика. Время от времени мертвую тишину горных ущелий оглашают резкие, словно выстрелы, звуки. Это трескаются под действием перепада температуры горные породы, засыпая склоны обломками скал, образующими местами зыбкие осыпи.

Задача. Почему трескаются горные породы? Как изменяется расстояние между молекулами с повышением и с понижением температуры?

Ответ. С повышением температуры расстояние между молекулами увеличивается.

2.2 Открытие этого вещества в 1774 году шведским аптекарем Шееле ускорило процесс, длительность которого угрожала росту текстильной промышленности. Назовите это вещество.

Ответ. Хлор.

4. ДИФФУЗИЯ.

СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ МОЛЕКУЛ

2.3. У некоторых птиц наблюдаются значительные колебания температуры тела. Например, у колибри в холодные ночи температура тела почти равна температуре окружающей среды (иногда снижается до $18,8^{\circ}\text{C}$), и все функции организма значительно замедлены. Подобные явления оцепенения отмечены у стрижей и ласточек в холодную, пасмурную погоду. Обнаруживали скопление оцепеневших птиц, которые, однако, оживали и улетали прочь, как только их брали в руки. Снижение температуры тела и впадение в состояние длительного оцепенения может быть вызвано сочетанием неблагоприятной внешней температуры и недостатка пищи.

Задача. А почему замедляются все функции организма птиц при понижении температуры?

Ответ. С понижением температуры уменьшается скорость движения молекул, а, следовательно, замедляются и все функции организма (обмен веществ, кровообращение и т. п.).

2.4. Большинство клопов, божьи коровки, некоторые листоеды используют для своей защиты резкие запахи. Запах от клопов отвратительный, а божьи коровки выделяют желтую пахучую ядовитую жидкость.

Задача. Объясните передачу запахов.

Ответ. Передача запахов осуществляется посредством диффузии.

2.5. Пчелиный яд — средство защиты пчелы, к которому она прибегает в случае опасности. Яд — это бесцветная прозрачная жидкость с ароматным запахом, горьким и жгучим вкусом. Количество яда в организме пчелы составляет 0,1 — 0,3 миллиграмма. Пчелиный яд обладает высокой биологической активностью. У некоторых людей уже после 2—3 пчелиных укусов может развиваться недомогание и сильная аллергическая реакция. А 500—600 укусов могут повлечь за собой смерть здорового человека. Тем не менее, пчелиный яд оказывает хорошее действие при лечении ревматизма, язв, бронхиальной астмы, заболеваниях глаз.

Задача. Объясните с точки зрения физики термин *высокая биологическая активность*.

Ответ. Под термином *высокая биологическая активность* понимается быстрое протекание биологических процессов, в частности, связанное с быстрым движением молекул.

2.6. В качестве тонизирующих культур обычно употребляются чай, кофе и какао. Все они возделываются

в тропиках (чай также и в субтропиках) и имеют довольно ограниченные ареалы. Родина чая — Китай, и в Европе он стал известен только в XVII веке, но быстро приобрел огромную популярность, особенно после того, как его стали доставлять сюда на быстроходных трехмачтовых парусниках — чайных клиперах. Родина кофе — Африка, но в наши дни 2/3 его сбора дают страны Латинской Америки. Культура какао, напротив, родилась в Америке, но теперь основные ее производители находятся на Гвинейском побережье Африки.

Задача. Чем объяснить быстрое распространение аромата этих напитков?

Ответ. Эти явления объясняет диффузия.

2.7. В каждый момент времени в кровеносных сосудах, оплетающих альвеолы, находится примерно 70 мл крови, из которой в альвеолы диффундирует углекислый газ, а в обратном направлении — кислород. Огромная поверхность альвеол дает возможность уменьшить толщину слоя крови, обменивающейся газами с внутриальвеолярным воздухом, до 1 мкм, что позволяет менее чем за 1 с насытить это количество крови кислородом и освободить ее от избытка углекислоты.

Задача. Как протекает процесс диффузии в этом случае?

Ответ. Молекулы кислорода проникают сквозь альвеолы, в обратном направлении молекулы углекислого газа из кровеносных сосудов проникают в альвеолы.

2.8. Самый многочисленный способ общения насекомых — общение с помощью обонятельных химических средств. Есть привлекающие ароматы (аттрактанты), а есть отталкивающие (репелленты), воспринимаемые обонятельными дырочками

(порами) на усиках. К аттрактантам относятся феромоны и гормоны. «Матка здесь», — сообщает один из феромонов в пчелином гнезде. «Из этого запасного самца вырастить производителя, а из этого — солдата», — звучит приказ через феромон в гнезде термитов. А репелленты? «Нас много, корма на всех не хватит, подождите расти», — следует пахучий сигнал от первого комариного выплода. И личинки комаров следующего выплода смиренно ждут приказа на превращение в комаров.

Вопрос. Что доказывает распространение запахов?

Ответ. Явление распространения запахов доказывает, что молекулы беспорядочно и хаотично движутся и участвуют в явлении диффузии.

2.9. Невозможно представить свою жизнь и быт без ароматических запахов. Для того чтобы получить всего один килограмм розового масла, необходимо переработать более полутора тонн лепестков розы. Ладан, ароматическую смолу для церковных нужд, получают из сока ладанного дерева и босвеллии священной, растущих в Восточной Африке. Мирра, смола для ароматических курений, получается из смолы деревьев рода каммифора, растущих в Эфиопии и Южной Аравии.

Задача. Объясните, как же передаются запахи?

Ответ. Молекулы пахучего вещества проникают между молекулами воздуха. Это явление называется диффузией.

2.10. Проблема загрязнений, связанных с твердыми взвешенными частицами, значительно более серьезна, чем думали о ней до последнего времени. Сейчас существует целый ряд приемов и методов борьбы с попаданием твердых взвесей в воздух. Для частиц больших размеров время пребыва-

ния в атмосфере относительно мало. Приводим размеры некоторых твердых взвешенных частиц, встречающихся в воздухе городов. Данные приведены по источнику [34].

Частица	Радиус частицы, <i>м</i>
Пыльца растений	20—60
Микроорганизмы и их споры	1—15
Сухой песок	200—2000
Угольная пыль	10—400
Цементная пыль	10—150
Удобрения	30—800
Асбест	10—200

Вопрос. Приведите примеры, когда мы встречаемся с движением взвешенных частиц. Что можно сказать о движении этих частиц?

Ответ. Движение пылинок в запыленной комнате в лучах света — один из примеров движения взвешенных частиц. Можно заметить, что частицы движутся непрерывно и хаотично.

2.11. За последние десятилетия люди в корне изменили свой взгляд на леса Земли. И поняли, что лес — это не просто будущие дрова, доски, бревна, а одно из главных звеньев громадной природной цепи. Леса — легкие планеты, помогающие дышать всему живому. Один гектар леса за год очищает 18 миллионов кубических метров воздуха от углекислого газа, он поглощает 64 т других газов и пыли, поставляя взамен миллионы кубических метров кислорода.

Вопрос. Как происходит процесс очищения воздуха лесом?

Объясните это явление на основе учения МКТ.

Ответ. Процесс очищения воздуха лесом можно объяснить диффузией.

2.12. Сахарная свекла выведена селекционерами относительно недавно, после того как в 1747 году европейские ученые установили, что кормовая свекла содержит сахар. Его было немногим более 1%, и потребовалось приложить немало усилий, чтобы получить сорта, пригодные для промышленного производства.

Вопрос. Какую роль играет явление диффузии при сахароварении?

Ответ. Молекулы сахара выходят из свеклы в воду. Для усиления этого процесса сахарную свеклу измельчают. А затем сахар выпаривают из воды.

2.13. Одни из самых экологически неблагополучных в России — города, выросшие вокруг промышленных гигантов: Магнитогорск, Новокузнецк, Череповец, Норильск, Нижний Тагил. Огромные заводы, работающие по устаревшим технологиям, лишенные надежных очистных сооружений, отравляют все живое на много километров вокруг себя. Ситуация усугубляется тем, что такие заводы невозможно просто взять и закрыть, — они являются единственным источником существования для большей части горожан. Людям приходится вдыхать отравленный воздух, потреблять загрязненную пищу и воду, работать во вредных условиях.

Вопрос. Почему же ядовитые вещества попадают в пищу, воздух, воду и распространяются на большие расстояния?

Ответ. Вследствие диффузии.

Веселые задачи

- 2.14. Один покупатель пришел в аптеку и спрашивает:
 — Что у вас есть от моли?
 Ему предложили шарики нафталина.
 Посетитель купил коробку и ушел домой. На другой день он пришел снова в аптеку и попросил ему дать сто коробок нафталина.
 — Зачем вам так много?
 — А я бросаю шарики в моль, но не всегда попадаю...

Вопрос. На каком явлении основано действие нафталина?

Ответ. На диффузии.

5. ТЕМПЕРАТУРА

- 2.15. В одной из сельских больниц на Украине была зарегистрирована температура в 43 градуса у женщины, заболевшей лихорадкой. Между тем каждому врачу известно, что повышение температуры тела за черту 42 градуса означает неизбежную смерть.

Вопрос. Какая температура считается нормальной для человека?

Ответ. 36,7°C

- 2.16. Температура кожи отдельных участков тела.

Участок тела	Температура, °C
Ладони рук	32,9°
Лоб	33,4°
Верхняя часть груди	32,8°
Живот	31,1°
Шея	34,0°
Подмышечная впадина	36,7°
Подошва	30,2°

Вопрос. С помощью какого прибора можно измерить температуру тела?

Ответ. Термометром.

2.17. В 1960 году в ВВС США были проведены опыты для выявления максимальной температуры, которую может выдержать человек. Наибольшая температура сухого воздуха, которую смогли перенести обнаженные мужчины, оказалась равной $204,4^{\circ}\text{C}$. Кстати, чтобы поджарить кусок мяса достаточно температура всего лишь $162,8^{\circ}\text{C}$.

Задача. Можно ли было при этих испытаниях пользоваться спиртовыми или ртутными термометрами?

Ответ. Ртутным термометром пользоваться можно, а вот спиртовой термометр в этих испытаниях не пригодился бы.

2.18. 19 декабря 1987 года в Редмонде (штат Вашингтон) группа из 11 человек, возглавляемая С. Н. Байсяком, прошла по углям, температура которых оказалась равной 841°C .

Задача. На сколько градусов должна была при этом нагреться подошва человека? Что должно было бы произойти со ступней человека?

Ответ. Температура подошвы человека примерно 30°C . Следовательно, подошва должна нагреваться на 811°C . При этой температуре живая ткань погибает.

2.19. Арктика и Антарктика — это не только своеобразные «фабрики льда», но и «кухни погоды», которые влияют на погоду всего земного шара. Когда приходят длительные антициклоны с незначительной облачностью или, что еще хуже, при полном ее отсутствии, в зимние полярные ночи здесь создаются наиболее благоприятные условия для выхолаживания почвы и приземного воздуха. Самая низкая температура воздуха у земной поверхности ($-88,3^{\circ}\text{C}$) наблюдалась в августе 1960 года на советской станции «Вос-

ток», которая находится в Антарктиде на высоте 3488 м.

Вопрос. Можно ли на этой станции пользоваться ртутным термометром?

Ответ. Нет. Ртуть отвердевает при температуре -39°C .

2.20. Высота места наблюдения над уровнем моря не является решающим условием сильного выхолаживания приземного воздуха. Поэтому на ряде высокогорных станций в низких широтах минимальные температуры могут быть значительно выше минимальных температур для станций равнинных, но высокоширотных. Так, на леднике Северцова в Кашкадарьинской области (высота 2780 м) температура воздуха не опускается ниже -26°C , а на станции Казбеги на Кавказе (высота 3659 м) абсолютный минимум температуры составляет лишь -35°C .

Вопрос. Можно ли пользоваться ртутным или спиртовым термометром на этих станциях?

Ответ. Да. Ртуть отвердевает при температуре -39°C .

2.21. Как перевести температуру, измеряемую по шкале Фаренгейта, принятую в США, в шкалу по Цельсию?

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 9/5) + 32^{\circ} \quad ^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}) \times 5/9$$

$^{\circ}\text{C}$	100	50	40	30
$^{\circ}\text{F}$	212	122	104	86
$^{\circ}\text{C}$	20	10	0	-10
$^{\circ}\text{F}$	68	50	32	14
$^{\circ}\text{C}$	-17,8	-20	-30	-40
$^{\circ}\text{F}$	0	-4	-22	-40

Вопрос. Пользуясь таблицей, определите, какую одежду вы будете одевать, если по радио передали, что температура воздуха 82°F , 12°F ?

Ответ. При 82°F можно одеться полегче, потому что температура воздуха будет близка к 28°C . При 12°F температура воздуха близка к -11°C , поэтому необходимо одеться потеплее.

6. СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

2.22. Весной или осенью после ночных заморозков можно увидеть на траве белый налет из мелких кристалликов льда — иней. В старые времена полагали, что иней — это замороженная роса или след незаметного дождя. На самом деле эти кристаллы льда образуются непосредственно из влаги воздуха на горизонтальных поверхностях, которые охладилась до температуры ниже 0°C , а также на снегу. Происходит это чаще всего ночью или рано утром, в ясную тихую погоду. Форма кристаллов весьма разнообразная: розетки, шестиугольники, прямоугольники, пирамидки, гребешки...

Вопрос. Каким агрегатным состоянием воды является иней?

Ответ. Твердым.

III. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

7. МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ. РАВНОМЕРНОЕ И НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

3.1. У растений есть определенные ритмы жизни. Их можно наблюдать в делении клеток, обмене веществ, прорастании семян, росте, зацветании, открытии и

закрытии цветков, выделения нектара, стюрообразовании. Шведский ботаник Карл Линней, живший в XVIII в., устроил у себя на клумбе специальные цветочные часы — «часы флоры». Попробуйте сделать это и вы. Для этого нужно знать, что шиповник раскрывает цветки в 4—5 ч., а закрывает в 19—20 ч., цикорий — соответственно, в 4—5 и в 14—15 ч., мак — в 5 и в 14—15 ч., одуванчик — в 5—6 и в 14—15 ч., картофель — в 6—7 и в 14—15 ч., лен — в 6—7 и в 16—17 ч., белая кувшинка — в 7—8 и в 18—19, смолевка — в 9 и в 20—21, календула (ноготки) — в 9 и в 20—21, кислица — в 9—10 и в 17—18, мать-и-мачеха — в 9—10 и в 17—18 ч.

Вопрос. Удобно ли пользоваться такими часами?

Ответ. Нет, т. к. они указывают приблизительное время.

3.2. Дивом Йеллоустона (США) именуется гейзер Эксельсиор — один из крупнейших в мире. Его струя бьет из озера со скалистыми крутыми берегами. Перед извержением поверхность озера начинает волноваться, окутывается клубами пара, а затем точно из центра водоема с грозным рокотом вырывается гигантский столб кипятка диаметром 10 метров и высотой почти 100 метров.

Вопрос. К какому виду движения можно отнести извержение этого гейзера?

Ответ. Неравномерное.

3.3. Великие озера Северной Америки — Верхнее, Мичиган, Гурон, Эри и Онтарио — самое большое озерное «созвездие» нашей планеты. Мощная и быстрая река Ниагара уносит воды первых четырех в пятое — Онтарио. Между озерами Эри и Онтарио река спускается почти на 100 метров.

Причем половину этой высоты она теряет одним буйным прыжком, который и зовется водопадом Ниагара. Могучий многоводный поток шириной в тысячу двести метров разрезан у водопада Козьим островом на две части. Воды огромной реки плавно катятся к скальному уступу и с величавым спокойствием падают в бездну с высоты в пятьдесят метров.

Вопрос. Какие виды движения описываются выше?

Ответ. Движение реки можно отнести к равномерному движению — «воды плавно катятся», движение воды в водопаде — неравномерное.

3.4. Большая часть поверхности Ледовитого океана и окраинных морей круглый год закована в ледяной панцирь толщиной 2,5—3 км. Но это не застывшая в неподвижности гигантская масса льда. Ветер и течения заставляют непрерывно перемещаться ледяные поля. Генеральная линия дрейфа лежит с востока на запад. Именно это обстоятельство привело знаменитого норвежского ученого-полярника Фритьофа Нансена к смелому решению вморозить в лед в районе Новосибирских островов свой корабль «Фрам», чтобы вместе с дрейфующими ледяными полями достичь Северного полюса.

Задание. Покажите на карте предполагаемую траекторию движения экспедиции Нансена.

8. СКОРОСТЬ

3.5. Африканские страусы считаются самыми крупными современными птицами. Взрослые самцы достигают высоты 260—275 см. Их масса в среднем 50 кг, у наиболее крупных особей — до 90 кг. Характерной особенностью африканских страусов

является наличие на ногах всего двух пальцев, что, впрочем, не мешает им очень быстро бегать. На бегу длина шага этих птиц равна 2 — 3 м.

Задача. Определите, за какое время африканский страус пробежит стометровку, если его скорость 80 км/ч.

Ответ. Примерно за 4,5 с.

3.6. Летать по-настоящему пингвины не умеют, но их умению маневренно и быстро передвигаться в воде позавидовал бы самый лучший летун среди пернатых. Пингвин «летит», быстро работая крыльями, как веслами. Под водой пингвины развивают скорость до 30 км/ч. Помимо головоногих моллюсков, пингвин питается рыбой, а здесь без умения хорошо плавать можно и голодным остаться. [1]

Задача. А какое расстояние пингвин проплывет с максимальной скоростью за 5 с?

Ответ. Примерно 41,7 м.

3.7. В результате систематических наблюдений ученые установили, что скорость движения перелетных стай — от 18 до 93 км/ч. При этом весной птицы летят со средней скоростью около 50 км/ч, а осенью — 43 км/ч. У серой вороны скорость составляет 50 км/ч, у скворца — в среднем 74 км/ч, у мелких воробьиных — 50—60 км/ч, уток — 72 км/ч, гусей — 90 км/ч. [1]

Задача. Произведите перевод перечисленных выше скоростей в м/с.

Ответ. Скорость серой вороны — 13,9 м/с, у скворца — 20,6 м/с, у мелких воробьиных — от 13,9 до 16,7 м/с, у уток — 20 м/с, у гусей — 25 м/с.

3.8. Иногда птицам приходится без остановки лететь над морем и горами. Так, птицы, преодолевая

Северное и Средиземное моря, летят без отдыха 600—700 километров. Около тысячи километров безостановочно пролетают птицы, пересекающие Мексиканский залив. Наибольший «беспосадочный» перелет в 3300 км совершает кроншнеп и ржанка, летящие на зиму с Северо-Американского материка на Гавайские острова.

Задача. Средняя скорость перелетных птиц 50 км/ч. Определите время беспосадочных перелетов птиц.

Ответ. Примерно 66 ч.

3.9. Одной из самых быстролетных птиц считается иглохвостый стриж, летящий со скоростью до 50 м/с. Но и это еще не предел. Пикируя на добычу, сокол-сапсан мчится со скоростью около 0,1 км/с. Альбатросы могут лететь (при попутном ветре) со скоростью 100 км/ч, ласточки достигают скорости 120 000 м/ч.

Задача. Сравните скорости приведенных выше птиц.

Ответ. Сокол-сапсан, 100 м/с — 1-е место, иглохвостый стриж, 50 м/с — 2-е место, ласточка, 33,3 м/с — 3-е место, альбатросы, 27,8 м/с — 4-е место и то при попутном ветре.

3.10. Несмотря на маленькие размеры, колибри способны пролетать значительные расстояния. Например, рубиновогорлая колибри весной и осенью перелетает Мексиканский залив, преодолевая без остановки примерно 900 км со скоростью 40 км/ч. При порхающем полете крылья колибри движутся со скоростью 3000 — 4800 взмахов в минуту.

Задача. Определите время перелета колибри через Мексиканский залив.

Ответ. 22,5 ч.

3.11. Самыми быстрокрылыми среди птиц считаются ласточки и стрижи. Скорость их полета 100—150 км/ч. А вот криковые утки им уступают, они летают со скоростью 96 км/ч.

Задача. А какое расстояние пролетают эти птицы за 1 минуту?

Ответ. За одну минуту стриж с максимальной скоростью мог бы пролететь 2500 м, а криковые утки — примерно 1600 м.

3.12. Самый быстрый зверь на Земле — гепард. Эта стройная пятнистая кошка на длинных ногах развивает скорость 110 км/ч. Но бежит недалеко. Если сразу не догонит жертву, тут же возвращается в засаду.

Задача. Какое расстояние пробегает гепард за 5 с?

Ответ. За 5 с гепард преодолевает расстояние 153 м.

3.13. В области гидродинамики млекопитающих до недавнего времени представлялась абсолютно загадочной та быстрота, с которой передвигаются некоторые китообразные. Так, одиночные касатки развивают скорость до 30 узлов. Также очень быстроходны некоторые дельфины, такую же скорость могут развивать и усатые киты-полосатики: финвалы и сейвалы. Чтобы оценить тридцатиузловую скорость, достаточно напомнить, что современные трансатлантические лайнеры ходят со скоростью в 20 узлов и могут развивать скорость до 26 узлов.

Задача. Определите скорость приведенных выше млекопитающих в км/час.

Ответ. Так как один узел равен 0,541 м/с, то касатки могут развивать скорость до 16 м/с.

3.14. Рекорд дальности полета с одновременным голоданием принадлежит золотистой ржанке, которая без посадки пересекает участок Тихого океана

между Аляской и Гавайскими островами, равный 3500 км, со средней скоростью 50 км/ч.

Задача. За какое время золотистая ржанка совершает этот голодный полет?

Ответ. За 70 ч.

3.15. Французские исследователи использовали радиомаяк для определения дальности и скорости перелета альбатроса. Выяснилось, что за 33 дня птица покрыла расстояние в 15 200 км.

Задача. Определите среднюю скорость движения альбатроса при этом перелете.

Ответ. Примерно 5,3 м/с.

3.16. Скорость крови в сосудистой системе приведена в этой таблице.

Сосуды	Внутренний диаметр сосуда, мм	Скорость движения крови, см/с
Аорта	20	50
Артерии	5—10	20—50
Капилляры	0,01—0,5	0,01—0,5
Вены	10—30	10—20

Задание. Составьте задачи по этим данным.

3.17. Скорости движения в животном мире (ориентировочные значения) представлены ниже.

Скорость, км/ч		Скорость, км/ч	
Акула	40	Лев	65
Борзая	58	Лось	47
Гепард	112	Майский жук	11
Жираф	51	Муха	18
Кенгуру	48	Черепаша	0,5

Задание. Составьте задачи по этим данным.

3.18. Хотя растение банан достигает высоты 10 м и имеет ствол толщиной до 1 м, оно является травой. Банан от начала развития до десятиметровой высоты вырастает всего за 8—10 месяцев. Листья банана растут со скоростью 15 см в сутки. Каждое растение дает три урожая в год, что составляет в целом 100 кг плодов.

Задача. Определите среднюю скорость роста банана. Сравните скорости роста листа банана и самого растения.

Ответ. 3 см в сутки, скорость роста банана в 5 раз меньше скорости роста листьев банана.

3.19. Бамбуки — общее название для более чем 100 родов и 600 видов травянистых растений. Их особенностью является быстрый рост. Некоторые виды бамбука растут со скоростью 2 см в час. В начале же роста стебель бамбука прибавляет более 1 мм в минуту.

Задача. Сравните средние скорости роста банана и бамбука (см. задачу 3.18).

Ответ. Скорость роста бамбука равна 24 см в сутки и превышает скорость роста банана в 8 раз.

3.20. Бамбуки Вьетнама растут со скоростью 2 м в сутки. Бамбук, относящийся к семейству злаков, у себя на родине, в Юго-Восточной Азии, может достигать высоты 50 м и иметь стебель диаметром до 40 см.

Задача. Определите прирост бамбука за 1 минуту, за 1 час, за неделю.

Ответ. За 1 минуту бамбук вырастает на 1 мм, за 1 час — на 6 см, за неделю — на 14 м.

3.21. Леса на планете исчезают со скоростью 20 га в минуту.

Задание. Составьте по этим данным задачу.

3.22. На поверхности инфузории-туфельки находятся 12 тысяч ресничек. Скорость движения инфузории-туфельки составляет 2 мм в секунду. Это означает, что туфелька проплывает за секунду расстояние, в 10—15 раз большее, чем длина ее тела.

Задача. Какое расстояние может преодолеть инфузория-туфелька за 4 секунды?

Ответ. 8 мм.

3.23. Кораллы растут очень быстро. Так, одна личинка фавии за год дает колонию площадью 20 мм² и высотой 5 мм. Есть кораллы, растущие еще быстрее. Так, один из кораблей, затонувший в Персидском заливе, за 20 месяцев оброс коркой кораллов толщиной 60 см.

Задание. Составьте задачу по этим данным.

3.24. Скорость распространения возбуждения в разных отделах нервной системы кишечнорастных составляет 0,04—1,2 м/с.

Задача. Определите время, которое необходимо для прохождения сигнала возбуждения на расстоянии 20 см.

Ответ. При минимальной скорости — 5 с, при максимальной — 0,16 с.

3.25. Максимальная скорость передвижения виноградной улитки (*Helix pomatia*) — 7 см/мин.

Вопрос. На какое расстояние переместится улитка, двигаясь с максимальной скоростью, за 10 минут?

Ответ. На 0,7 м.

3.26. Перелетная саранча способна совершать перелеты до 1500 км. Известны случаи ее перелета через Черное море. Некоторые исследователи считают, что длина беспосадочного перелета саранчи достигает 2200 км.

Задача. За какое время перелетает саранча расстояние 2200 км, двигаясь со скоростью 10 м/с?

Ответ. Примерно за 61 час.

3.27. Самая быстрая сухопутная змея — черная мамба. Она может передвигаться со скоростью до 11 км/ч.

Задача. Какое расстояние может преодолеть черная мамба за 10 минут?

Ответ. Примерно 1800 м.

3.28. Удивительная привязанность голубей к месту гнездования еще в древности натолкнула людей на мысль использовать их для передачи почты. Голубиная почта существует и в наше время. В Великую Отечественную войну, несмотря на совершенство технических средств связи, голуби с успехом использовались для передачи донесений (голубеграмм). Большую пользу голубиная почта принесла советским войскам во время героической обороны Москвы, при освобождении Риги и на других фронтах.

Строгие формы, отвечающие самым придирчивым требованиям аэродинамики, скромная окраска, мускулистое сильное тело — главные признаки голубя-почтара. Современные породы почтовых голубей развивают скорость до 140 км/ч, а расстояние, преодолеваемое ими, превышает 3 тысячи километров!

Задача. Определите среднюю скорость голубя-почтара, если $\frac{1}{3}$ всего расстояния он летел со скоростью 100 км/ч, а остальное расстояние — с максимальной скоростью.

Ответ. Примерно 123 км/ч.

3.29. Почти все птицы умеют летать, а у тех, которые летать не умеют (пингвины, страусы, киви), все равно есть недоразвитые или видоизмененные

крылья. У пингвинов, например, они служат плавниками, ими птицы гребут в воде, развивая при этом скорость около 10 м/с.

Вопрос. За какое время пингвин может преодолеть расстояние 200 м?

Ответ. За 20 с.

3.30. Птицы могут быстро и долго бегать, и быстрее всех страусы. Австралийский страус эму может бежать со скоростью 31 км/ч, а наша перепелка развивает скорость до 15,5 км/ч.

Вопрос. Какое расстояние пробегут эти птички за 5 с?

Ответ. 43 м пробежит страус, 21,5 м — перепелка.

3.31. Многие птицы летают очень хорошо и быстро, преодолевая почти без остановок многие тысячи километров. Например, гнездящаяся на севере нашей страны полярная крачка на зиму улетает к берегам Антарктиды, преодолевая дважды в год расстояние в 20—30 тыс. км. Скорость полета птиц бывает очень велика. Одни из самых быстрых летунов — наши стрижи. Встречающийся в Сибири иглохвостый стриж может развивать скорость до 170 км/ч. Быстрые ласточки по сравнению со стрижами «тихолеты»: их скорость не превышает 17 м/с. Скорость до 0,1 км/с развивает сокол, пикирующий на добычу.

Вопрос. У какой из вышеперечисленных птиц самая большая скорость?

Ответ. У сокола — 100 м/с, у иглохвостого стрижа — 47 м/с, у ласточки — 17 м/с.

3.32. В особенно неурожайные годы белки покидают родные места и мигрируют. Они преодолевают сотни километров, двигаясь иногда непрерывно сплошным потоком в течение одного-полутора месяцев фронтом до 300 км со скоростью 4 км/ч.

Вопрос. Определите среднее расстояние, которое смогут преодолеть белки за 1,5 месяца.

Ответ. Примерно 4000 км.

3.33. Верблюды нетребовательны к пище — едят любые пустынные растения, а алпака и гуанако — даже мхи, пьют солоноватую и соленую воду. Из-за неприхотливости к суровым условиям жизни они незаменимы в пустынях, сухих степях и высокогорьях. До наших дней в арабских странах существует верблюжья кавалерия. Самая большая скорость, которую способен развивать одногорбый верблюд, — 16 км/ч.

Вопрос. Какое расстояние может преодолеть верблюд за 8 часов, двигаясь с максимальной скоростью?

Ответ. 128 км.

3.34. Русские князья любили потешить себя охотой на копытных животных с гепардом. Эти стройные, по-собачьи подтянутые кошки сопровождали их не только на охоте, но и на торжественных приемах. Обитатели пустынных областей Средней Азии, Южного Казахстана, Закавказья, а также африканской саванны, гепарды отличаются от других кошек тем, что не втягивают своих когтей при ходьбе и добывают добычу, загоняя ее, как собаки. Одно из самых быстроногих животных, гепард в течение 3 с может двигаться со скоростью, близкой к 110 км/ч.

Вопрос. Определите расстояние, преодолеваемое гепардом при этом.

Ответ. Примерно 92 м.

3.35. Ураганы, эти мощные тропические грозы, происходят обычно поздним летом или ранней осенью. Они берут начало над теплым океаном в районе экватора, когда теплый воздух, насыщенный влагой, поднимается вверх над огромными областями и формирует вихри облаков. Холодный

воздух, опускаясь, под действием бокового ветра образует огромный вихрь, который начинает перемещаться вдоль поверхности моря. Ураганы приносят тысячи тонн дождя и сильнейший ветер (до 320 км/час). Доходя до берега, они причиняют людям много бед. Каждому урагану присваивается имя. Первый ураган в сезоне получает имя на букву «А», второй — на букву «Б» и т. д. Ураганы часто называют тайфунами или тропическими циклонами.

Задача. За какое время пронесется ураган от города Краснодара до города Ейска, если расстояние между этими городами 200 км?

Ответ. За 37,5 минуты.

3.36. В первой половине XX века пассажирские суда ежегодно перевозили только между Европой и Северной Америкой 2—3 млн. пассажиров. Самые комфортабельные и быстроходные пассажирские лайнеры, настоящие плавучие дворцы — «Нормандия» и «Франс» (Франция), «Куин Мэри» и «Куин Элизабет» (Великобритания), «Юнайтед Стейтс» (США), «Микеланджело» (Италия) — соревновались между собой за традиционный приз «Голубая лента Атлантики», учрежденный еще в XIX веке и присуждавшийся судну, пересекающему Атлантику в рекордно короткие сроки. Последним владел этим призом лайнер «Юнайтед Стейтс», пересекавший океан за 3 суток 10 часов 40 минут. В наши дни трансатлантические гонки пассажирских лайнеров уже не проводятся. В перевозках пассажиров из-за конкуренции воздушного транспорта роль Атлантического океана в последнее время резко снизилась.

Задача. С какой средней скоростью двигался «Юнайтед Стейтс», пересекая Атлантический океан?

Ответ. Примерно 10 м/с.

3.37. Первые сверхзвуковые пассажирские лайнеры (англо-французский «Конкорд» и советский Ту-144) были созданы еще в 70-х годах, но по разным причинам вскоре их сняли с эксплуатации. Однако в середине 90-х годов они снова стали совершать экспериментальные полеты. В 1995 году «Конкорд» в рекламных целях осуществил кругосветный перелет по маршруту Нью-Йорк—Нью-Йорк, покрыв (с шестью посадками) расстояние в 40 717 км. Этот перелет занял 31 час 27 минут 40 секунд. Расстояние от Лондона до Нью-Йорка «Конкорд» преодолевает за 3 часа 40 минут. В России проводятся летные испытания Ту-144 и на его основе создается самолет Ту-244 с крейсерской скоростью 2300—2500 км/ч.

Задание. Составьте по данным задачу и решите ее.

3.38. Мировой рекорд скорости поезда принадлежит Франции. Здесь в 1955 году была достигнута скорость 331 км в час, в 1981 году — 380 км/ч, а в конце 80-х годов — 515 км/ч! Однако это рекордные показатели. Обычно поезда-экспрессы развивают скорость 200—300 км/ч. Лишь самый быстрый поезд в мире на линии Париж—Бордо перевозит пассажиров со скоростью 350 км в час.

Задача. За какое время самый быстрый поезд преодолевает расстояние от Парижа до Бордо?

Ответ. За 1,7 ч.

3.39. Соглашение о сооружении тоннеля под Ла-Маншем было подписано в 1986 году, а вступило в эксплуатацию в 1994 году. Проложены два параллельных железнодорожных тоннеля длиной 50 км (в том числе 37 км под водой). Скоростные поезда теперь преодолевают расстояние между Лондом и

Парижем за 3 часа, причем сам проезд под Ламаншем занимает только 30—35 минут.

Задание. Составьте задачу по исходным данным.

3.40. Общая длина магистрали «Санкасен» («Новая линия») около 1100 км. Поезда идут по ней со средней скоростью 200 км в час и более. Особенно велико движение на отрезке Токио — Осака длиной 515 км, где за сутки проходит до 120 пар поездов, а за год перевозится 120 млн. пассажиров, что равно всему населению страны. Расстояние между этими городами экспресс «Хикари» («свет») проходит за 2 ч 15 мин. При этом он преодолевает 66 тоннелей и 3 тысячи мостов.

Задача. Определите среднюю скорость экспресса «Хикари».

Ответ. 63,5 м/с.

3.41. Арктика — обширная область северного полушария. Большая часть Северного Ледовитого океана и окраинных морей: Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское и др. — круглый год закована льдом, который дрейфует с востока на запад. Ледяные поля движутся то медленно, едва преодолевая 1—2 км в сутки, то за 24 часа покрывают расстояния в 40—45 км.

Вопрос. Определите средние скорости передвижения ледяных полей.

Ответ. 0,083 км/ч; 1,875 км/ч.

9. КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ. ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

3.42. Это явление в России происходит сравнительно редко, а в США торнадо возникает до 640 раз в год. Особенно часто их наблюдают на равнинах штатов Техас, Оклахома, Канзас и Небраска.

Живущие там люди имеют в своих домах укрытия, защищающие их от проносящегося смерча. Образуются смерчи на равнинах Северной Америки, когда небольшие области разреженного воздуха очень быстро поднимаются вверх и создают огромные воздушные вихревые «трубы», которые скачком перемещаются по поверхности Земли. Все, что попадает на их пути, они всасывают в себя. При вращении воздуха со скоростью 100 м/с создается воздушная воронка диаметром не менее 200 м с разреженным внутри ее воздухом. Центробежные силы отгоняют к краям воронки тяжелые капли воды и града и создают стенки толщиной 10—20 м. В нашей стране смерч в 1984 г. обрушился на Ивановскую и Костромскую области. Он произвел невероятные разрушения, раскидывал постройки, как спички, ломал вековые деревья, погнул рельсы железной дороги. Диаметр этого смерча достигал 2 км.

Задача. По данным, приведенным выше, вычислите центростремительное ускорение, период вращения, угловую скорость торнадо.

Ответ. Центростремительное ускорение равно 100 м/с^2 , период — 6,28 с, угловая скорость — 1 рад/с.

3.43. Самый разрушительный из всех известных нам торнадо пронесся в США 18 марта 1925 года. Страшный вихрь прошел 352 километра при ширине 1—1,5 километра. Погибло 689 человек. В полосе, охваченной торнадо, полностью были разрушены жилые дома и хозяйственные постройки. Имеются случаи, когда поезда сходили с рельсов, иногда на 150—200 метров от места нахождения отбрасывало грузовые машины и даже железнодорожные вагоны.

Задача. Определите период обращения торнадо, его частоту и угловую скорость, если скорость воздушного потока на периферии достигала 35 м/с.

Ответ. Период обращения торнадо 90 с, угловая скорость — 0,07 рад/с, частота — 0,11 Гц.

10. ИНЕРЦИЯ. МАССА

3.44. Массы в живой природе (средние значения)

Название	Масса	Название	Масса
Пиявка	2 г	Голнаф, самая крупная лягушка	3300 г
Вета, самое большое насекомое	80 г	Комодский варан	200 кг
Скат морской дьявол, манта	1,5 т	Слоновая черепаха	150 кг
Белуга, самая крупная пресноводная рыба	1400 кг	Дрофа, самая тяжелая летающая птица	20 кг

Задача. Какое из этих живых существ имеет наибольшую массу? Наименьшую массу?

Ответ. Наибольшую массу имеет морской дьявол, его масса составляет 1500 кг, наименьшую массу имеет пиявка, ее масса 0,002 кг.

3.45. Цератония из семейства цезальпиниевых дает одинаковые семена, весящие всегда ровно 0,2 г. Такими семенами в качестве гирь с древности пользовались ювелиры. Эту меру массы называли каратом.

Задача. Известно что 120 тысяч семян сосны имеют массу 1 кг. Сколько карат будет весить одно семечко сосны?

Ответ. Примерно 42 карата.

3.46. В 1905 году при строительстве Сучанской железной дороги был найден корень женьшеня — чрезвычайно редкого и ценного лекарственного растения

массой 600 г. Он был продан во Владивостоке за 1800 рублей золотом, а потом в Шанхае за 5 тысяч долларов.

Задание. Выразите массу корня в кг и мг.

Ответ. 0,6 кг; 600 000 мг.

3.47. По данным В. Коплессона, 3,5-метровая акула, за которой в течение года вели наблюдения в океанариуме, съела за этот период всего 96 кг рыбы, что составляло чуть больше половины ее массы.

Задача. Определите по этим данным массу акулы. Какой объем рыбы съела акула, если плотность рыбы примерно равна плотности воды?

Ответ. Примерная масса акулы равна 180 кг. Объем съеденной рыбы составил 0,096 м³.

3.48. Чего только не находили в желудках акул — консервные банки, почтовые посылки, подковы и дамские шляпы, ручные гранаты, поплавки от сетей и даже примусы. Однажды у берегов Сенегала в брюхе тигровой акулы обнаружили туземный барабан тамтам. Размеры его были весьма внушительны: длина — 27 см, ширина — 25 см, а масса составила 7000 г.

Задача. Определите объем цилиндрического барабана тамтама и его плотность по данным задачи. Выразите массу в системе СИ.

Ответ. Плотность тамтама составляет 528 кг/м³, его объем — 13 246 см³, а масса — 7 кг.

3.49. Природа порой ставит животное в условия, которые требуют от него особых, кажущихся сверхъестественными выносливости, ловкости и силы. Такими качествами обладает белый медведь. Масса самых старых самцов достигает тонны, а в среднем масса животного 300—500 кг.

Вопрос. Во сколько раз масса старого зверя больше массы средних белых медведей?

Ответ. В два—три раза.

11. ПЛОТНОСТЬ

3.50. Речь пойдет о кроте. Этот маленький слепой зверек с широкими ладошками, вывернутыми наружу, действительно трудяга. Длинной всего 10 — 15 см и весом 100 г, он выносит на поверхность на 1 гектаре березового леса за 1 год до 10 тонн земли. Настоящая миниатюрная землеройная машина.

Вопрос. Какой объем земли переносит крот, если плотность земли 2000 кг/м^3 ?

Ответ. 5 м^3 .

3.51. Обычная корова дает в год 3—5 тысяч литров молока, но существуют и рекордсменки, от которых надаивают до 20 тысяч литров. Таких высоких результатов добились от коров голландской породы. А мировой рекорд поставила в 1941 году корова ярославской породы из Вологодской области. За сутки от нее получили 82,15 литра молока. (Плотность молока — 1036 кг/м^3 .)

Задача. Определите массу молока, надоенную у рекордсменки из Вологодской области за сутки.

Ответ. Примерно 84,6 кг.

3.52. Средние значения плотностей древесины в кг/м^3 , абсолютно сухой, приведены в таблице.

Древесная порода	Плотность, кг/м^3	Древесная порода	Плотность, кг/м^3
Бальса	110—120	Красное дерево	540
Бакаут (железное дерево)	1300	Сосна обыкновенная	400
Дуб	550	Пробковое дерево	127
Кедр	350	Черное дерево	1160

Задание. По этим данным составьте задачи.

3.53. Японский селекционер Томоюки Оно вывел сорт арбузов, имеющих кубическую форму. Он утверждает, что не пользовался при этом никакими механическими приспособлениями или химическими препаратами. Новый сорт арбузов очень удобен для хранения и транспортировки.

Задача. Оцените массу такого арбуза, если его сторона равна 15 см, а плотность арбуза близка к плотности воды. На сколько увеличится масса арбуза, если он подрастет еще на 5 см?

Ответ. Примерно 3,375 кг; если арбуз подрастет еще на 5 см, то его масса станет 8 кг, следовательно, масса увеличится в 2,37 раза.

3.54. Кегельные шары изготавливаются из гваякового дерева, растущего в Центральной и Южной Америке. Древесина этого дерева очень твердая и плотная, плотность около 1,2 г/см³.

Задача. Определите массу кегельного шара, если его радиус примерно 10 см. Объем шара находится по формуле: $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Ответ. Примерно 5 кг.

3.55. По некоторым данным, биомасса всех головоногих моллюсков (Cephalopoda) Мирового океана составляет не менее 2,3 миллиарда тонн.

Задача. Определите объем моллюсков при условии, что их плотность близка к плотности воды.

Ответ. 2 300 000 м³.

3.56. Все дикие верблюды из-за хищнического истребления стали редкими в природе; и государства, на территории которых они встречаются, взяли их под строгую охрану. Дикий двугорбый верблюд и викунья занесены в международную Красную книгу. Удивительно, что верблюды могут пить и соленую и пресную воду. Причем за один раз верблюд может выпить до 57 литров воды.

Вопрос. Как изменяется масса верблюда при питье?
(Плотность соленой воды 1020 кг/м^3 , плотность пресной воды 1000 кг/м^3 .)

Ответ. Масса верблюда увеличивается на 57 кг.

3.57. В озерах, не имеющих стока и расположенных в засушливых районах, вода расходуется преимущественно на испарение. В таких озерах соли накапливаются и содержание их повышается. Соленость озерных вод увеличивается. Так, например, в озере Иссык-Куль содержание солей достигает почти 9 г/л, что делает воду солоноватой; в заливе Кара-Богаз-Гол Каспийского моря — 280 г/л, в озере Эльтон (на востоке Волгоградской области) — 265 г/л. Воды в соленых озерах перенасыщены минеральными веществами: по их содержанию они существенно превосходят морские воды, средняя соленость которых составляет 35 г/л. На дне таких озер пластинами осаждаются кристаллическая соль.

Задача. Определите массу солей в 1 м^3 воды, взятой из каждого водоема.

Ответ. В 1 м^3 озера Иссык-Куль содержится 9 кг солей, в заливе Кара-Богаз-Гол — 280 кг солей, озера Эльтон — 265 кг, среднее содержание солей в 1 м^3 морей составляет 35 кг.

3.58. Валле-де-Мэ — девственный пальмовый лес на Сейшельских островах. Здесь растет редчайшая сейшельская пальма. Ее семена, так называемые морские орехи, — самые большие и тяжелые на планете. Их масса может достигать 20 кг.

Вопрос. Чему равен объем сейшельского ореха, если его средняя плотность 600 кг/м^3 ?

Ответ. $0,03 \text{ м}^3$.

12. СИЛА

3.59. Максимальная сила сокращения запирающего мускула устрицы (*Ostrea*) равна 120 Н на один квадратный сантиметр.

Задача. С какой силой необходимо действовать на раковину, чтобы вскрыть ее? Куда должна быть направлена эта сила? Определите среднее давление, которое оказывает этот мускул на раковину площадью 2 см².

Ответ. Необходимо прилагать силу больше 120 Н на 1 см² в направлении, противоположном силам сокращения устрицы.

3.60. Диаметр паутинки составляет в среднем 0,5—4 мк. Масса паутины, равной по длине экватору земного шара, составляет примерно 340 г. Из паутинных бородавок одного паука можно вытянуть до 4 км паутины. В 1900 году в Париже на Всемирной выставке демонстрировался канат из паутины для удержания воздушного шара. Масса каната составляла всего 300 г.

Задание. Сделайте чертеж и покажите все силы, действующие на паутину при действии на нее воздушного шара.

3.61. Самая крепкая связка человеческого тела, так называемая бертиниева связка, укрепляющая тазобедренный сустав, выдерживает нагрузку в 3,5 кН.

Задача. Какую силу выдерживает связка в ньютонах?

Ответ. 3500 Н.

3.62. В организме человека насчитывается около 600 различных мышц. Если бы все мышцы человека напряглись, они бы вызвали силу, равную приблизительно 0,25 МН.

Задача. Какую силу вызывают все мышцы в ньютонах?

Ответ. 250 000 Н.

3.63. Согласно исследованиям французских невропатологов, у плачущего человека задействованы 43 мышцы лица, в то время как у смеющегося — всего 17. Таким образом, смеяться энергетически выгодней, чем плакать. Кстати, самые сильные мышцы те, что расположены по обе стороны рта и отвечают за сжатие челюстей. Они способны развивать усилие около 700 Н.

Задача. Груз какой массы равномерно смог бы поднять человек, действуя такой силой?

Ответ. 70 кг.

13. СИЛА ТЯЖЕСТИ

3.64. Самой тяжелой птицей нашей страны считается дрофа. Масса самца этой птицы — 16 и даже 20 килограммов, при длине тела около метра и размахе крыльев в 275 метра. Дрофы не только хорошо летают, но могут и очень быстро бегать. Живут эти птицы в степной полосе, питаются зернами различных злаков, травами, мышами и полевками.

Задача. Определите силу тяжести, действующую на эту птицу.

Ответ. 200 Н.

3.65. Самые маленькие птицы нашей страны — королек (масса всего 5 граммов) и крапивник (масса 10 граммов). Обитают обе эти крохи в лесах, причем крапивники гнездятся обычно в низких кустарниках, а корольки — в вершинах хвойных деревьев.

Задача. Определите силу тяжести, действующую на эту птичку.

Ответ. На королька действует сила тяжести, равная 0,05 Н, на крапивника — 0,1 Н.

3.66. Крот, этот маленький слепой зверек с широкими ладошками, вывернутыми наружу, настоящий трудяга. Всего 10—15 см длиной и 1Н весом, он выносит на поверхность на 1 гектаре березового леса за 1 год землю весом 100 кН.

Задача. Определите массу крота и массу земли, которую он выносит за 1 год.

Ответ. Масса крота — 100 г, масса земли — 10 т, или 10 000 кг.

3.67. Самый крупный в мире грызун — капибара, или водосвинка, живущая в Венесуэле и Колумбии. На местном наречии капибара означает *господин травы*. Питаясь травой на болотах, этот «господин» набирает 50—60 кг массы и 1,65 метра длины. Самый маленький грызун — карликовая бурозубка длиной до 4 сантиметров. [2]

Задача. Определите силу тяжести, действующую на капибара.

Ответ. 500—600 Н.

3.68. В горбах верблюда содержится 100—120 кг жира, который при распаде может дать 40—50 кг воды. После длительного водного голодания верблюд может выпить, не отрываясь, 130 л воды. Но рекорд способности обходиться без воды принадлежит не верблюду (14 дней), а скалистой белке из Южной Мексики. Этот небольшой зверек может жить без воды до ста дней.

Задача. Какую массу воды может выпить верблюд, не отрываясь, после длительного водного голо-

дания? Как при этом изменяется сила тяжести, действующая на него?

Ответ. 130 кг воды может выпить, не отрываясь, верблюд, при этом сила тяжести, действующая на верблюда, увеличится на 1300 Н.

3.69. Наш язык имеет массу всего 50 г, а его длина — 9 сантиметров. Но в нем не менее 17 мускулов. В процессе еды он производит 80 движений в минуту. При вкушении любого продукта 4000 осязательных пластинок с 50 рецепторами каждая передают в мозг полученную информацию.

Задача. Какая сила тяжести действует на язык?

Ответ. 0,5 Н.

3.70. После Второй мировой войны около Филиппинских островов в раковине огромного моллюска массой 500 кг была найдена гигантская жемчужина. Она имела массу более 6 кг и правильную сферическую форму.

Задача. Определите силу тяжести, действующую на раковину и жемчужину.

Ответ. 5 кН; 60 Н.

3.71. На одном гектаре почвы биомасса дождевых червей достигает 2—4 тонн. Эти черви перерабатывают ежегодно от 50 до 600 т почвы, превращая ее в мелкие, обогащенные гумусом почвенные агрегаты. Дождевые черви могут закапываться в землю на глубину до 8 м.

Задача. Сколько вагонов потребуется, чтобы увезти переработанную этими червями землю, если известно, что один вагон может перевезти землю весом 600 кН?

Ответ. 10 вагонов.

3.72. Самое большое насекомое — вета — обитает в Новой Зеландии. Его масса достигает 80 г. А размером вета с полевою мышь.

Задача. Определите силу тяжести, действующую на это насекомое.

Ответ. 0,8 Н.

3.73. Мозг кита-финвала имеет массу 7 кг, масса мозга слона — 5 кг, человека — 1400 г, лошади — 500 г, коровы — 350 г, свиньи — 150 г, собаки — 100 г, гиббона — 89 г, кошки — 32 г. У обыкновенного ежа масса мозга 3,2 г.

Задача. Определите силу тяжести, действующую на мозг различных животных и человека.

Ответ. 70 Н; 50 Н; 14 Н; 5 Н; 3,5 Н; 1,5 Н; 1 Н; 0,89 Н; 0,32 Н; 0,032 Н — соответственно.

3.74. Отмечено, что наиболее эффективно мышцы работают в 13 часов 30 минут. Современный спортсмен-тяжелоатлет за одну тренировку поднимает 40—60 тонн груза, что составляет более 4 тысяч тонн в год.

Задача. Сколько вагонов можно было бы загрузить железом, которое поднимает в год тяжелоатлет, если вагон может увезти груз, на который действует сила тяжести 600 кН?

Ответ. 70 вагонов.

3.75. В открытом море подъем водной поверхности во время прилива не превышает 1 м. Значительно большей величины приливы достигают в устьях рек, проливах и в постепенно суживающихся заливах с извилистой береговой линией. Наибольшей величины приливы достигают в заливе Фанди (Атлантическое побережье Канады). У порта Монктон в этом заливе уровень воды во время прилива поднимается на 19,6 м. В Англии, в устье реки Северн, впадающей в Бристольский залив, наи-

большая высота прилива составляет 16,3 м. На Атлантическом побережье Франции, у Гранвиля, прилив достигает высоты 14,7 м, а в районе Сен-Мало — до 14 м. Во внутренних морях приливы незначительны. Так, в Финском заливе, вблизи Ленинграда, величина прилива не превышает 4—5 см, в Черном море доходит до 8 см.

Задача. Определите период приливов, связанных с Луной.

Ответ. Приливы, как известно, обусловлены в основном притяжением со стороны Луны и имеют два максимума: «под Луной» и на противоположной стороне Земли. Таким образом, за один период прохождения лунного диска по небосклону Земли приливы повторяются дважды. Есть еще солнечная составляющая в приливах, но она мала по сравнению с лунной. Поэтому Луна и определяет период приливов. Видимый период обращения Луны вокруг Земли составляет 29,53 суток (синодический период). Каждый день Луна перемещается по небесной сфере примерно на $12,2^\circ$ ($360/29,53$). Таким образом, время между двумя верхними кульминациями Луны составляет 24 часа 50 минут. А это значит, что приливы повторяются каждые 12 часов 25 минут.

3.76. Ускорение свободного падения в различных местах Земли приведены в таблице.

Город	$g, \text{ м/с}^2$	Город	$g, \text{ м/с}^2$
Берлин	9,8128	Париж	9,80943
Вашингтон	9,80118	Прага	9,81014
Гринвич	9,81198	Рим	9,80367
Мадрид	9,79981	Стокгольм	9,81843
Осло	9,8128	Токио	9,79801

Вопрос. Во сколько раз сила тяжести, действующая на человека в Токио, меньше, чем в Осло? Составьте задачи по этим данным.

Ответ. В 1,002 раза.

3.77. Лось — парнокопытное млекопитающее, самый крупный вид семейства оленей. Длина тела самцов достигает 3 м, высота в холке 2,3 м, они имеют массу 250—570 кг. У самцов есть рога, у самок их нет. Лоси широко распространены в лесной и лесостепной зонах нашей страны.

Вопрос. Определите силу тяжести, действующую на лося.

Ответ. 2,5—5,7 кН.

3.78. Во внутренних морях, например в Черном и Балтийском, приливы почти незаметны. В Средиземном море разница между малой и большой водой колеблется от 20 до 40 см. Незначительна высота приливов в центральной части Тихого океана. Однако на земном шаре есть районы с исключительно большим подъемом воды; как правило, это сравнительно узкие проливы и бухты. Наиболее высокие приливы наблюдаются в заливах Фанди и Фробишер (Канада) — 13,6 м, в устье реки Северн (Великобритания, Бристольский залив) — 16,3 м. В российских морях самые высокие приливы измерены в Гижинской губе Охотского моря — 11 м и в горле Белого моря — 6,5 м.

Вопрос. Почему образуются приливы и отливы?

Ответ. Это следствие взаимодействия Земли с Луной.

3.79. Уклон Амазонской низменности настолько мал, что влияние океанских приливов заметно здесь

даже за 1000 км от устья реки. Особенностью амазонских приливов является знаменитая порока. От столкновения могучей реки с идущей навстречу приливной волной на Амазонке образуется высокий вал, увенчанный пенным гребнем. Он катится вверх по реке с огромным гулом, сметая все на своем пути. Горе судну, которое не успеет заблаговременно укрыться в боковой протоке или в бухте, — ревушая шестиметровая водная стена перевернет и потопит его. Индейцы с незапамятных времен испытывали суеверный страх перед этим загадочным явлением, представлявшимся им каким-то жутким чудовищем. Отсюда и название грозного вала — порока (*гремящая вода*.)

Вопрос. Объясните образование приливных волн. Оцените, с какой силой Луна действует на Землю.

Ответ. Образование приливных волн связано с взаимодействием Луны и Земли, и повторяются они каждые 12 часов 25 минут. $1,9 \times 10^{20} \text{ Н}$ — такая сила действует на Землю со стороны Луны.

14. ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

3.80. Туристы, расположившиеся на палубах судов, часами любуются величественным зрелищем крутых скалистых берегов Скандинавских фьордов, с высоты которых прямо в море срываются пенные струи водопадов. Здесь сосредоточены все высочайшие водопады Европы, превосходящие своей мощью и фантастическим рисунком струй про-

славленные водопады Альп и Пиренеев. Самый высокий из них — Утигард — падает с высоты 610 метров. Это четвертый по высоте водопад мира после Анхеля в Венесуэле (1054 м), Тугелы в ЮАР (933 метра) и Йосемитского в США (727 метров). Немногим уступают Утигарду и его соседи: Киле (561 м), Мардальфосс (297 метров), Рьоканфосс (271 метр) и Ветифосс (260 метров). Еще по крайней мере десятков водных потоков имеют высоту падения более 100 метров.

Задача. За какое время падает вода с этих высот? С какой скоростью она касается водной пучины? Силу сопротивления воздуха не учитывать.

Ответ. Время падения воды в отсутствии сил сопротивления будет следующим: с водопада Утигард — 11 с, с водопада Анхель — 14,5 с, с водопада Тугел — 13,7 с, с водопада Йосемитский — 12 с, с водопада Киле — 10,6 с, с водопада Мардальфосс — 7,7 с, с водопада Рьоканфосс — 7,4 с, с водопада Ветифосс — 7,2 с.

3.81. Есть на острове Исландия своя долина гейзеров — Хаукалдур. Она располагается в сотне километров от Рейкьявика, у подножия ледника Ланггейекудль. Именно здесь находится знаменитый Большой Гейзер, поразивший в свое время первопоселенцев Исландии. Это был первый природный горячий фонтан, который увидели европейцы. Впоследствии его именем стали называть все фонтанирующие горячие источники. Трехметровое жерло Большого Гейзера открывается посреди чашеобразного бассейна из белого известкового туфа. Оно заполнено кипятком бирюзового цвета, который то выглескивается на дно чашин, то опять уходит в отверстие. Наконец, гейзер собирается

с силами и трижды подряд выбрасывает в небо мощную струю высотой в 40—60 метров. Десять минут длится этот «салют», а затем вода и пар как бы втягиваются назад в жерло. В последнее время Большой Гейзер извергается все реже. Зато его сосед — гейзер Штоккр — еще полон сил и пунктуально радуется туристам своими струями, взлетающими на 30—40 метров вверх.

Задача. С какой скоростью вырывается вода из жерла Большого Гейзера и гейзера Штоккр? Сколько времени длится «полет»?

Ответ. Вода из жерла Большого Гейзера вырывается со скоростью 35 м/с, время «полета» воды — 7 с. Для гейзера Штоккр эти значения, соответственно, будут равны 28 м/с и 5,6 с.

3.82. Гоби — царство солнца и ветра, просторных равнин и невысоких гор и сопок. Лишь вершины Гобийского Алтая поднимаются иногда до трех с половиной километров. Пасмурные дни здесь редкость, и летом жара достигает порой 45°C. Лошади и верблюды едва могут устоять на ветру, и то повернувшись хвостом к ветру. Брошенный же вверх камень падает не вертикально вниз, а под углом градусов в шестьдесят, приземляясь в 5—7 метрах от «места старта». Осенью ураганы сопровождаются дождем и градом, и бывает, что огромные, с куриное яйцо, градины наповал убивают баранов или коз.

Задача. Сравните время полета камня в безветрие и во время урагана.

Ответ. Время полета камня до падения будет одинаковым.

3.83. С 1931 года самым высоким зданием мира был небоскреб Эмпайер Стейт Билдинг в Нью-Йор-

ке (102 этажа, 381 м). В 1972 году он уступил первенство Всемирному торговому центру в том же Нью-Йорке (110 этажей, 417 м). В 1974 году в Чикаго был построен Сирс Тауэр (110 этажей, 442 м), который оставался самым высоким зданием мира до 1996 года, когда в столице Малайзии Куала-Лумпуре были введены в строй два небоскреба-близнеца с числом этажей 88 и высотой 450 м; они лишь немногим ниже Останкинской телебашни в Москве.

Задача. За какое время упадет тело с самого высокого небоскреба в мире? С какой скоростью оно коснется земли?

Ответ. За 9,5 с; в отсутствии сил сопротивления скорость тела у земли будет равна 95 м/с.

3.84. Пустынные ландшафты в пустыне Гоби расположены ближе к ее южной и западной окраинам, рядом с настоящими жаркими пустынями Алашань и Такла-Макан. Ветер, почти не встречающий преград в степи, способен здесь разгуляться не на шутку. Достигая иной раз силы урагана, он поднимает в воздух тучи пыли и песка и обрушивает на селения и торговые караваны страшные песчаные бури. Особенно опасны они в Джунгарской и Гашунской Гоби, где ветер срывает крыши с домов, в клочья рвет палатки геологов, опрокидывает и уносит легкие юрты кочевников порой за три-пять километров, а отдельные предметы, вроде халатов или ковров — и за двадцать километров.

Задача. Считая действие ветра кратковременным, определите начальную скорость ветра, если скорость ветра направлена под углом 45° к горизонту.

Ответ. Если не учитывать силы сопротивления воздуха и принять за перемещение юрты расстояние 5 км, то скорость ветра будет равна 224 м/с. Это очень большое значение и в реальной жизни не встречается.

3.85. Обычная лошадка всех перепрыгала. И прыгнула выше всех — 2 метра 47 сантиметров (правда, в 1947 году и под всадником) и дальше всех — 22 метра 16 сантиметров, тоже давненько, в 1975 году.

Задача. Определите начальную скорость в момент отрыва лошади от земли и время полета в первом случае.

Ответ. Начальная скорость равна 7 м/с, время полета 1,4 с.

3.86. В Австрии растет маленький полукустарник, носящий название дорикниум. Солнечные лучи согревают плоды этого растения, и из соплодий происходят выстрелы этих семян. Растения стреляют для того, чтобы как можно дальше разбрасывать свои семена, ведя борьбу с себе подобными за место под солнцем.

Задача. С какой скоростью растение горизонтально стреляет своими семенами, если высота кустарника 70 см, а расстояние, на котором обнаружили семена, равно 2 м?

Ответ. 5,3 м/с.

3.87. Некоторые рекорды достигаются длительной тренировкой. Как пишет западногерманский журнал «Штерн», некий Эрден Чэмпен из США в 1980 году бросил виноградину на расстояние 97,43 метра и точно попал в рот своему партнеру.

Задача. С какой скоростью необходимо было запустить эту виноградину под углом 45 градусов к

горизонту? На какую максимальную высоту она поднялась? Силы сопротивления отсутствуют.

Ответ. 31,2 м/с; 23,75 м.

3.88. Самым воинственным растением является «бешеный огурец». В диком виде этот «артиллерист» часто встречается в Крыму. От обычного его можно отличить по щетинкам, покрывающим его поверхность. И листья, и плод, и цветки — как у обычного огурца. В «бешенство» он приходит, когда полностью созревает. Происходит это внезапно и может серьезно испугать человека или животное. Огурец с треском отрывается от своей ножки, подпрыгивает, вертится волчком. А из отверстия, где только что была ножка плода, бьед на 6—8 метров струя липкого сока, смешанного с семенами. Оказывается, пока плод зреет, внутри него накапливаются газы. К моменту созревания их давление в его полости достигает трех атмосфер!

Задача. С какой скоростью должна вырываться струя сока с семенами, чтобы достичь указанной выше высоты? Какие изменения энергии происходят при этом?

Ответ. Скорость струи 12,6 м/с, при этом кинетическая энергия струи превращается в потенциальную энергию.

3.89. У кенгуру большие, крепкие задние ноги. Поэтому кенгуру перемещается прыжками, при этом равновесие удерживается с помощью жесткого хвоста. Самый длинный прыжок, зарегистрированный учеными, составляет 13 м 63 см. Рекордный прыжок в высоту равен 3 м 20 см.

Задача. С какой скоростью кенгуру должен отрываться от земли, чтобы достигнуть максимальной высо-

ты? С какой скоростью должен прыгать кенгуру, чтобы преодолеть расстояние 13 м 63 см (примите, что кенгуру совершает прыжок под углом 30 градусов к горизонту)?

Ответ. 8 м/с, во втором случае скорость кенгуру должна быть равна 12,5 м/с.

3.90. В Черном море обитает рыбка-летучка, которая способна пролетать над волнами до 100 м. Другая летучая рыба — тихоокеанский долгопер — пролетает еще больше, до 200 м, поднимаясь при этом на высоту 5 м.

Задача. С какой скоростью должна двигаться рыбка долгопер, чтобы достичь максимальной высоты через 1 секунду, двигаясь под углом 30° к горизонту?

Ответ. 20 м/с.

3.91. Рекордсменка по прыжкам среди лягушек — южноафриканская лягушка тонкотелый прыгун (*Megalixalus leptosomus*). Имея длину туловища всего 5 см, она способна прыгать на 10 м.

Задача. Определите максимальную высоту при прыжке, если лягушка прыгает под углом 45°.

Ответ. 2,45 м.

Задача. Под каким углом к горизонту прыгнула лягушка, если дальность полета равна высоте наибольшего подъема лягушки? Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ. 76°.

15. СИЛА УПРУГОСТИ

3.92. Самая крепкая паутина у пауков-нефил, живущих в Африке, дальних родственников наших крестовиков. На Мадагаскаре женщины собирают

нефил, тянут из их брюшка золотистые нити, а затем ткут из них красивые ленты. В большой круговой ловчей сети паука запутываются не только насекомые, но и птицы.

Задача. Чему равен коэффициент жесткости этой паутины, если при силе натяжения 5 Н она растягивается на 2 мм?

Ответ. 2,5 кН/м.

3.93. Пресноводными акулами называют у нас старых, замшелых щук, достигающих 1,5 метра и массы 50 кг. В Ладожском озере вылавливали осетров длиной 2,6 метра и массой 128 кг. В реках тропической Америки живет самая большая из костных рыб — арапайма, длина ее 4 метра, масса 200 кг. Но всех этих рыб перешеголяли сомы. В Днепре ловили сомов длиной до 5 метров и массой 300 кг.

Задача. На сколько удлинится капроновая нить, коэффициент жесткости которой равен 10 кН/м, при равномерном поднятии этого сома?

Ответ. На 0,3 м.

3.94. Кость — композиционный материал и состоит из двух совершенно различных компонентов — коллагена и минерального вещества. Известным примером композиционного материала служит стеклопластик, представляющий собой смесь стеклянных волокон и смолы. Как это ни удивительно, но кость по своей прочности уступает только твердым сортам стали и оказывается гораздо прочнее ставших образцами прочности гранита и бетона.

Задача. Каков коэффициент жесткости берцовой кости, если масса человека 80 кг, а кость сжимается на 0,3 мм?

Ответ. 2,3 МН/м.

3.95. В 1861 году экипаж французского судна «Алектон» пытался поймать кальмара длиной в 6—7 метров и выдержал с ним трехчасовой бой. Когда в животное всадили гарпун, его не удалось поднять на борт, так как оно весило 2—3 тонны. Об этом случае знал Жюль Верн, описавший в своей книге «20 тысяч лье под водой» нападение гигантских кальмаров на подводную лодку «Наутилус».

Задача. Возможно ли было поднять кальмара на тросе, изготовленном из стали с коэффициентом жесткости 10 кН/м? Максимальная сила, которую выдерживает трос на разрыв, равна 18 кН.

Ответ. Нет.

3.96. Предки современных эскимосов, населявшие арктическое побережье Северной Америки в районе залива Коронации и Медной реки, еще во второй половине первого тысячелетия нашей эры научились строить хижины ... из льда! В большинстве это были небольшие хижины иглу на семью из четырех человек (общественные постройки эскимосов для игр и праздников могли вмещать до 100 человек). Эти хижины имели куполообразную форму. Внутренний диаметр обычной хижины составляет около 3 м при высоте от пола до потолка до 2 м. Куполообразная форма придает хижине повышенную прочность и сводит до минимума тепловые потери через внешнюю поверхность.

Задача. Почему куполообразная форма придает повышенную прочность зданиям и сооружениям? Приведите примеры, где используется сферическая форма тела для увеличения прочности конструкции.

Ответ. Необычайная крепость сводов объясняется тем, что сила, действующая на свод снаружи,

уравновешивается силами сопротивления прилегающих камней, кирпичей и т. п., в свою очередь зажатых между соседними камнями, кирпичами и т. п. Таким образом, сила, действующая на куполообразное тело снаружи, не может его разрушить, а вот сила, действующая изнутри, сравнительно легко разрушает тело.

3.97. Ориентировочные значения модуля упругости E при растяжении и предела прочности тканей.

Ткани	$E, \text{МПа}$	Предел прочности Мпа	
		на растяжение	на сжатие
Сухожилия и связки	1000—1500	50—70	
Мышцы	8—10	0,5—1	
Кость	23000	100—120	120—160

Задание. Составьте по этим данным задачи.

3.98. Скелет птиц прочен и легок. Многие кости имеют воздушные полости. Крылья приводит в движение мощная летательная мускулатура, которая прикрепляется к специальному выросту грудной кости — килю.

Вопрос. Объясните на примере строения скелета птицы (строения костей) прочность и легкость скелета.

Ответ. В результате эволюции многие кости птиц стали полыми, а в некоторых крупных костях возникли распорки. Так, скелет двухкилограммового фрегата, размах крыльев которого свыше 2 м, имеет массу всего 115 г.

16. СИЛА ТРЕНИЯ. СОПРОТИВЛЕНИЕ

3.99. Меч — это костяной отросток верхней челюсти рыбы. Он легко рассекает воду и значительно улучшает гидродинамическую характеристику тела рыбы. Вот рыба-меч и устанавливает рекорды по скорости передвижения под водой — 130 километров в час. Но чего бы стоил меч, если бы не белковая смазка — муцин, сводящая на нет трение рыбы о воду.

Задача. Как уменьшают рыбы силу сопротивления о воду?

Ответ. Поверхность рыб обтекаемая, да еще и покрыта особой слизью, которая уменьшает трение о воду.

3.100. Форма тела у птиц обтекаемая, поэтому при полете они встречают лишь небольшое сопротивление воздуха. У птиц компактный череп и обычно обтекаемый, заостренный клюв. Расположение перьев обеспечивает гладкую поверхность крыла. Хвост короткий, что увеличивает маневренность и уменьшает сопротивление. Ноги у птиц в полете прижаты к телу.

Вопрос. Приведите примеры, где человек использует обтекаемую форму тел.

Ответ. Автомобилям, кораблям, самолетам, ракетам и т. п. придают обтекаемую форму, чтобы уменьшить силу сопротивления

3.101. Речь пойдет о многократном победителе мировых, региональных, российских, затем всесоюзных чемпионатов по классической борьбе среди супертяжеловесов Хаджи-Мукане Мунайпасове (1871—1948). Родившись в бедной крестьянской семье в ауле Карауткель (Акмолинской

области), Мукан с ранних лет приобщился к тяжелому наемному труду. Работая у купца О. Масликова, как-то зимой по велению хозяина он поехал за сеном. На обратном пути степь внезапно завьюжила, и начался сильный буран. Дорога отяжелела, лошади выбились из сил, а одна, не устояв на ногах, упала и больше не вставала. Тогда Мукан погрузил ее на сани поверх сена, а вторую привязал сзади, сам же, впрягшись вместо тягловой силы, приволок все домой. Тогда юноше было 18 лет от роду.

Задача. Какую силу прикладывал Мукан к саням, если масса саней с сеном 500 кг, масса лошади 500 кг, а коэффициент трения равен 0,002?

Ответ. При равномерном движении саней — 20 Н.

3.102. Необходимым условием перемещения животных является надежное сцепление между движущимся телом и опорой. Сцепление достигается либо заострениями на конечностях (когти, острые края копыт, подковные шипы), либо мелкими неровностями (щетинками, бугорками, чешуйками). У многих растений и животных имеются различные органы, служащие для хватания (усики растений, хобот у слона, цепкие хвосты). Все они имеют форму, удобную для захвата, и шероховатую поверхность для увеличения коэффициента трения.

Задача. Определите коэффициент трения между змеей и землей, если змея массой 100 г движется равномерно со скоростью 1 м/с, при этом сила трения равна 0,15Н.

Ответ. 0,15.

3.103. Изменение сопротивления при движении в различных направлениях наблюдается у многих водоплавающих. Так, плавательные перепонки на

лапках уток или гусей используются подобно веслам. При движении лапок назад утка распрямленной перепонкой загребает воду, а при движении вперед утка сдвигает пальцы — сопротивление уменьшается, в результате чего утка продвигается вперед.

Задача. От чего зависит сила сопротивления? Приведите примеры из жизни, где необходимо увеличивать сопротивление, а где уменьшать.

Ответ. Сила сопротивления, оказываемого средой движущемуся телу, зависит от обработки поверхности тела, от формы тела, от свойств среды, от скорости движения тела.

3.104. Меч-рыба известна как рекордсмен среди морских пловцов. Ее скорость может достигать 110—140 км/ч, а ее меч способен пробивать дубовую обшивку судна. Сама же меч-рыба от такого удара не страдает. Оказывается, в ее голове у основания меча имеется гидравлический амортизатор — небольшие полости в виде сот, наполненные жиром. Они и смягчают удар. Хрящевые прокладки между позвонками у меч-рыбы толстые, подобно буферам у вагонов, они уменьшают силу толчка.

Задача. Определите силу сопротивления дубовой обшивки, если меч-рыба, двигаясь с максимальной скоростью, прошила обшивку толщиной 20 см за 0,5 с. Масса меч-рыбы 10 кг.

Ответ. 6400 Н.

3.105. Синие тунцы, хищники океанических просторов, совершают значительные сезонные миграции в поисках пищи. Тунцы плывут со скоростью до 90 км/ч — такой темп обеспечивает им кровеносная система. Туловище этой рыбы прекрасно

приспособлено для быстрого передвижения — оно почти идеально обтекаемо, плывущий тунец испытывает минимальное сопротивление воды.

Вопрос. Какую форму тела называют обтекаемой?

Ответ. Форму тела, при которой сила сопротивления минимальна, называют обтекаемой.

3.106. Лося можно использовать для транспортных перевозок под седлом и вьюком. Он проходит в труднодоступных лесных и болотистых местах. Лоси свободно поднимают вьюк массой 80—120 кг, а в санной упряжке везут и все 500 кг.

Вопрос. Определите силу трения, действующую на санную упряжку, если коэффициент трения саней о лед равен 0,002. Рассмотрите случаи, если

- 1) упряжка движется равномерно,
- 2) равноускоренно с ускорением 1 м/с^2 .

Ответ. Сила трения равна 10 Н в обоих случаях.

3.107. Скорость движения меч-рыбы в воде достигает 130 км/ч. Это обусловлено способностью рыбы изменять форму своего хвостового плавника. Такую же скорость развивают некоторые рыбы семейства парусниковых — копьеносцы, марлины, парусники. Они имеют копьевидно заостренную верхнюю челюсть, что существенно снижает лобовое сопротивление воды и способствует турбулизации набегающего потока струй при движении в плотной среде.

Задача. Как называется такая форма тела? Как можно уменьшить сопротивление при движении в воде или воздухе?

Ответ. Такая форма называется обтекаемой. Сопротивление зависит от формы тела, его размеров, обработки поверхности, от среды, в которой движется тело. Для уменьшения сопротивле-

ния необходимо уменьшить площадь лобового сопротивления, обработать поверхность, чтобы поверхность была более гладкой.

- 3 10⁸ Территория Гоби занимает всю южную половину Монголии, а заодно прихватывает изрядную часть Китая. На картах до сих пор она значится как «пустыня», хотя это и не совсем верно. Очень часты в Гоби песчаные бури. Твердые песчинки, переносимые бурей, способны превратить прозрачное стекло в матовое за неделю или две, пока свирепствует ветер. А вершины хребтов и отдельные скалы они буквально отшлифовывают, придавая каменистым возвышенностям самую фантастичную форму.

Задача. Какое же действие оказывают песчинки на поверхности?

Ответ. Трение песчинок о скалы придает им удивительные формы.

17. ВЕС ТЕЛА. НЕВЕСОМОСТЬ И ПЕРЕГРУЗКА

- 3.109. Самая большая в мире улитка жила в доме француза Поля Трамелли. Ее завезли малюткой вместе с американскими фруктами. Через пять лет «малютка» стала весить 1,5 кг. Морские раковины иногда достигают гигантского веса. Так, двустворка тридакна гигантская достигает 1,5 м и весит более 250 кг.

Задача. Определить вес моллюсков, массы которых приведены выше.

Ответ. 15 Н и 2,5 кН.

- 3.110. Самое крупное млекопитающее на Земле — голубой кит (блювал), его длина 33 метра и

масса 160 тонн. А самое маленькое млекопитающее — летучая мышь-бабочка, живущая в известковых пещерах в Таиланде. Она достигает чуть более 2,5 см и имеет массу 2 г.

Задача. Определите силу тяжести и вес голубого кита и мыши-бабочки.

Ответ. 1600 кН; 0,02 Н.

3.111. Последние исследования палеонтологов показали, что самый крупный ископаемый ящер — сейсмозавр (сотрясатель земли), достигающий 40 метров в длину и массы 40 тонн. Ему немного уступает суперзавр. Длина его тела более 33 метров. Оба найдены в отложениях Нью-Мексико (США).

Задача. Чему равна масса (в кг) и вес сейсмозавра?

Ответ. Масса 40 000 кг, вес 400 кН.

3.112. На водопое залпом верблюдов может выпить 57—60 литров воды. А один подопытный верблюд, который шёл 17 дней при 35-градусной жаре, на водопое выпил почти 100 литров!

Задача. Как при этом изменилась масса подопытного верблюда? А вес?

Ответ. Масса увеличилась на 100 кг, а вес — на 1 кН.

3.113. Первое, с чем сталкивается космонавт при взлете, это ускорение, когда космический корабль быстро набирает скорость. Во время выведения корабля на орбиту искусственного спутника Земли на космонавта в течение почти 5 минут действует ускорение, значение которого может изменяться от g до $7g$. Действие ускорений на космонавта имеет также место при входе в плотные слои атмосферы при его возвращении на Землю. Естественно, что увеличение веса космонавта затрудняет его движения. Поэтому

в периоды воздействия перегрузок на старте корабля и его торможении большинство операций, связанных с его управлением, должно быть автоматизировано.

Задача. Средняя масса космонавта 70 кг. Как изменится масса и вес космонавта при выведении космического аппарата на околоземную орбиту?

Ответ. Масса не изменится, а вес, в зависимости от ускорения, может увеличиться в 7 раз.

3.114. Некий капитан Биддинг из США решил проверить, какую перегрузку он может выдержать. Он привязал себя к саням с ракетным мотором и понесся вниз по наклонной плоскости. Стремительно спускаясь, Биддинг внезапно остановил сани. На мгновение ускорение изменилось в 82,6 раза. Напряжение продолжалось $1/400$ секунды, но человек мгновенно лишился зрения, остановилось сердце, он находился в глубоком обмороке. Этим поступком Биддинг увековечил свое имя.

Задача. Во сколько раз при этом увеличился вес Биддинга?

Ответ. Увеличился в 82,6 раза.

3.115. Ускоренная киносъемка показала, что, когда лесной лось ищет насекомых или готовит дупло под гнездо, то его клюв может долбить дерево со скоростью при ударе 7 м/с. Полный цикл удара клювом длится всего 0,001 с, при этом возникают бешеные нагрузки, однако мозг птицы никогда не травмируется! Секрет заключается в том, что голова дятла перемещается только вперед и назад в одной плоскости, без каких-либо боковых смещений.

Задача. Определите перегрузку, которую испытывает голова дятла при ударе.

Ответ. 700 Па.

3.116. Среднее яйцо африканского страуса имеет длину 15—20 см, что по объему равно примерно двум дюжинам куриных яиц, и весит 16—18 Н. Чтобы сварить такое яйцо, требуется 40 минут. Но самое трудное — это очистить его, ведь скорлупа толщиной 1,5 см выдерживает нагрузку 127 кг.

Задача. Определите массу яйца страуса и массу одного куриного яйца.

Ответ. Масса яйца страуса 1,6—1,8 кг.

3.117. С возрастом масса мозга уменьшается. В 20 лет его масса в среднем равна 1,4 кг, в 70 лет — 1,3 кг, а в 80 лет — 1,2 кг. Следует иметь в виду, что нет никакой связи между размером мозга и умом. «Компьютер», принадлежащий Тургеневу, был особо крупных размеров — 2,012 кг, а у Анатоля Франса всего 1,017 кг. У М. Монро его масса составляла целых 1,422 кг. В головном мозге содержится три четверти всех нервных клеток организма. Он увеличивается до 15 лет и функционирует лучше всего начиная с этого возраста и до 25 лет. С 45 лет он начинает деградировать.

Задача. Определите вес головного мозга Тургенева, Франса и Монро. Считайте, что мозг находится в покое.

Ответ. Вес мозга Тургенева 20 Н, Франса — 10 Н, Монро — 14 Н.

3.118. Емкость желудка обычного человека 1,3 л, но емкость меняется в зависимости от поглощаемых припасов. В желудке некоторых завзятых любителей пива — немцев — умещается 8 л пива! За день он вырабатывает 1,5 л желудочного сока.

Задача. Определите массу и вес сока, который вырабатывает желудок, если плотность этого сока примерно равна 1000 кг/м^3 .

Ответ. Масса $1,5 \text{ кг}$; вес 15 Н .

3.119. Все косточки нашего тела весят примерно 170 Н . Но в скелете ребенка не менее 300 костей! Некоторые кости «спаиваются» в процессе его роста. В результате сохраняется минимум 198 , а максимум 214 . Такое отличие связано с тем, что некоторым людям природа добавляет шейные или поясничные позвонки, а у других остается «неспаянный» крестец. Кстати, в научных кругах первый шейный позвонок называют «атлантом» — по имени мифического героя, в чью задачу входило поддержание на своих плечах небесного купола.

Задание. Составьте задачу по этим данным.

3.120. В 1966 году в Киргизии был выращен арбуз весом 857 Н .

Задание. Определите массу этого арбуза. Оцените диаметр этого арбуза, считая, что плотность арбуза близка к плотности воды.

Ответ. Масса арбуза-гиганта составляет $85,7 \text{ кг}$, радиус такого арбуза составит $27,4 \text{ см}$, а диаметр, соответственно, $54,8 \text{ см}$.

3.121. Одно дерево бразильской гевеи ежегодно дает около 30 литров латекса, из которого можно получить 30 кг каучука. Определите вес всего каучука, полученного от 100 гевей. Где используется каучук? Какими особенными свойствами он обладает?

Ответ. Каучук обладает уникальными техническими свойствами: текучестью, клейкостью, прочностью.

3.122. Неудивительно, что птицам нужно много корма, нередко вес съеденной пищи за сутки в $1,5$ — 2 раза

превышает их собственный! Например, пеночка, которая имеет массу 8—10 г, съедает за день до 17 г насекомых.

Вопрос. Как изменяется при этом вес пеночки? А ее масса?

Ответ. Масса и вес пеночки увеличивается в 2,7 раза.

3.123. Семь видов оленей живет на территории нашей страны. Самый маленький из них — кабарга, обитатель глухой горной тайги, она имеет массу всего 10—17 кг. Лось весит до 6 кН. А обычный благородный олень, его разновидности — кавказский, европейский, бухарские олени, марал, изюбрь — достигают 75—340 кг.

Вопрос. Сравните вес и массу оленей разных видов.

Ответ. Масса лося равна 600 кг, по своей массе он превосходит благородного оленя и в 60 раз массивней кабарги.

3.124. Дикая кошки различаются по окраске, величине и внешнему облику. Их разделяют на малых, средних и больших. Самые маленькие представители семейства длиной всего 46 см и массой 2,5 кг, самые крупные — около 4 м и массой 400 кг. Почти все они хищники.

Вопрос. Как отличается вес в покое самой большой кошки от самой маленькой?

Ответ. В 160 раз.

3.125. Экстравагантность и оригинальность стали обычным явлением в жизни американского общества. На праздновании столетнего юбилея алабамского города Форт-Пайн всех поразил самый большой в мире торт, выполненный в виде рельефной карты штата Алабама. Масса кондитерского великана была равна 58 тоннам, включая 7,5 тонны мороженого.

Задача. Определите вес этого чуда. Какая сила тяжести действовала на торт до его съедения?

Ответ. Вес этого чуда 580 000 Н, включая мороженое весом 75 000 Н.

3.126. Колокол Сысой, самый большой колокол в мире, находится в звоннице Ростова Великого Ярославской области. Отлит колокол в 1688 году русским мастером Фролом Терентьевым. Его масса 32 тонны. В немецком городе Кельне находится колокол Петер массой 24 тонны, отлитый в 1923 году.

Задача. Определите силу тяжести, действующую на колокол Сысой. Чему равен вес этого гиганта, подвешенного на тросе?

Ответ. Сила тяжести равна в этом случае весу колокола — 320 000 Н.

3.127. Растет на Малых Зондских островах и необычное «конфетное дерево» — ховения сладкая. Это дерево, похожее на нашу липу, достигает порой пятнадцатиметровой высоты. Плоды ховении — невзрачные сухие шарики — несъедобные, но зато их толстые мясистые плодоножки содержат до 50 процентов сахарозы и напоминают своим вкусом изюм, вымоченный в роме. Местные жители, особенно дети, с удовольствием трясут стволы ховений, собирая потом упавшие «конфеты» целыми килограммами. С одного дерева можно получить иной раз до 35 кг сладкого природного лакомства.

Задача. Как увеличится вес добытчика «конфет», если ему попалось самое плодоносящее дерево?

Ответ. Вес добытчика увеличится на 350 Н.

3.128. Известно, что наша Земля эллипсоид. Так, ускорение свободного падения на Северном полюсе

равно 983 см/с^2 , а на экваторе — 978 см/с^2 . Определите по этим данным радиус Земли на экваторе и на Северном полюсе. Определите вес человека на этих широтах в первом случае с учетом вращения Земли вокруг своей оси, а во втором — без учета этого вращения.

Ответ. Экваториальный радиус — 6378 км, полярный радиус — 6357 км. Если массу человека принять за 70 кг, то на Северном полюсе вес человека будет равен в обоих случаях 688,2 Н. С учетом вращения Земли на экваторе вес человека будет 682,1 Н, без учета вращения — 684,6 Н.

IV, ДАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

18. ДАВЛЕНИЕ

4.1. Знаменитые пирамиды в Гизе были сооружены из огромных каменных блоков весом более двух тонн каждый. Эти каменные глыбы откалывали от скалы и переправляли к месту строительства. Чтобы отколоть камень, в скале делали отверстие, в которое забивали деревянные колышки. Эти колышки поливали водой в течение продолжительного времени, они разбухали и давали в скале трещину, которую потом увеличивали с помощью каменного молотка до тех пор, пока каменная масса не откалывалась. Глыбу камня приходилось тщательно шлифовать. Готовые формы с помощью сооруженной насыпи поднимали на высоту, складывая камень на камень. Блоки укладывали так плотно, что между ними даже не могла просочиться вода. Огромное дав-

ление сверху (например, высота пирамиды Хеопса примерно 147 метров) делало всю конструкцию практически монолитной.

Задача. Определите давление одной глыбы, имеющей форму параллелепипеда, если ее масса равна 10 т, а основание имеет размеры $2 \times 4 \text{ м}^2$.

Ответ. 12,5 кПа.

4.2. Строители Заполярья иногда используют в качестве строительного материала ледобетон. Так называют лед с включенной в него галькой. Ледобетон настолько прочен, что при работе с ним нередко ломаются даже стальные зубья экскаваторов. Другим вариантом ледобетона является лед с добавлением к нему древесной пульпы (ледопласт). Материал этот выдерживает давление до 50 кг/см^2 и может быть использован в качестве заменителя цемента при постройке плотин на реках Заполярья.

Задача. Определите, какую силу необходимо приложить к 2 см^2 ледопласта, чтобы его разрушить.

Ответ. 1000 Н.

4.3. Крайне сложен переход в тайге в зимнюю пору, когда снежный покров глубок и не выдерживает человека. Преодолеть заснеженные участки без лыж-снегоступов практически невозможно. Такие лыжи делаются в виде рамы из ветвей длиной 140—150 см. Ширина таких лыж не должна быть меньше 30 см. Раму заплетают тонкими, гибкими ветвями, а передний конец, распарив в горячей воде, загибают кверху.

Вопрос. Какое давление будет оказывать человек массой 70 кг, используя такие лыжи-снегоступы?

Ответ. Около 1556 Па.

19. ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ. ЗАКОН ПАСКАЛЯ

4.4. В Крыму очень часто человека может напугать «выстрел» воинственного растения, которое носит название «бешеный огурец». Плод этого растения очень похож на обыкновенный огурец, отличает его множество щетинок, покрывающих поверхность. В «бешенство» он приходит, когда полностью созревает: пока плод зреет, внутри него накапливаются газы. К моменту созревания их давление в его полости достигает трех атмосфер.

Задача. Определите давление на стенки этого плода. В каком месте огурца давление выше: в верхнем или нижнем?

Ответ. Давление на стенки «бешеного огурца» равно 3 атмосферам, что составляет 300 кПа, и во всех точках одинаково.

20. ДАВЛЕНИЕ В ЖИДКОСТИ

4.5. Чемпионами по глубоководному нырянию являются представители Арктики и Антарктики. Так, гагару ученые наблюдали из батискафа на глубине 80 метров. Королевский же пингвин ныряет на глубину до 200 метров и более.

Задача. Определите давление, оказываемое на гагару и пингвина на глубинах, приведенных выше.

Ответ. Давление на гагару 800 кПа, на пингвина — 2 МПа.

4.6. Жираф обладает необычайно высоким ростом, около 5,5 м. Сердце жирафа находится на высоте около 2,5 м, поэтому кровеносные сосуды ног должны испытывать огромное давление всего этого столба жидкости. Что же спасает ноги жирафа от отеков? Между сосудами ног жирафа и его плотной

шкурой находится много межклеточной жидкости, которая точно так же спасает сосуды от чрезмерного расширения. Если бы у жирафа на уровне сердца было такое же артериальное давление, как и у человека, то на уровне головы оно было бы уже меньше атмосферного и кровь не могла бы протекать через мозг. Поэтому жираф — гипертоник. Его артериальное давление на уровне сердца может достигать 50 кПа.

Задача. Определите гидростатическое давление, которое оказывает кровь на высоте сердца и ног жирафа. С какой силой кровь давит на 1 см^2 кровеносных сосудов на уровне сердца?

Ответ. На высоте сердца — 30 кПа, у ног — 55 кПа. Сила давления на кровеносные сосуды на уровне сердца равна 3 Н.

4.7. Для жизни под водой человек совершенно не приспособлен. На глубине 20 м под действием внешнего давления у него могут лопнуть барабанные перепонки. Опуститься же на глубину более 70 м без специального снаряжения совершенно невозможно. Правда, натренированные пловцы на очень короткое время опускаются под воду на глубину до 51 м.

Задача. Какое давление испытывают натренированные пловцы, опускаясь на глубину 51 м?

Ответ. 510 кПа.

4.8. Давление крови в сосудистой системе приведено в таблице.

Сосуды	Давление, кПа
Аорта	19,9—6,6
Артерии	16—9,3
Капилляры	1,3—2,6
Вены	от -0,7 до +1,3

Задание. Составьте по этим данным задачи.

4.9. В Хорватии имеется природная жемчужина Далматинского берега Адриатики — Плитвицкие озера. Первое озеро — Прощанское — находится на высоте 636 метров над уровнем моря, а последнее, озеро Новаковски Брод, — на высоте 503 метра. Крупнейшее из всей озерной цепочки озеро Козьяк занимает площадь больше восьмидесяти гектаров, а глубина его превышает 40 метров.

Вопрос. Определите давление на дно этого озера.

Ответ. 400 кПа.

4.10. В свое время первый ученый-исследователь природы Уссурийского края Пржевальский писал, что после однообразных пространств северной тайги леса долины Уссури и водные просторы озера Ханка поражают путешественника контрастным сочетанием самых неожиданных растительных и животных форм. Несмотря на огромную площадь — 400 км² — озеро Ханка является одним из самых мелких в России, давление на его дно колеблется от 10 до 30 кПа, и его хорошо прогреваемые воды дают приют тридцати трем видам рыб!

Вопрос. Определите среднюю глубину озера Ханка.

Ответ. 1—3 метра.

4.11. На плато Путарано расположены удивительно красивые озера Лама, Кутарамакан, Хантайское, Кета, Накомьякен. Это длинные и узкие водоемы, поскольку заполняют трещины, расколовшие плато. По этой же причине они и очень глубокие, до трехсот-четырёхсот метров. А Хантайское озеро имеет глубину 420 м и входит вместе с Байкалом и Телецким озером в тройку самых глубоких озер России.

Вопрос. С какой силой будет давить вода Хантайского озера на 1 м^2 дна?

Ответ. 4,2 МН.

4.12. Нет в мире другого столь прославленного озера, как Байкал. «Океан-морем большим» назвали бескрайнее озеро в XVII веке впервые увидевшие его русские казаки-землепроходцы. Глубже Байкала нет озер на материках нашей планеты: 1637 метров намерил эхолот к востоку от острова Ольхон. По объему воды Байкал почти в 100 раз превосходит Азовское море и в 30 раз Аральское.

Вопрос. Определите давление воды на дно Байкала в самом глубоком месте.

Ответ. 16 370 000 Па.

4.13. Специалисты продолжают изучать рельеф дна океанов и морей различными методами со специальных погружаемых аппаратов (батискафов), проводя промеры глубин и глубоководное бурение. Поэтому до сих пор совершаются неожиданные открытия и в карты подводного рельефа вносятся существенные поправки. Например, в 1988 г. при проверке глубин российскими исследователями на судне «Василий Головин» с карты восточной части Атлантического океана «исчезла» впадина Монако. Вместо отметки 6293 м при детальном промере глубин здесь были обнаружены отметки 5420—5440 м. Российские ученые, работая на геолого-геофизическом полигоне в Тихом океане, в южной части так называемого Императорского разлома обнаружили скалистые ущелья глубиной до 7400 м. Они обрамлены с обеих сторон хребтами, которые находятся на глубине 3500—4700 м,

то есть возвышаются над дном ущелий примерно на 3000 м. Это позволило предположить, что Императорский разлом представляет собой развивающийся глубоководный желоб.

Вопрос. Какое давление испытывал батискаф около впадины Монако и на дне Императорского разлома? С какой силой вода давила на батискаф на этой глубине, если принять, что форма батискафа сферическая, с радиусом 3 м?

Ответ. Около впадины Монако батискаф испытывает давление, равное 54,2—54,4 МПа, около Императорского разлома — 74 МПа. Сила давления воды на сферический батискаф на дне Императорского разлома равна 8,36 ГН.

21. СООБЩАЮЩИЕСЯ СОСУДЫ

4.14. Техническое применение сообщающихся сосудов.

Шлюз

На реке или канале для перевода судов с одного уровня на другой, например, перед плотиной, используют шлюзы. Это гидротехническое сооружение представляет собой камеру, огражденную продольными стенками и воротами. Предположим, нужно провести судно с нижнего бьефа (части реки или канала, расположенной ниже шлюза по течению) на верхний. Сначала в нижних воротах открывают задвижку, излишек воды сливается, и уровень воды в камере и нижнем бьефе становится одинаковым. Ворота открывают, судно входит в камеру, затем снова закрывают нижние ворота и отодвигают задвижку на верхних; камера заполняется водой до уровня верхнего бьефа. После этого судно выходит из шлюза через верхние ворота.

Камеры наиболее крупных шлюзов имеют длину до 400 м, ширину до 33 м при глубине 5—15 м. Такие сооружения могут пропускать одновременно несколько судов. Бывают шлюзы и многокамерные.

Задача. Где в технике применяется принцип сообщающихся сосудов?

22. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

4.15. Данные о высоте полета птиц были получены в результате их столкновений с самолетами. Согласно данным Дж. К. Терреса, на высоте 2400 метров известны случаи столкновения самолетов со стаями журавлей и лебедей, на высоте 5100 метров (над Андами) — с кондором. В США на высоте 6300 метров встречена кряква, а воробьиные птицы толстонос (в США) и коноплянка (в Европе) зарегистрированы на высоте свыше 3900 метров. Примерно на этой же высоте в Европе наблюдали полет врановых, стрижей, гусей и уток, чибисов и ржанок. Парение бородача над Гималаями зарегистрировано на высоте 7500 метров.

Задача. Рассчитайте давление воздуха на этих высотах, а также концентрацию молекул воздуха, при известных температурах.

Ответ. Если принять, что над уровнем моря атмосферное давление равно нормальному, то на высоте 2400 м атмосферное давление будет равно 560 мм рт. ст., или 74 600 Па, концентрация молекул воздуха при 279 К — $190 \times 10^{23} \text{ м}^{-3}$, концентрация молекул воздуха при 260 К — $162 \times 10^{23} \text{ м}^{-3}$; на высоте 3900 м — 435 мм рт. ст., или 58 кПа, концентрация молекул воздуха при 260 К —

$162 \times 10^{23} \text{ м}^{-3}$; на высоте 5100 м — 335 мм рт. ст., или 45 кПа, концентрация молекул воздуха при 250 К — $130 \times 10^{23} \text{ м}^{-3}$; на высоте 6300 м — 235 мм рт. ст., или 31 кПа, концентрация молекул воздуха при 245 К — $92 \times 10^{23} \text{ м}^{-3}$; на высоте 7500 м — 135 мм рт. ст., или 18 кПа, концентрация молекул воздуха при 239 К — $55 \times 10^{23} \text{ м}^{-3}$.

- 4.16. Лягушка (любая), банка, немного воды и деревянная лесенка — все, что нужно для «естественного барометра». Дайте пойманной лягушке прийти в себя и начинайте наблюдения. Если лягушка поднимается по лесенке — ждите плохой погоды, спускается — к переменной погоде, барахтается на поверхности воды — ждите солнечной сухой погоды. Связано это с лягушачьей кожей и испарением воды с нее: к сухой погоде — сиди в воде, дождик — можно выбираться на сушу!

Задача. Назовите приборы, с помощью которых можно предсказать изменение погоды.

Ответ. Барометр — по изменению атмосферного давления можно предсказать, какая погода нам предстоит.

- 4.17. Еще один природный барометр. Налейте в пол-литровую банку полстакана воды, поместите туда пиявку и завяжите банку сверху марлей. Воду летом меняйте раз в неделю, а зимой — в две недели раз. В хорошую погоду пиявка лежит на дне, свернувшись в клубок. Перед дождем она всплывает к краю сосуда и лежит, пока погода не улучшится. Если будет ветер, то пиявка быстро плавает и успокаивается вместе с ветром. Перед бурей она конвульсивно подергивается. В морозную ясную погоду

она лежит на дне, а в снегопад поднимается к поверхности воды.

Вопрос. Объясните поведение пиявки.

Ответ. Все это связано с изменением атмосферного давления. При пониженном давлении (перед дождем или снегом) содержание воздуха и кислорода в воде уменьшается. В хорошую погоду давление высокое, кислорода в воде достаточно, и пиявка хорошо себя чувствует на дне. То же самое наблюдается и в природе — в водоеме.

4.18. Присоски имеют форму либо полушарообразной чаши с липкими краями и сильной мускулатурой, либо состоят из ряда складок кожи в виде узких карманов. Края прикладываются к поверхности, на которой надо держаться, при попытке оттянуть присоску глубина карманов увеличивается, давление в них уменьшается, и атмосферное давление (для водных животных — давление воды) сильнее прижимает присоску к поверхности. Так, рыба-прилипала, или ремора, обладает присоской, которая занимает почти всю длину головы. Эта рыба присасывается к другим рыбам, камням, а также к лодкам и кораблям. Она присасывается так прочно, что ее легче разорвать, чем отцепить. Конец одного из двух самых длинных ловчих щупальцев кальмара густо усыпан разнокалиберными присосками.

Задача. Определите, какую силу необходимо приложить к рыбе-прилипале, чтобы на берегу ее оторвать от лодки, если площадь присоски равна 2 см^2 ?

Ответ. 20 Н при атмосферном давлении 100 кПа .

4.19. На клювах уток и гусей паразитируют так называемые глоточные пиявки. Сжимаясь до толщины нитки, пиявки проникают в ротовую полость птиц,

сосут кровь и, разбухая до огромных размеров, могут вызвать смерть птиц. Пиявка массой 2 г может высосать 5—15 мл крови.

Задача. За счет каких сил пиявка присасывается к телу водоплавающих? Определите вес пиявки до присасывания и после того, как она насосалась крови.

Ответ. За счет сил атмосферного давления; вес пиявки до присасывания равен 0,02Н, после того, как она насосалась крови, — 0,17 Н.

4.20. Книга рекордов Гиннеса зафиксировала рекордно высокий полет птицы. Он принадлежит грифустервятнику и составляет 11 277 метров. Как его удалось измерить и какое давление оказывает атмосфера на птицу на этой высоте?

Ответ. На этой высоте гриф столкнулся с самолетом. Атмосферное давление примерно равно 22,7 кПа, или 170 мм рт. ст.

4.21. Прыгун вообще ни на какую другую рыбу не похож. Он живет в устьях австралийских, азиатских и африканских рек, в лагунах, там, где к воде спускаются мангровые заросли. Эта небольшая рыбка часто охотится за насекомыми на корнях мангровых деревьев. Большую часть своей жизни эти рыбы проводят вне водной стихии. Именно поэтому у них помимо жаберного типа дыхания есть наджаберный орган специально для поглощения атмосферного воздуха. Прыгуны обладают еще и брюшной присоской, помогающей им удерживаться на корнях деревьев. Благодаря этой присоске они не падают даже с вертикальных ветвей.

Вопрос. Объясните действие присоски.

Ответ. Действие присоски объясняется действием на нее атмосферного давления.

4.22. В природе каждый организм как-то реагирует на изменения окружающей среды: состава воздуха, влажности, физических процессов и др. Эти явления люди наблюдали из поколения в поколение; знания, накопленные ими, нашли свое отражение в народных приметах. По состоянию растений предсказывали погоду, что было очень важно для сельскохозяйственных работ.

Вопрос. А какие вы знаете растения-барометры?

Ответ. Обратите внимание на ель: к пасмурной погоде ее ветви опускаются книзу, к ведру — поднимаются, дерево «веселеет». Повесьте дома ветку ели, положите ее шишку, они тоже подскажут вам погоду. Веточка будет поникать перед непогодой и распрямляться к хорошей погоде, а шишка — закрывать или раскрывать свои чешуйки.

4.23. В мире несколько стран (Боливия, Мексика, Перу, Эфиопия, Афганистан), в которых большинство населения проживает на высоте свыше 1000 м над уровнем моря. Лишь в Боливии, Перу и Китае (Тибет) граница обитания человека превышает 5000 м над уровнем моря.

Задача. Определите давление воздуха на этих высотах.

Ответ. Давление на высоте 1000 м — 89 870 Па, на высоте 5000 м — 54 000 Па.

4.24. От французских Альп до Южного Вьетнама простирается через Евразию самый протяженный горный пояс Земли. И самая высокая часть этой исполинской цепи гор носит древнее название Гималаи. Сейчас в самом могучем горном хребте мира насчитывается семьдесят пять вершин больше семи километров «ростом». А в самой высокой его части — непальских Гималаях — девять гор

поднимаются на восемь тысяч метров и выше. Среди них и высочайшая вершина мира, которую в Непале называют Сагарматха (Властелин неба), а в Тибете именуют Джомолунгма (Богиня — мать мира). Позже горе присвоили имя начальника топографической службы Индии майора Джорджа Эвереста. Так и живет сейчас самая высокая гора мира под тремя названиями.

Задача. Определите атмосферное давление на этих высотах и сравните полученные значения с табличными данными. Какова температура на этих высотах?

Ответ. 266 мм рт. ст., или 35 кПа, температура от 229 до 236К.

4.25. Ла-Пас — столица государства Боливии — находится на высоте 4500 м. Это самая «высокая» столица государства на земном шаре. Нормальное атмосферное давление на этой высоте равно 430 мм рт. ст.

Задача. Каково это давление в Па? Возможно ли при этом давлении сварить картошку?

Ответ. 57 кПа, при этом давлении температура кипения воды равна 89°C. При этой температуре в открытом сосуде картошку сварить невозможно, но, используя особую посуду — скороварку с плотно прилегающей крышкой, можно температуру кипения повысить и сварить картофель.

4.26. Эйрес-Рок в национальном парке Улуру (Австралия) необычайно крупное скальное образование: его объем — 2,4 километра, высота — 348 метров, а возраст составляет 600 миллионов лет. Аборигены считают Эйрес-Рок спящим китом, которого в незапамятные времена создали прародители человечества.

Вопрос. Как отличается атмосферное давление у подножья Эйрес-Рок и на ее вершине?

Ответ. Атмосферное давление отличается на 29 мм рт. ст.

4.27. Веселая задача.

Когда НАСА впервые начала запускать астронавтов на орбиту, очень скоро выяснилось, что в состоянии невесомости перестают писать шариковые ручки. Что делать? Десять лет и 12 миллиардов долларов потребовалось ученым, чтобы решить эту проблему и изобрести авторучку, способную писать в невесомости, вверх ногами, под водой, на любой поверхности и при любых температурах, от сверхнизких до трехсот градусов Цельсия.

...Русские между тем стали использовать карандаш.

Вопрос. Почему в условиях невесомости авторучка не пишет?

22. СИЛА АРХИМЕДА

4.28. Танкер грузоподъемностью 550 тысяч тонн имеет длину 480 метров, ширину около 63 м и осадку с грузом около 30 м. Гребной винт такого судна равен высоте трехэтажного дома. Палубы занимают площадь в 2,5 га.

Задача. Определите силу Архимеда, действующую на такой танкер.

Ответ. 90 ГН.

4.29. На ловле относительно глубоководных жемчужных раковин издавна специализировалась этническая группа населения Южной Японии — ама, причем профессия ныряльщика преимущественно

женская. Ныряльщицы способны опускаться на глубину 30 м и оставаться там более минуты. В последнее время на месте этих промыслов возникли крупные предприятия по искусственному разведению жемчуга. Для этой цели используются плоты, к которым снизу подвязывают корзины с раковинами-жемчужницами.

Задача. Какое давление оказывает вода на человека на этой глубине? Определите среднюю силу Архимеда, действующую на человека. Как она изменяется с глубиной погружения и с увеличением давления на ныряльщицу?

Ответ. 300 кПа. Если принять, что средняя масса человека 70 кг, то на полностью погруженного в воду человека действует сила Архимеда, равная 700 Н. Если с погружением объем тела человека не меняется, то сила Архимеда остается постоянной. Но так как на человека вода оказывает давление, то объем человека уменьшается, следовательно, сила Архимеда тоже уменьшается.

4.30. Большое Соленое озеро, расположенное в США, в западном штате Юта, по своим размерам очень солидное: 120 километров в длину и 80 в ширину. Это самое большое озеро Запада Америки. Но катание на лодке здесь не радует. На водных лыжах кататься тоже рискованно: падение грозит переломом костей! То же самое относится к нырянию. Был случай, когда подросток, отмахнувшись от советов, разбежался и нырнул. Вытащили его со сломанной шеей. Ударился он не о дно, а о воду. И не удивительно; анализ показывает, что в ней содержится до 25 процентов твердых веществ, главным образом окаменевшей соли. Плыть в

такой воде нелегко: ноги поднимаются выше головы, так что все равно можно захлебнуться. Вместо спасательного жилета или пояса остается привязать к ноге железную гирю.

Задача. Как изменяется сила Архимеда и сила тяжести в этом случае?

Ответ. Сила Архимеда зависит от объема тела; привязывая к ноге гирю, мы увеличиваем объем тела, следовательно, в этом случае сила Архимеда, действующая на человека с гирей, увеличивается. Сила тяжести зависит от массы тела. Привязывая к ноге гирю, мы увеличиваем силу тяжести, действующую на человека с гирей.

4.31. В Мертвом море за счет большого количества растворенных солей (более 27%) плотность воды достигает $1,16 \text{ г/см}^3$. Купаясь в этом море, человек очень мало погружается в воду, находясь как бы на поверхности, поскольку средняя плотность человека меньше плотности воды.

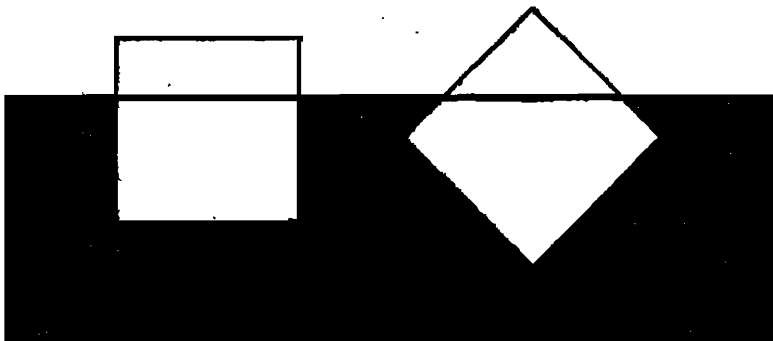
Задача. Какая часть человека находится под водой в Мертвом море, если средняя плотность человека 960 кг/м^3 ?

Ответ. 0,82 объема человека находится под водой.

4.32. Многим, наверное, не раз приходилось наблюдать ледоход на реках. Еще более грандиозное зрелище представляют собой айсберги — «плавающие ледяные горы» больших размеров. Айсберги — это массы материкового льда, оторвавшиеся от ледника или ледового барьера, плавающие в полярных морях и прилегающих к ним акваториях. Средняя высота надводной части айсберга нередко достигает 50—70 м, максимальное ее значение приближается к 450 м. Наибольшая длина подводной части может доходить до 130 км.

Задача. Какую силу необходимо приложить, чтобы потопить айсберг, имеющий форму куба со стороной 50 м? Плотность льда 900 кг/м^3 . Какую высоту надводной части имеет этот айсберг?

Ответ. 125 МН, 0,9 объема айсберга находится под водой. В случае А высота надводной части будет равна 5 м, в случае В — 26,6 м.



А

В

4.33. В 1942 году в Англии возникла идея создания авианосца из плавающего айсберга. Такой авианосец должен быть дешев. Ввиду того что он представляет собой сплошную глыбу льда, ему не страшны торпеды и бомбы. Совместными усилиями Англии и Канады такой ледяной корабль водоизмещением 2 млн. тонн был построен. Он имел форму параллелепипеда с толщиной стенок в 9 м и возвышался над водой на 15 м. В верхней части его располагалась взлетно-посадочная полоса размером $600 \times 500 \text{ м}^2$. На корабле было смонтировано 16 холодильных установок, которые поддерживали температуру льда -15°C . Благодаря работе 20 тысячесильных моторов айсберг мог перемещаться со скоростью 7 узлов в час.

Задача. Определите среднюю плотность ледяного авианосца.

Ответ. 800 кг/м^3 .

4.34. У восточных берегов Средиземного моря, на дне впадины Эль-Гор, расположено самое известное озеро в мире — Мертвое море. Воды озера действительно мертвые: в них не водится рыба, не растут водоросли, даже утки по ним не плавают. И не удивительно: ведь солей в Мертвом море почти в десять раз больше, чем в океане, — до 340 г в литре! Если рыба из впадающей в озеро реки Иордан случайно заплывет в этот «бассейн с рассолом», она погибнет через одну минуту.

Вопрос. Какая сила будет действовать на человека массой 60 кг в этом озере (средняя плотность человека 960 кг/м^3), если он погрузится на $2/3$ своего объема?

Ответ. 437,5 Н.

4.35. Одна из наиболее характерных особенностей костистых рыб — наличие плавательного пузыря. Этот орган можно назвать почти универсальным: он выполняет многие функции в организме. Его не зря называют самым ценным «приобретением» костистых рыб. Плавательный пузырь — по существу мешок, заполненный воздухом. Костистых рыб по типу плавательного пузыря можно разделить на открыто- и закрытопузырных. У первой группы плавательный пузырь связан с кишечником особым протоком. Он заполняется воздухом, который рыба заглатывает с поверхности воды. Вторая группа рыб (более позднего происхождения) не имеет такого протока, поэтому газ, наполняющий пузырь, поступает через специальную систему кровеносных сосудов. Пла-

вательный пузырь нужен рыбам в основном для поддержания так называемой нейтральной плавучести, а проще — для наиболее оптимальных условий плавания. Для погружения количество газа приходится удалять из пузыря, а при всплытии, наоборот, восполнять его недостаток.

Вопрос. Как согласуются при этом условия плавания тел?

Ответ. С увеличением пузыря объем рыбки увеличивается и сила Архимеда, действующая на рыбку, увеличивается. Аналогично, если объем пузыря уменьшается, то сила Архимеда, действующая на рыбку, уменьшается.

4.36. В Средиземном море, у берегов Египта, водится удивительная рыба фагак. Чувствуя приближение опасности, фагак быстро заглатывает воду. При этом в пищевод рыбы происходит бурное разложение продуктов питания с выделением значительного количества газов. Газы заполняют не только действующую полость пищевода, но и имеющийся при ней слепой вырост. В результате тело фагака сильно раздувается, и он быстро всплывает на поверхность водоема. Здесь он плавает, повиснув вверх брюхом, пока выделившиеся в его организме газы не улетучатся. После этого он снова опускается на дно.

Задача. Как использует силу Архимеда фагак?

Ответ. При увеличении объема средняя плотность фагака становится меньше плотности воды, за счет этого он всплывает. Это спасает рыбку от врагов.

4.37. Произрастающий в дельте Волги вблизи Астрахани чилим (водяной орех) после цветения дает

под водой тяжелые плоды. Эти плоды настолько тяжелы, что вполне могут увлечь на дно все растение. Однако в это время у чилима, растущего в глубокой воде, на черешках листьев возникают вздутия, и он не тонет.

Задача. Покажите на чертеже силы, действующие на чилим. Какой силой чилим уравнивает силу тяжести?

Ответ. На плоды и все растение действует сила тяжести. Увеличивая за счет наростов действующую на растение силу Архимеда, чилим остается на плаву.

4.38. Живущий в тропических морях моллюск наутилус может быстро всплывать и вновь опускаться на дно. Моллюск этот живет в закрученной спиралью раковине. Когда ему нужно подняться или опуститься, он изменяет объем внутренних полостей в своем организме.

Задача. Объясните поведение моллюска. За счет каких сил он поднимается и опускается в воде?

Ответ. За счет силы Архимеда и силы тяжести, действующих на моллюска в воде, он может подниматься и опускаться.

Задача. Объем наутилуса примерно равен 2 см^3 . Определите значение и направление силы тяжести и силы Архимеда, действующих на моллюск.

Ответ. Сила Архимеда и сила тяжести равны по модулю и противоположны по направлению. Численное значение этих сил равно $0,02Н$.

23. ПЛАВАНИЕ ТЕЛ

4.39. Живые организмы, населяющие Мировой океан, можно разделить на три группы: планктон — микроскопические водоросли, мельчайшие животные,

обитающие в толще воды и пассивно переносящиеся водными течениями; нектон — рыбы и морские животные, способные самостоятельно и активно перемещаться в воде и на ее поверхности; бентос — растения и животные, обитающие на дне океана и любого другого водоема от прибрежной зоны до самых больших глубин.

Вопрос. Оцените плотность перечисленных видов живых организмов.

Ответ. Планктон имеет плотность, равную плотности воды. Нектон имеет плотность по значению меньшую, чем плотность воды. Бентос имеет плотность, превышающую плотность воды.

4.40. Веселая задача.

Иностранец сам явился с повинной.

— Я заброшен к вам, как шпион...

— Шпионаж — комната 227.

— Я заброшен к вам...

— Каким транспортом?

— С моря.

— Водные дела — комната 932.

— Я заброшен к вам с моря...

— Надводным транспортом или подводным?

— С подводной лодки.

— Подводные акции — комната 544.

— Я заброшен к вам на подводной лодке...

— С аквалангом или без?

— С аквалангом.

— По аквалангам комната 767.

— Я спрятал акваланг, потом...

— Так, а вы еще должны получить задание или уже получили?

— Да, я имею специальное задание по...

— Так чего вы морочите голову? Выполняйте!

Выполните — доложите!

Вопрос. Что такое акваланг? Когда в мире появился первый акваланг?

Ответ. В 1943 году два француза, Жак Кусто и Эмиль Ганьян, создали первый в мире акваланг — два цилиндра со сжатым воздухом и мундштук. С помощью особого вентиля подавалось аквалангисту столько воздуха, сколько ему было необходимо.

4.41. Самая тяжелая древесина у пиратинеры, растущей в Британской Гвиане в Южной Америке. Даже в высушенном состоянии она имеет плотность $1,36 \text{ г/см}^3$.

Задача. Будет ли плавать изделие, сделанное из этого дерева, в воде? Объясните, почему.

Ответ. Нет, так как плотность этой древесины превышает плотность воды.

4.42. Физалия — удивительное создание, получившее название по имени доктора Мари Физаликс, которая открыла ее и описала. Это целая колония полипов, выполняющих различные обязанности. На плавучесть ее поддерживает овальный плавательный пузырь — пневматофор, 20—30 см длиной и 8—10 см шириной, заполненный газовой смесью, состоящей из 12—15% кислорода, 1,18% аргона и азота. Пузырь — сложный гидростатический аппарат, изменяющий в зависимости от условий свой объем. Стоит усилиться волнению, как стенки-гребни немедленно сокращаются, излишек газа выдавливается, и физалия, словно подводная лодка, идет на погружение. Как только наступает затишье, особые железистые клетки заполняют опустевшие емкости газом, и сифонофора вновь всплывает, сверкая на солнце голубыми, фиолетовыми и пурпурными красками.

Задача. Объясните поведение физалии.

Ответ. Так как средняя плотность физалии близка к плотности воды, то с увеличением средней плотности, за счет сокращения объема и выдавливания излишек газа, она идет ко дну. С уменьшением средней плотности, за счет заполнения пустот газом, физалия всплывает.

V. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

24. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

5.1. Землетрясения — это мощные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре. Чаще всего землетрясения бывают в районах горообразования. Земля резко сотрясается, появляются трещины. Они бывают настолько широкими, что в них может провалиться автомобиль. Землетрясение возникает в местах соприкосновения платформ. При сильном давлении происходят тектонические движения и тектонические разрывы (трещины). При смещении и ломке структуры горных пород возникают сейсмические волны. Мощные толчки вызываются поперечными волнами, но наиболее разрушительны продольные волны, напоминающие морские волны.

Вопрос. Можно ли землетрясения отнести к колебательному движению?

Ответ. Да.

5.2. Сила землетрясения оценивается по 12-балльной шкале Рихтера. Незаметные толчки, выявленные только приборами, оцениваются в 1—2 балла. Умеренные толчки — дребезжание стекол, рас-

качивание люстр и т. п. — 4—5 баллов. Сильные толчки — появление трещин в стенах — 6—7 баллов. Катастрофические толчки (8—12 баллов) разрушают здания, раскалывают земную поверхность (землетрясения 1948 г., Ашхабад; 1988 г., Армения). В год случаются тысячи землетрясений, но лишь 20—30 из них — сильные.

Задача. Определите частоту колебаний при 4-балльном землетрясении, если от этих толчков хорошо раскачалась люстра, длина подвеса которой равна 80 см.

Ответ. 0,56 Гц.

5.3. Землетрясения могут стать причиной возникновения гигантских волн — цунами. Самая крупная из них в предыдущем столетии имела высоту 67 метров. Землетрясения могут вызывать опаснейшие грязекаменные потоки (сели), способные привести к страшным разрушениям.

Вопрос. Чему равна амплитуда этих колебаний?

Ответ. 33,5 м.

5.4. У обыкновенной амебы обнаружен так называемый вибротаксис в виде положительной реакции на источник механических колебаний частотой 50 Гц. Это становится понятным, если учесть, что у некоторых видов инфузорий, служащих амебе пищей, частота биения ресничек колеблется как раз между 40 и 60 Гц.

Задача. Определите период и циклическую частоту источников колебаний.

Ответ. 0,025 — 0,016 с, 251,2 — 376,6 рад/с.

5.5. Сердце — это орган, имеющий массу 300 г. С 15 до 50 лет оно бьется со скоростью 70 раз в минуту. В период между 60 и 80 годами оно ускоряет свое движение, достигая примерно 79 ударов в минуту. В среднем это составляет 4,5 тысячи пульсаций

в час и 108 тысяч в день. Сердце велосипедиста может быть вдвое больше, чем у человека, не занимающегося спортом, — 1250 кубических сантиметров вместо 750. В обычном режиме этот орган перекачивает 360 литров крови в час. А за всю жизнь — 224 миллиона литров. Столько же, сколько река Сена за 10 минут!

Задача. Чему равен период колебаний и частота работы сердца?

Ответ. 1,3 Гц.

5.6. Оказывается цикл вдоха-выдоха у ребенка составляет 35 раз в минуту, 20 раз у подростка и 15 раз у взрослого человека. В среднем наш дыхательный ритм выглядит так: 1000 раз в час, то есть 24 тысячи раз в день, или 9 миллионов раз в год.

Вопрос. Как отличается период и частота дыхания ребенка и подростка?

Ответ. Частота дыхания ребенка в 2,3 раза выше, чем у подростка. А период дыхания подростка в 2,3 раза больше, чем у ребенка.

5.7. Во время Великой Отечественной войны по льду Ладожского озера к осажденному Ленинграду проходила автомобильная дорога протяженностью в 27 км, известная в истории как «Дорога жизни». Чтобы ледяной покров под влиянием проходившего по нему потока автомашин не пришел в резонансные колебания и не разрушился, принимали специальные меры. Для этого груз автомашин подбирался таким образом, чтобы частота колебаний ледяного покрова отличалась от частоты, с которой воздействовали на ледяной покров проходившие автомашины.

Задача. А что могло произойти, если бы была допущена ошибка при подсчете массы груза?

Ответ. Из-за резонанса лед мог треснуть и машины ушли бы под лед.

5.8. Достигнув на четвертом году жизни половой зрелости, самка беззубки откладывает каждые 50 секунд по яйцу. Общее их количество при этом достигает 300—400 тысяч.

Задача. Определите частоту и период откладывания яиц беззубкой.

Ответ. 0,02 Гц; 50 с.

5.9. Сердце двусторчатого моллюска беззубки летом сокращается 4 раза в минуту, а зимой делает только одно сокращение в 3 минуты.

Задача. Определите частоту и период сокращений сердца моллюски беззубки.

Ответ. Частота сокращений беззубки летом — 0,067 Гц, зимой — 0,0055 Гц. Период, соответственно, 15 с — летом, и 180 с — зимой.

5.10. Небольшие размеры колибри и их способность сохранять постоянную температуру тела требуют интенсивного обмена веществ. Ускоряются все важнейшие функции в организме, сердце делает от 500 до 1260 ударов в минуту, увеличивается ритм дыхания — до 600 дыхательных движений за одну минуту. Высокий уровень обмена веществ поддерживается интенсивным питанием — колибри почти непрерывно кормятся нектаром цветов.

Задача. Определите частоту колебаний сердца и частоту дыхания колибри.

Ответ. 21 Гц — частота сокращения сердца, 10 Гц — частота дыхания.

5.11. Наше сердце — это насос, работающий в импульсном режиме с частотой около 1 Гц. Во время каждого импульса, длящегося примерно 0,25 с,

сердце взрослого человека успевает вытолкнуть из себя в аорту около 0,1 дм крови. Полный оборот крови через оба круга кровообращения совершается за 21—22 секунды.

Задание. Составьте задачу по вышеприведенным данным.

5.12. Сверчки воспринимают звуки частотой 300—8000 Гц, кузнечики — 800—45 000 Гц, саранча — до 90 000 Гц.

Задача. Определите период колебаний, воспринимаемых этими насекомыми.

Ответ. Сверчки воспринимают звуки, период колебаний которых равен 0,003—0,000125 с, кузнечики—0,00125—0,00002 с, саранча — до 0,00001 с.

5.13. Установлено, что собаки слышат звуки частотой до 35 кГц, крысы и морские свинки — до 40 кГц. Летучие мыши и дельфины при эхолокации воспринимают звуки частотой до 100 кГц. Для сравнения: верхний предел слуха человека — 20 кГц.

Задача. Сравните периоды колебаний источников звуков.

Ответ. Собака слышит звуки, период колебаний которых начинается от 0,0285 мс, крысы и морские свинки — от 0,025 мс, летучие мыши и дельфины — от 0,01 мс, человек — от 0,05 с.

5.14. Время кругооборота крови у краба — 37—65 с, у кролика — 7,5 с, у собаки — 16 с, у человека — 20—25 с.

Задача. Сравните частоты кругооборота крови у этих живых организмов.

Ответ. Частота кругооборота крови у краба — 0,027—0,015 с, у кролика — 0,13 с, у собаки — 0,0625 с, у человека — 0,05—0,04 с.

5.15. Сердце воробья бьется 600—850 раз в минуту, у мыши — 320—780, у курицы — 179—460, у

гуся — 210—320, у кролика — 120—310, у кошки — 140, у собаки — 100—139, у лошади — 40. Нормальный пульс человека — 60—80 ударов в минуту.

Задача. Определите частоту и период колебаний сердца у живых организмов.

Ответ.

Название живых организмов	Частота, Гц	Период, с
Воробей	10—14	0,1—0,07
Мышь	5,3—13	0,19—0,078
Курица	3—7,7	0,34—0,13
Гусь	3,5—5,3	0,286—0,1875
Кролик	2—5,2	0,5—0,19
Кошка	2,3	0,4
Собака	1,7—2,3	0,6—0,43
Лошадь	0,67	1,5
Человек	1—1,3	1—0,75

5.16. Скорость движения крови в аорте 0,5 м/с, а по капиллярам кровь течет со скоростью 0,5 мм/с. Полный оборот крови через оба круга кровообращения совершается за 21—22 с.

Задача. Определите частоту полного оборота крови у человека.

Ответ. $0,05 \text{ с}^{-1}$.

5.17. Общая длина кровеносных капилляров в организме человека составляет примерно 100 тысяч км, что в 2,5 раза превышает длину экватора, а общая внутренняя площадь — 2400 м^2 . Кровеносные капилляры имеют толщину в 10 раз меньшую,

чем волос. В течение минуты сердце выбрасывает в аорту около 4 л крови, которая затем перемещается во все точки организма. Сердце человека в среднем сокращается 100 тысяч раз в сутки. За 70 лет жизни человека сердце сокращается 2 миллиарда 600 миллионов раз и перекачивает при этом 250 миллионов литров крови.

Задача. Определите частоту и период сокращения сердца.

Ответ. Частота — $1,16 \text{ с}^{-1}$, период — $0,864 \text{ с}$.

5.18. Чтобы поддерживать высокую температуру тела, особенно во время полета, птицы тратят много энергии. Поэтому обмен веществ у них очень интенсивен, особенно у мелких видов. Четырехкамерное сердце птицы работает с большой нагрузкой и развито сильно. Например, у самых маленьких птиц — колибри — сердце занимает половину полости тела, а по объему почти в три раза больше желудка. Частота сокращений сердца у некоторых видов колибри достигает 1000 в минуту (у человека — 70 сокращений).

Вопрос. Сравните частоту и период сокращений сердца человека и колибри.

Ответ. Частота сокращений сердца у колибри больше в 14,3 раз, чем у человека.

5.19. Озеро Уайкатипу, самое длинное в Новой Зеландии, протянулось с северо-запада на юго-восток почти на сто километров. С этим озером связано загадочное явление, объяснение которому наука пока не нашла. Вода в нем каждые пять минут поднимается на семь с половиной сантиметров, то опускается до прежнего уровня. Озеро как бы дышит.

Вопрос. Определите амплитуду и частоту «дыхания озера».

Ответ. Амплитуда — 3,75 см, частота — 0,2 мин⁻¹.

5.20. Определите период колебания математического маятника в Париже, Токио, на Северном полюсе, на экваторе, если длина нити 1 м, а ускорение на полюсе и экваторе соответственно равны 9,832 м/с², 9,78 м/с².

Ответ. Так как ускорения свободного падения отличаются очень незначительно, то период колебаний математического маятника в этих географических пунктах будет примерно одинаков и равен 2 с.

5.21. Ускорения свободного падения в некоторых городах приведены в таблице.

Город	g, м/с ²	Город	g, м/с ²
Берлин	9,8128	Париж	9,80943
Вашингтон	9,80118	Прага	9,81014
Гринвич	9,81189	Рим	9,80367
Мадрид	9,79981	Стокгольм	9,81843
Осло	9,81927	Токио	9,79801

Вопрос. Во сколько раз отличается период колебаний этого маятника в Мадриде и Осло?

Ответ. В 0,001 раза период колебаний в Мадриде больше, чем в Осло.

5.22. Веселая задача.

— Когда я выйду на пенсию, то не буду абсолютно ничего делать. В течение первых месяцев я буду сидеть в кресле-качалке.

— А потом?

— А потом начну качаться.

Вопрос. Как называется такое движение?

Ответ. Колебательное движение.

25. МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ

5.23. Канадец Марк Хоббард может конкурировать с гоночным автомобилем по скорости передвижения, весу или звуку?

Ответ. Его храп перекрывает рев двигателя.

5.24. Многие птицы, такие как кулики-галстучники, кроншнепы, совы, некоторые воробьиные, вооружены ультразвуковыми «навигационными приборами». Застигнутые в полете туманом или темнотой, они разведывают путь с помощью звуковых волн, не воспринимаемых человеком. Своим криком они как бы ощупывают землю внизу и узнают по характеру эха о высоте полета и близости препятствий, но самыми умелыми навигаторами являются жирные козодои, или гуахаро. Они живут в горных пещерах Латинской Америки. Нужно сказать, что тьма в этих пещерах кромешная. А вот козодои спокойно себе летают и, представьте, ни за что не натываются. Оказывается, эти птицы способны к эхолокации. Они издают негромкие щелкающие звуки, свободно улавливаемые и человеческим ухом. Эти звуки отражаются от стен пещеры, различных выступов и других препятствий и улавливаются чуткой птицей. Если же птице заткнуть уши, она перестанет ориентироваться в темноте. [1]

Задача. Через какое время козодои воспринимают посланный ими сигнал, если расстояние до препятствий в пещере, где они живут, 2—5 м?

Ответ. Через 0,006—0,015 с.

5.25. Летают колибри, ярко окрашенные птички, с большой скоростью и так быстро взмахивают

крыльями, что очертания крыла незаметны. Число взмахов может достигать 20—25, а у некоторых видов и 50 в секунду! Питаются колибри нектаром цветов. Колибри — единственные птицы, которые в полете способны давать «задний ход».

Задача. Определите длину волны, которую генерирует колибри.

Ответ. 17—13,6 м при частоте 20—25 Гц; 6,8 м при частоте 50 Гц.

5.26. Голиаф — самая крупная лягушка, обитающая в Камеруне (Африка). Ее вес 3,5 кг, а длина тела 32 см. Самой маленькой лягушкой считается чесночница с Сейшельских островов, ее длина 1,8—1,9 см. Крик лягушки-быка из Северной Америки слышен на расстоянии нескольких километров и похож на рев быка. Еще громче орет самец древесной лягушки-коки из Пуэрто-Рико. Будучи менее 5 см, он издает крик силой 108 Дб.

Задача. Чему соответствует крик древесной лягушки по уровню звукового давления?

Ответ. Сирене пассажирского поезда — 110 Дб.

5.27. Пескари звук камертона или свистка за 30 метров улавливают. А уши у них какие интересные! В черепе, позади глаз, есть пузырек с густой жидкостью, а в ней камешки плавают. Они-то и воспринимают колебания звуковых волн и через нервы передают сигнал мозгу.

Задача. Определите время, через которое пескари слышат звук от источника, если скорость звука в воде при температуре 25° С равна 1500 м/с.

Ответ. 6,7 мс.

5.28. Куры орловской породы очень крупны, красивы и несут много яиц. Самое же главное достоинство петухов — необычный голос. Звучный, бархатный, протяжный, без хрипоты. Голосистых петухов заводили у себя все любители петушиного пения. И вот что интересно: орловскую птицу никогда не продавали за деньги, а только обменивали. Брели за них зерно, скот, муку. А ценились орловские петухи дорого — за хорошего голосистого петуха давали барана, а то и теленка. Петухи поют басом, баритоном и тенором. Каждый любитель, слушая их, выбирает себе по вкусу.

Задача. Частотный диапазон голосов соответствует: тенор, — 130—500 Гц, баритон — 100—400 Гц, бас — 80—350 Гц. Определите диапазон длин волн, соответствующий петушину пению.

Ответ. Бас — 4,25—0,97 м, баритон — 3,4—0,85 м, тенор — 2,6—0,68 м.

5.29. Большое распространение получил сейчас ультразвуковой метод измерения линейной скорости. В этом методе используется известный принцип Доплера. Частота используемого ультразвука, как правило, лежит в диапазоне от 1 до 10 МГц. Частицами крови, которые рассеивают ультразвук и поэтому служат вторичными, движущимися его источниками, являются эритроциты, имеющие размеры около 5 мкм. Измеряя разность между частотами излучаемого и рассеянного кровью ультразвука, можно вычислить скорость движения крови.

Задача. Разность между частотами излучаемого и рассеянного кровью ультразвука равна 0,5 кГц. Определите скорость движения крови, если при этом методе используется ультразвук частотой 2 МГц.

Ответ. Если учесть, что скорость звука в крови 1500 м/с, то скорость движения крови будет равна 37,5 см/с.

5.30. Музыкальные звуки составляют восемь октав: субконтроктава (ее граничные частоты 16—32,7 Гц); контроктава (обозначается С-1: 32—65,4 Гц); большая октава (обозначается С: 65,4—130,8 Гц); малая октава (обозначается с: 130,8—261,6 Гц); первая октава (обозначается с1: 261,6—523,2 Гц); вторая октава (обозначается с2: 523,2—1046,6 Гц); третья октава (обозначается с3: 1046,6—2093,1 Гц); четвертая октава (обозначается с4: 2093,1—4184 Гц). Основным тоном музыкальной настройки считается тон «ля» первой октавы. Частота основного тона (нормального или стандартного тона) равна 440 Гц. [8]

Задача. Определите длины волн, соответствующие границам восьми октав.

Ответ. Субконтроктава — 10,39 м, контроктава — 5,2 м, большая октава — 2,6 м, малая октава — 1,3 м, первая октава — 0,65 м, вторая октава — 0,32 м, третья октава — 0,162 м, четвертая октава — 0,08 м.

5.31. Высота голоса певца зависит от длины и натяжения голосовых связок. У мужчин длина голосовых связок составляет 18—25 мм (бас — 25 мм, тенор — 18 мм), у женщин — 15—20 мм. Частотный диапазон, соответствующий басу у мужчин, — 80—350 Гц, баритон — 100—400 Гц, тенор — 130—500 Гц.

Задача. Определите диапазон длин волн, соответствующих этим голосам.

Ответ. Бас — 4,25—0,97 м, баритон — 3,4—0,85 м, тенор — 2,6—0,68 м.

5.32. Диапазон длин звуковых волн, соответствующих женскому голосу контральто, равен 44—201 см, меццо-сопрано — 38—171 см, сопрано — 34—137 см, колоратурное сопрано — 25—132 см.

Задача. Определите диапазон частот, соответствующих женским голосам.

Ответ. Контральто — 770—170 Гц, меццо-сопрано — 890—250 Гц, сопрано — 1000—248 Гц, колоратурное сопрано — 1360—258 Гц.

5.33. В России звонит самый большой колокол в мире — колокол Сысой, один из пятнадцати колоколов звонницы Ростова Великого Ярославской области. Его вес 32 тонны. Отлитый в 1688 году мастером Фролом Терентьевым, он вновь покоряет ростовчан и гостей города своим мощным бархатным звоном. В немецком городе Кельне особым звучанием отличается колокол Петер весом в 24 тонны, отлитый в 1923 году. Трудно сравнить звучание этих двух колоколов, поскольку они различаются по тембру, технике исполнения. Звон колоколов завораживает, не оставляет никого равнодушным.

Задача. Как возникает звук при ударах в колокола? Что называется тембром? Какие характеристики звука вы еще знаете?

Ответ. Тембр звука — это окраска звука, зависящая от источника звука. Характеристиками звука являются также высота звука и громкость.

5.34. У многих насекомых (у саранчи, стрекоз и др.) две пары крыльев. У других насекомых (мухи, жуки) только одна пара крыльев. Скорость работы крыльев у разных насекомых различная. Так, у круп-

ных бабочек, например махаона, число взмахов за 1 секунду равняется 5, у саранчи — 18, у комнатной мухи — 120, у пчелы — 180, у галлицы — 700—1000.

Задача. Какое из этих насекомых мы будем слышать?

Ответ. Звуки саранчи частотой 18 Гц, комнатной мухи — частотой 120 Гц, пчелы — частотой 180 Гц, галлицы — частотой 700—1000 Гц.

5.35. В бывшей Югославии одно из мест близ Куршумли долгое время считалось дьявольским. Каменные фигуры, созданные старанием ветра и влаги, по ночам издавали различные звуки, пугая суеверных людей, для которых эти звуки были не чем иным, как дьявольскими кознями. В Египте звучат по утрам, при восходе солнца, колонны — остатки древнего Карнакского храма.

Задание. Объясните происхождение звуков.

Ответ. Колонны сложены из очень пористого камня. Днем у нагретого горячим солнцем камня поры несколько увеличиваются в размерах, и воздух проходит через них без задержки, и колонны молчат. Утренняя прохлада создает условия, при которых движение воздуха в порах сопровождается звуком, напоминающим стон.

5.36. Биологи, изучавшие, как действует на психику инфразвук большой интенсивности, установили: иногда он рождает чувство беспричинного страха. Другие частоты вызывают состояние усталости, чувство тоски или же морскую болезнь с головокружением и рвотой. Профессор Гавро высказал предположение, что биологическое действие инфразвука проявляется тогда, когда частота вол-

ны совпадает с так называемым альфа-ритмом головного мозга.

Вопрос. Какие волны называются инфразвуком?

Ответ. Инфразвуком называют волны, частота которых меньше 20 Гц.

5.37. Чтобы представить себе мощь вулканических сил, стоит поразмыслить над таким фактом. Когда в 1815 году на острове Сумбава, в Индонезии, «заговорил» вулкан Тамбора, его «голос» был слышен по всей Яве, на Калимантане и в Новой Гвинее, в Австралии. На побережье Суматры, а оно находится в четырехстах шестидесяти километрах от вулкана, его извержение отдавалось пушечной канонадой.

Задача. Сколько времени звук шел до побережья Суматры? Скорость звука примите за 340 м/с.

Ответ. 22,5 минуты.

5. 38. В 1883 году при печально знаменитом извержении индонезийского вулкана Кракатау воздушные ударные волны, рожденные подземными взрывами, трижды обошли земной шар.

Задача. К какому виду волн можно отнести ударную волну?

Ответ. К продольным волнам.

5.39. Цунами — так называют этого страшного грозного попутчика землетрясений. Родилось такое название в Японии и означает гигантскую волну. Когда она накатывается на берег, создается впечатление, что это не волна вовсе, а море, разъяренное, неукротимое, кидается на берег. Ничего нет удивительного в том, что цунами производит на нем опустошения. Во время землетрясения 1960 года на побережье Чили обрушились волны высотой до шести метров. Море отступало и

наступало несколько раз в течение второй половины дня.

Задача. Как называются такие волны? Чему равна амплитуда цунами 1960 года, обрушившаяся на Чили?

Ответ. Цунами относят к продольным волнам. Амплитуда волны равна 3 м.

5.40. Слабые инфразвуки, с которыми каждый из нас ежедневно встречается, влияют на человека. Специалисты на основании многих фактов, наблюдений подозревают, что инфразвуки — одна из причин нервной усталости у городских жителей. И мы знаем, что в городах действительно больше инфразвуков.

Вопрос. Назовите источники инфразвука.

Ответ. Постоянным поставщиком инфразвуковых волн являются городской транспорт, многие производства.

5.41. Одна из сцен в театре переносила зрителей в далекое тревожное прошлое. Какими техническими средствами лучше всего выразить этот момент? Известный американский физик предложил постановщику спектакля использовать очень низкие, рокочущие звуки, которые, полагал ученый, и создадут в зрительном зале обстановку ожидания чего-то необычного, пугающего. Для получения «тревожного» звука Вуд сконструировал специальную трубу, которая присоединена к органу. И первая же репетиция испугала всех. Труба не издавала слышимых звуков, но когда органист нажимал на клавишу, в театре происходило необъяснимое: дребезжали

оконные стекла, звенели хрустальные подвески канделябров. Хуже того, все, кто присутствовал в этот момент на сцене и в зрительном зале, почувствовали беспричинный страх! А виновником были неслышимые человеческим ухом инфразвуки!

Задача. Определите длину хрустальных подвесок канделябров, если в театре распространялись инфразвуки частотой 10 Гц.

Ответ. 0,0025 м.

5.42. Одна летучая мышь в течение часа поглощает более 700 комаров. Ультразвуковые сигналы частотой 20—120 кГц и продолжительностью 0,2—100 миллисекунд летучие мыши генерируют гортанью и выпускают через рот или ноздри.

Задача. На каком расстоянии летучая мышь может засечь насекомое или преграду? Скорость звука примите за 340 м/с. Определите длину волны, испускающуюся летучей мышью.

Ответ. 0,068—34 м, 0,017—0,0028 м.

5.43. Рифели — это знаки мелкой волновой ряби. Они существуют на земле со времени появления сыпучих сред — снега и песка. Их отпечатки встречаются в древних геологических пластах (иногда вместе со следами динозавров). Первые научные наблюдения над рифелями были сделаны Леонардо да Винчи. В пустынях расстояние между соседними гребнями волновой ряби измеряется в пределах от 1 до 12 см (чаще 3—8 см) при глубине впадин между гребнями в среднем 0,3—1 см.

Задача. Предположив, что рифели это волна, определите амплитуду этой волны.

Ответ. 0,15—0,5 см.

5.44. На поверхности снежного покрова среднее расстояние между соседними гребнями ряби находится в пределах 5—40 см при глубине впадин 1—20 см. В этом случае рифели образуются как при переносе сухого мелкозернистого снега, так и при осаждении льда. Опыт показывает, что снежная рябь образуется после примерно часовой работы воздушного потока.

Вопрос. Чему равна амплитуда рифели?

Ответ. 0,5—10 см.

5.45. Огромная масса воды Ниагары низвергается с высоты в 50 м и развивает при этом мощность примерно в 4 млн. лошадиных сил. На возбуждение акустических колебаний затрачивается менее 1% этой мощности. Шум Ниагары днем обычно слышен на расстоянии 1,6—2 км, ночью же дальность его слышимости может достигать 6—7 км. На расстоянии 57 м от места дробления воды шум Ниагары составляет 87 Дб, у самого же места дробления он настолько оглушителен, что люди не слышат друг друга.

Задача. Сколько времени идет звук от Ниагары на расстоянии слышимости? С чем сопоставим звук Ниагары на расстоянии 57 м?

Ответ. Днем — 6 с, ночью — примерно 20 с. Звук от Ниагары на расстоянии 57 метров сопоставим с работой двигателя автомобиля.

5.46. Шумит не только падающая вода, но и набегающие на берег волны, например, морской прибой. Уже при небольшом ветре возникает волнение моря, и волны чередой накатываются на берег. В зоне прибоя волны отдают энергию, накопленную при движении в морях и океанах. Волны прибоя создают при ударе о берег давление от 3000 до

30 000 кг/м² и во время сильных бурь могут перемещать глыбы массой до 100 тонн. Возникающие при мощном дроблении водных масс крупные капли поднимаются на высоту 60 м. Удары волн обрушиваются на берег довольно регулярно со средним периодом 4,8 с (при слабом и сильном волнении) и являются причиной возбуждения в атмосфере мощных инфразвуковых колебаний.

Задача. Какую работу совершают волны при поднятии капли массой 1 г на высоту 60 м? Определите среднюю частоту морских волн.

Ответ. 0,6 Дж; 0,2 Гц.

5.47. Комары делают 500—1000 взмахов крыльями в секунду, шмели — 130—240, бабочки — 5—9. Пчела, летящая налегке, взмахивает крылышками 400—500 раз в секунду, с ношей — 200—250. Крылья комара *Forcipis* совершают более 2000 тысяч взмахов в секунду.

Задача. Какой частоты звуки издают эти насекомые? Будем ли мы слышать их?

Ответ.

Название насекомого	Частота, Гц	Период, с	Условия слышимости
Комар	500—1000	0,002—0,001	Да
Шмель	130—240	0,008—0,004	Да
Бабочка	5—9	0,2—0,11	Нет
Пчела	400—500	0,0025—0,002	Да
Пчела с ношей	200—250	0,005—0,004	Да
Комар <i>Forcipis</i>	2000	0,0005	Да

5.48. На острове Исландия находится известный вулкан Гекла. Первое известное людям извержение произошло в 1104 году. В дальнейшем вулкан просыпался еще более двадцати раз с интервалами от двадцати до ста двух лет. Последний раз это случилось в 1991 году. Находились очевидцы, которые утверждали, что уже на расстоянии одной мили от Геклы можно услышать крики грешников, плач и скрежет зубов, когда большие вороны гонят грешные души в эти адские врата. Когда в 1700 году двое натуралистов, прибывших в Исландию, хотели подняться на Геклу и исследовать ее кратер, они не смогли найти носильщиков: никто из местных жителей не желал добровольно отправиться в гости к дьяволу.

Задача. Может ли звук достигать таких расстояний? Сколько времени на это потребуется? Скорость звука примите за 340 м/с.

Ответ. 5,3 с.

5.49. Большую часть Намиба занимают огромные песчаные дюны, достигающие трехсотметровой высоты. Нигде в мире нет больше таких гигантских гор сыпучего песка. Над их вершинами почти всегда можно увидеть султанчики поднятой в воздух песчаной пыли, и кажется, что дюны курятся, словно вулканы.

Вопрос. Определите амплитуду и длину поперечной волны, соответствующей песчаным дюнам, если расстояние между гребнями 120 м.

Ответ. 150 м; 120 м.

VI. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА. РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

26. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА. РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

6.1. Передвигаясь реактивным способом, кальмары (*Architeuthis*) развивают скорость до 70 км/ч. Находящиеся в поверхностных слоях моря кальмары, преследуемые рыбой, выбрасывают воду из воронки с огромной силой и выскакивают из воды на высоту 5—10 м, падая иногда на палубы кораблей.

Задача. Определите массу воды, которую при «прыжке» вверх выталкивает кальмар, если масса кальмара 3 кг, а скорость воды, выбрасываемой кальмаром, в 3 раза выше его начальной скорости.

Ответ. 1 кг.

6.2. Головоногие моллюски представляют собой тела с переменной массой, которые перемещаются нестационарной силой реакции струи, создаваемой пульсирующим гидрореактивным двигателем. Наибольший интерес представляют кальмары и каракатицы: они имеют хорошо обтекаемую форму и быстроходны, скорость движения их может превышать 15 м/с. При движении головоногих моллюсков щупальцы плотно складываются вместе и



хорошо обтекаются. Они снабжены продольными киями, которые образуют кормовое оперение корпуса. Эти кили имеют сравнительно с величиной тела необычно большую длину и надежно стабилизируют движение: с их помощью кальмар легко сохраняет и меняет курс. Кальмар располагает двумя принципиально отличными движителями. При медленном перемещении он пользуется большим ромбовидным плавником, который периодически изгибается в виде бегущей волны вдоль корпуса тела. Для быстрого броска кальмар набирает воду в так называемую мантийную полость через кольцевое отверстие в кормовом срезе корпуса, которое затем плотно закрывается хрящеватым замком. Мышечным импульсом, сокращающим брюшную мускулатуру, кальмар выбрасывает воду через профилированное поворотное сопло.

Задача. Как называется описанный вид движения кальмара? От каких величин зависит скорость кальмара при этом движении?

Ответ. Такой вид движения относится к реактивному движению. Скорость кальмара в этом случае зависит от массы и скорости выбрасываемой воды.

6.3. «По всем законам современной аэродинамики майский жук летать не должен, — заявил ведущий специалист в этой области исследований Леон Беннет, — либо майский жук обладает неизвестным нам способом создания подъемной силы». А какая движущая сила дает возможность летать бабочкам так, как они летают? И вот, наконец, выяснилось! Ученые сняли на киноплёнку полет бабочки-лимонницы со скоростью 200 кадров в секунду и в механизме работы крыльев подсмотрели следующую особенность. Когда крылья поднимаются вверх, их

смыкание происходит не всей плоскостью, а волной, движущейся от передней кромки крыла к задней. А между задними кромками крыльев над брюшком образуется канал с правильным овальным сечением. Именно через этот канал крылья с силой выталкивают зажатую струю воздуха, которая и толкает бабочку вперед.

Задача. Как можно назвать такой природный двигатель?

Ответ. Реактивным.

6.4. Огромная скорость делает кальмаров особенно опасными морскими хищниками. Втянув воду в полость тела, хищник с силой выбрасывает струю через воронкообразный канал и устремляется вперед, как торпеда, готовая взорваться. Такой «биореактивный» двигатель позволяет развивать скорость до 20 м/с. Выскакивая из воды, молодой кальмар способен запрыгнуть на палубу судна, возвышающуюся над водой на 5—8 метров.

Задача. Определите потери энергии на сопротивление воды при вылете кальмара массой 10 кг из воды на максимальную высоту с максимальной для себя скоростью.

Ответ. 1200 Дж.

6.5. Такие обитатели морей, как осьминог, каракатица, моллюск сальпа, при перемещении используют принцип реактивного движения — они втягивают воду в специальные мускулистые мешки своего тела, а затем выталкивают ее наружу. Благодаря этому животные получают возможность перемещаться в направлении, противоположном выбрасываемой струе.

Задача. Определите скорость осьминога массой 800 г при одном выталкивании воды массой 100 г со скоростью 20 м/с.

Ответ. 2,5 м/с.

VII. РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

27. РАБОТА

7.1. В организме человека насчитывается около 600 различных мышц. Если бы все мышцы человека напряглись, они бы вызвали давление, равное приблизительно 25 т. Считается, что при нормальных условиях работы человек может развивать мощность 70—80 Вт, однако возможна моментальная отдача энергии в таких видах спорта, как толкание ядра или прыжки в высоту. Наблюдения показали, что при прыжках в высоту с одновременным отталкиванием обеими ногами некоторые мужчины развивают в течение 0,1 с среднюю мощность около 3700 Вт, а женщины — 2600 Вт. Коэффициент полезного действия мышц человека равен 20 %.

Задача. Определите работу, которую совершает спортсмен при прыжке в высоту. Какая энергия при этом тратится на тепловые потери?

Ответ. Мужчины затрачивают работу 370 Дж, при этом на тепловые потери идет 296 Дж. 260 Дж тратят на прыжок женщины, 208 Дж из которых идут на тепловые потери.

7.2. В самом сердце древней Эллады, примерно в 80 километрах к западу от горы Олимп, располагается необычный уголок Балканского полуострова, в равной степени могущий называться и чудом природы, и шедевром рук человеческих. Обычно, говоря об этом районе, употребляют выражение «скальные образования Метеоры». На самом деле они представляют собой настоящие горные массивы с отвесными стенами. Высота их превышает 300 метров, а иные поднимаются и на 550 метров!

И люди с древних пор поклонялись необычным скалам и приносили здесь жертвы богам. Так было и в каменном веке, и в эпоху величия Афин, и во время Римской империи. А с IX века нашей эры христианские монахи-аскеты в поисках мест для уединенных размышлений стали строить себе скромные кельи на плоских вершинах скал Метеоры. Труднодоступность вершин избавляла монахов от докучных посетителей, да и само расположение скитов на вершинах гор как бы приближало их обитателей к Богу. Ведь даже само греческое название Метеора переводится как «на небесах».

Вопрос. Какую работу совершают монахи-аскеты, поднимая на вершину каменного столба свой скромный скарб массой 100 кг? Высота столба 400 м.

Ответ. 400 кДж.

7.3. Гейзерные бассейны Йеллоустонского национального парка, безусловно, самые грандиозные из всех гейзерных полей земного шара. Струи некоторых из Йеллоустонских гейзеров бьют более чем на 100 метров, а самый высокий фонтан превышает 115 метров.

Вопрос. Какая работа совершается гейзером при подъеме 100 м^3 воды на высоту 100 м?

Ответ. 100 МДж.

28. МОЩНОСТЬ

7.4. У легкового автомобиля более 60 лошадиных сил, но разве способен он увезти груз весом более 20 тонн? Конечно, нет. А вот лошадь-тяжеловоз со своей одной лошадиной силой тянет такой груз быстрым шагом. Но нужно сказать, что даже сильная лошадь с места такой груз сдвинуть тоже не

сможет. Когда лошадь двинется, увозя с собой в телеге основную часть груза, к нему уже на ходу добавляют оставшийся груз.

Задача. Какую физическую величину измеряют в лошадиных силах?

Ответ. Мощность.

7.5. Основные хозяйственные типы лошадей: верховые, рысистые и тяжеловозные. В мире насчитывается свыше 300 пород и породных групп лошадей, отличающихся экстерьером, массой, силой и резвостью. Так, чистокровные верховые скакуны развивают на коротком расстоянии максимальную скорость свыше 60 км/ч, а тяжеловозы способны везти груз свыше 20 т.

Задача. Определите, какую силу прикладывает лошадь-тяжеловоз при равномерном движении груза по дороге, если коэффициент трения 0,01. Какую мощность развивает при этом лошадь, движущаяся со скоростью 18 км/ч?

Ответ. 10 кВт.

7.6. Мощность, развиваемая человеком.

Вид деятельности	Мощность, кВт
Прыжок с места	1,5
Рывок при поднятии тяжести	3,3
Гребля	0,4
Велосипедные гонки	1,5

Задание. Составьте по этим данным задачи.

7.7. Большинство не слишком искушенных людей считает самым высоким и самым красивым водопадом Африки знаменитый водопад Виктория. Однако мнение это не соответствует истине: Виктория уступает по высоте и фантастическому 900-метровому

каскаду Тугела в Драконовых горах ЮАР, и падающему с высоты в 340 метров мощным водяным тараном водопаду Лофон в Заире, и драгоценному украшению берегов озера Танганьика — 220-метровому Каламбо. Не менее впечатляет и мрачная неукротимая мощь, какое-то свирепое буйство водной стихии на фоне безжизненных гранитных скал, которые являет собой южноафриканский водопад Ауграбис. Он превышает Викторию по высоте, низвергаясь со 146-метрового обрывистого плато в ущелье, пробитое рекой Оранжевой в кристаллических породах.

Вопрос. Какой мощностью обладает вода при падении с этих водопадов? Оцените мощность для 1 м^3 воды.

Ответ. Если не учитывать сопротивление воздуха, то 1 м^3 воды развивает мощность, равную 270 кВт.

Задача. Оцените мощность одинаковых потоков воды этих водопадов.

Ответ. Для 1 кг воды мощность водопада Тугела 671 Вт, Лофон — 415 Вт, Каламбо — 333 Вт.

7.8. Исландия — первое и пока единственное государство, в больших масштабах использующее термальные воды для отопления и горячего водоснабжения. Для этой цели в столице страны Рейкьявике начиная с 30-х годов создана система трубопроводов и специальных резервуаров, откуда горячая вода подается потребителям. Имея теплицы с геотермальным отоплением, Исландия полностью обеспечивает себя яблоками, помидорами, дынями и даже бананами. В России первая геотермальная электростанция (ГеоТЭС) сооружена на юге Камчатского полуостро-

ва. На станции насыщенный пар из пробуренных скважин направляется в сепаратор, а затем непосредственно в паровые турбины. Мощность одной турбины — 2,5 МВт, число турбин на Паужетской ГеоТЭС—2.

Задача. Определите энергию, вырабатываемую на Паужетской ГеоТЭС за сутки.

Ответ. 120 МВт/час.

7.9. В Китае, в верхнем течении реки Янцзы, начато сооружение гигантского гидроузла Санься (Три ущелья) с гидроэлектростанцией мощностью в 18 млн. кВт. Ее плотина, в теле которой будут установлены 26 турбин, поднимется на высоту 180 м при длине более 2,5 км. Она образует водохранилище длиной в 700 км. Первый агрегат этой ГЭС намечено ввести в строй в 2003 году, последний — в 2009.

Задача. Какой энергией будет обладать 1 кг воды, падающий с этой плотины? Какую энергию будет вырабатывать эта электростанция за 1 сутки?

Ответ. 1 кг воды на высоте 180 м будет обладать энергией 1,8 кДж; 432 ГВт/час.

7.10. Крупнейшая в мире АЭС в Фукусиме, расположенная в 200 км к северу от Токио, в 1998 году с пуском седьмого реактора достигла мощности 8,2 млн. кВт.

Задача. Сколько лампочек мощностью 100 Вт можно включить одновременно, используя 30% вырабатываемой мощности АЭС в Фукусиме?

Ответ. 24,6 млн. штук.

7.11. В СССР рассматривалась возможность сооружения Мезенской (10—15 млн. кВт) и Беломорской (14 млн. кВт) ПЭС на Белом море. Еще

более крупной должна была стать Пенжинская ПЭС (30—100 млн. кВт) на Охотском море. Во Франции ПЭС должна быть построена на побережье Ла-Манша у полуострова Котантен (50 млн. кВт), в Великобритании — в Бристольском заливе в устье реки Северн, в Индии — в заливе Кач Аравийского моря.

Вопрос. Какую энергию преобразуют в электрическую на ПЭС?

Ответ. Энергию приливов.

7.12. В США создан проект использования колоссальной энергии Гольфстрима, предусматривающий установку в толще воды турбин диаметром 80 м. Расположив эти турбины в ряд на большом протяжении, в общей сложности удалось бы получить мощность в 100 млн. кВт.

Вопрос. Сколько лампочек мощностью 500 Вт можно было бы зажечь, используя 70% мощности этого устройства?

Ответ. 140 млн. штук.

7.13. Самое величественное зрелище — это гейзер Великан. Он начинает действовать внезапно. Вверх стремительно вырывается тридцатиметровый столб воды. Его сопровождают оглушительные взрывы. Гейзер фонтанирует менее двух минут, но за это время выбрасывает из земных недр двадцать пять тысяч литров минеральной горячей воды. Пар поднимается на сотни метров. В воздухе повисают яркие радуги.

Задача. Оцените среднюю мощность фонтана гейзера.

Ответ. 62,5 кВт.

7.14. Одна из самых больших исландских рек с длинным названием Йекульсау-ау-Фьедлум падает перед

самым выходом на равнину с 44-метрового уступа могучей водяной стеной, чем-то напоминающей Ниагару. Исландский поэт сравнил упругие, пружинистые струи Деттифосса с туго свитыми девичьими косами. Огромная масса воды с рокотом исчезает в гигантской расселине.

Задача. Определите среднюю мощность потока падающей воды массой 100 кг, если она достигает нулевой отметки за 3 с.

Ответ. 14,7 кВт.

29. ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

7.15. В 1344 году настоятель одного из афинских монастырей Койновитис перебрался со своей общиной в Метеору. Здесь на просторной плоской вершине одной из скал (она так и называется — Широкая) монахи построили Большой Метеорский монастырь — первый из монастырей в долине Пинея. Монашеская обитель на скале надежно защищала ее жителей от любых незваных гостей, поскольку добраться до нее можно было только по веревочной лестнице, поднимавшейся в случае опасности. В конце XIV века в Метеоре было уже 24 монастыря. Поскольку взбираться по лестницам, а тем более поднимать грузы было непросто, впоследствии для подъема наверх стали использовать сети на блоках.

Задача. Какую силу необходимо прикладывать к сети, чтобы поднять груз массой 40 кг на высоту 20 м, используя неподвижный блок? Как изменится сила, если неподвижный блок заменить на подвижный?

Ответ. 400 Н. Уменьшится в 2 раза.

30. ЭНЕРГИЯ

Я физик и имею право
на сохранение энергии.
Хуго Штейнхаус

7.16. Солнечную энергию, связанную в процессе фотосинтеза, в виде биомассы растений поедают травоядные животные, а сами, в свою очередь, служат пищей для хищников. Так вещество и энергия передаются от одних организмов к другим, объединяя экосистему в единое целое.

Задание. Приведите примеры преобразования энергии в живых организмах.

Ответ.

Превращение	Где происходит
Химическая энергия в электрическую	Нервные клетки, головной мозг
Звуковая энергия в электрическую	Внутреннее ухо
Энергия света в химическую	Хлоропласты
Энергия света в электрическую	Сетчатка глаза
Химическая энергия в механическую	Мышечные клетки
Химическая энергия в энергию света	Органы свечения (светляки и т. д.)
Химическая энергия в электрическую	Органы вкуса и обоняния

7.17. Любой живой организм — сложная система, в которой происходит превращение одного вида энергии в другой. Организм получает энергию из пищи, расходует ее на построение клеток, движение и другие действия. Биофизика исследует вопрос, как

происходит энергетический обмен на молекулярном уровне и во всем организме в целом.

Вопрос. Почему в холод многие животные сворачиваются в клубок, а в жару стремятся увеличить свою свободную поверхность?

Ответ. Таким образом происходит регулировка температуры тела. Чем больше площадь, тем больше излучение.

7.18. Тканями, которые играют роль своеобразных пружин и могут запасать механическую энергию, являются мышцы конечностей и сухожилия, соединяющие их с костями. Сухожилия в большей степени, чем мышцы, годятся для хранения потенциальной энергии, так как силы внутреннего трения в них очень малы, и около 90 % этой энергии может быть обратно преобразовано в кинетическую энергию. Кроме того, сухожилия обладают большей жесткостью, чем мышцы, и могут быть растянуты на 6 % своей исходной длины без заметного повреждения, в то время как мышцы — только на 3 %.

Задача. Во сколько раз энергия, запасаемая на единицу длины в сухожилиях, больше, чем в мышцах?

Ответ. В 4 раза.

7.19. У мужчины среднего роста и веса суточная потребность в энергии для поддержания основного обмена составляет около 8000 кДж. Точное количество энергии, необходимое каждому индивиду, зависит от его веса, возраста и пола и у мужчин несколько больше, чем у женщин.

Вопрос. Оцените среднюю мощность.

Ответ. Примерно 94 Вт.

7.20. История человечества зафиксировала множества случаев, когда с неба падали различные предметы: пшеница, горох, фрукты, куски ткани, веревки,

рыба, лягушки и даже металлические деньги. Вот любопытное сообщение из газеты «Известия» за 13 апреля 1985 года. Пожилой житель Лондона Р. Лэнгтон даже представить себе не мог, что на свете и такое бывает. Рано утром пошел дождь, после чего Лэнгтон выглянул в окно и увидел: ... весь его приусадебный участок был устлан густым «ковром» из живой рыбы.

Задача. Определите энергию рыбы массой 500 г, которая упала на приусадебный участок Лэнгтона с высоты 500 м. Как при этом изменялась полная механическая, потенциальная, кинетическая и внутренняя энергия рыбы?

Ответ. 2,5 кДж. Потенциальная энергия превращалась в кинетическую энергию, полная механическая энергия оставалась до касания с землей постоянной и равной 2,5 кДж.

7.21. На берегу Балтийского моря лежали огромные бетонные плиты — все, что осталось от берегового укрепления. Вороны использовали эти плиты для того, чтобы питаться, следующим образом: выхватывая на мелководье устриц, вороны взлетали на высоту 30—40 метров, бросали на плиты раковины и быстро спускались к земле, чтобы съесть устриц.

Задача. С какой скоростью падали устрицы на бетонные плиты? Сопротивлением воздуха пренебречь. Как при этом процессе изменялась энергия устриц?

Ответ. Механическая энергия устриц оставалась постоянной, потенциальная энергия превращалась в кинетическую энергию. Скорость устрицы при касании бетонной плиты равна 28 м/с.

7.22. В Африке, в заповеднике Серенгети, можно наблюдать, как стервятники лакомятся яйцами

страуса. Крепкая скорлупа страусиных яиц не поддавалась клювам стервятников. Птица брала камень и с силой бросала его на яйцо с высоты 5 м. Скорлупа от удара камня трескалась, и тогда можно было это яйцо съесть. Правда, стервятника оттесняли от пиршества грифы, и тот принимался за новые яйца.

Задача. Птица бросала камень вертикально вниз со скоростью 2 м/с. Определите скорость, с которой камень попадал в яйцо, определите изменение потенциальной и кинетической энергии камня при этом процессе.

Ответ. 10,2 м/с; при броске камня он обладал потенциальной и кинетической энергией.

7.23. При чихании капли жидкости разлетаются со скоростью 170 км/ч. При кашле она может достигать скорости 900 км/ч.

Задача. Определите кинетическую энергию капли жидкости при чихании и кашле массой 1 г.

Ответ. 1,1 Дж; 31,25 Дж.

7.24. Яки — крайне неприхотливые и очень полезные домашние животные. Их используют как мясных, молочных и рабочих животных. Очень ценится шерсть яков. Эти сильные быки легко переносят по горным тропам до 140 кг груза.

Задача. Как изменится энергия груза, переносимого яком, при подъеме на высоту 1000 м? Какую полезную работу при этом он совершит?

Ответ. Потенциальная энергия увеличится на 1,4 МДж, полезная работа равна изменению потенциальной энергии — 1,4 МДж.

1.25 Давным-давно на севере Африки человек приручил дикого осла. Осел стал ходить под седлом, та-

скать вьюки и выполнять другие тяжелые работы. Правда, в отличие от лошади, ослов используют только в теплых странах, потому что они плохо переносят холод и сырость. По хорошей дороге осел может везти груз массой 300 кг со скоростью 7 км/ч. С седоком и грузом ослик легко поднимается по горной тропе. И тут ишаков не могут вытеснить ни машины, ни даже лошади.

Задача. Определите полную механическую энергию груза, который везет ослик на высоте 1 км над уровнем моря.

Ответ. Потенциальная энергия — 3 МДж, кинетическая энергия груза — примерно 600 Дж; полная механическая — 3 000 600 Дж.

7.26. В древесине африканского баобаба, дерева, имеющего высоту около 20 м и ствол, достигающий в обхвате 20 м, может скапливаться до 120 тысяч литров воды. Древесина баобаба очень мягкая и пористая, легко загнивает, образуя дупла. (Так, в Австралии дупло одного баобаба площадью 36 м² использовалось в качестве тюрьмы.) О мягкости дерева говорит тот факт, что пуля, выпущенная из винтовки, легко пробивает насквозь ствол баобаба диаметром 10 м.

Задача. Определите силу сопротивления древесины баобаба, если пуля в момент попадания имела скорость 800 м/с и полностью потеряла скорость до вылета из дерева. Масса пули 10 г.

Ответ. 320 Н.

7.27. В Дании работает уже более 4 тысяч ветроэнергетических установок, которые обеспечивают 4—5 % общего производства электроэнергии.

Предполагается, что к 2030 году эта доля возрастет до 25—30%, что позволит вдвое сократить выбросы углерода в атмосферу.

Задача. Объясните действие ветроэлектрической станции. Как преобразуется при этом энергия ветра?

Ответ. Энергия ветра преобразуется в электрическую энергию.

7.28. В Лаосе, где Меконг, «отец рек», плавно несет свои воды, находится Гора чудес. 328 ступеней ведут на вершину горы Пхуси. Подъем на Гору чудес под палящими лучами солнца — серьезное испытание. Но при этом совершается чудо: паломник избавляется от груза мирских забот и приобретает полную уверенность в себе. Стоящая на вершине пагода воздвигнута, по преданию, по личному указанию Будды на месте, где начинался проход к центру Земли.

Задача. При подъеме под лучами палящего солнца мирские заботы у мирянина уменьшаются. Что же у него увеличивается?

Ответ. Увеличивается его потенциальная энергия.

7.29. В юго-восточных Каракумах Туркменистана грунтовые воды находятся особенно глубоко. Поэтому колодцы в 200—240 метров глубиной здесь редкость. Речь идет не об артезианских колодцах, а о колодцах, выкопанных руками человека, с помощью элементарных орудий труда. Самым глубоким в мире колодцем был колодец глубиной 270 метров. Утверждение о том, что в колодезном мастерстве сочетаются знания горняка, ученого и удачливость кладоискателя, совершенно справедливо.

Задача. Какую энергию нужно приложить, чтобы поднять на поверхность со дна глубокого колодца 10-литровое ведро воды?

Ответ. 24 кДж с глубины 240 метров, если не учитывать потери, 27 кДж с глубины 270 м.

7.30. На западе Азербайджана, в пяти километрах от райцентра Ханлар, на дороге можно наблюдать интересное явление. На спуске одной из дорог можно выключить двигатель автомобиля и видеть, как стоящий на спуске автомобиль, постепенно набирая скорость, движется. . . вверх. Причем это явление наблюдалось как на середине подъема, так и в самом начале.

Задача. Нарушается ли при этом закон сохранения энергии? Как изменяется потенциальная и кинетическая энергия автомобиля при этом явлении?

Ответ. Закон сохранения энергии не может быть нарушен, все дело в оптической иллюзии. Механическая энергия автомобиля остается постоянной.

7.31. У нас в стране подлинным чудом природы является Долина гейзеров на Камчатке. У каждого из двадцати трех гейзеров долины свое имя: Непостоянный, Бурлящий, Розовый Конус, Тройной, Фонтан, Жемчужный... Как в громадной бочке, вокруг гейзера плещется кипящая вода. В течение трех-четырех минут с грохотом, толчками выбрасывается столб воды на высоту до 12 метров; затем интенсивность извержения ослабевает, уменьшается количество пара и высота фонтана.

Задача. С какой скоростью выбрасывается вода из гейзера? Какой энергией должен обладать гейзер, чтобы выбросить центнер воды на указанную высоту?

Ответ. Со скоростью 15,5 м/с; 12 кДж.

7.32. При образовании рифели — мелкой волновой ряби на песке и снеге — средняя высота подъема переносимых ветром песчинок и ледяных кристаллов обычно 10—20 см, выше одного метра частицы редко поднимаются. Размеры находящихся на рифелях песчинок составляют 0,3—0,5 мм, а льдинок 0,1—0,15 мм.

Задача. Определите энергию, которая необходима ветру, чтобы поднять песчинку и льдинку на вышеуказанную высоту. Считайте, что песчинки имеют форму куба, а льдинки — форму шара.

Ответ. 0,4 мкДж для песчинки, 6,075 нДж для льдинки.

7.33. Водопады возникают, когда русло речки пересекает каменный уступ. Постепенно подтачивая более мягкие породы, вода круто низвергается вниз. Самый высокий водопад в мире называется Анхель. Он находится в Венесуэле, его высота 1054 метра. Крупнейший по водности водопад находится в США. Это Ниагарский водопад, его ширина 914 метров, а высота — около 50 метров. Водопад Виктория на реке Замбези в Африке имеет ширину 1800 м и высоту 120 м.

Задача. Определите энергию, которой обладает 1 кг воды, падающей в названных водопадах. Как изменяется энергия при падении воды?

Ответ. Потенциальная энергия воды превращается в кинетическую энергию. Механическая энергия остается постоянной. Энергия 1 кг воды водопада Анхеля — 10,54 кДж, Ниагарского водопада — 500 Дж, водопада Виктория — 1,2 кДж.

7.34. 27 августа 1883 года над Кракатау раздался невероятный взрыв. Вулканические газы, песок и крупные обломки взлетали на высоту тридца-

ти километров, а пепел поднялся более чем на семьдесят! Грохот взрыва был слышен за три с половиной тысячи километров — на острове Шри-Ланка и в центре Австралии. Он донесся даже до острова Родригес, расположенного на востоке Индийского океана, в пяти тысячах километров от Кракатуа. На острове Ява даже в ста пятидесяти километрах от вулкана взрывная волна срывала с петель двери, а со стен от ее удара осыпалась штукатурка. Через час после взрыва Джакарта, до которой от вулкана двести километров, погрузилась во мрак, так как тучи пепла полностью скрыли солнце.

Задача. Расскажите о превращениях энергии. С какой скоростью должен был вылетать осколок из кратера вулкана, чтобы подняться на высоту 30 метров? Какие превращения энергии при этом происходили?

Ответ. Кинетическая энергия осколка превращалась в потенциальную энергию, скорость при вылете из кратера должна была соответствовать 25 м/с (без учета сил сопротивления).

7.35. Из всех атмосферных явлений тяжелее всего в Сахаре путешественник переносит продолжительные бури. Ветер пустыни, горячий и сухой, причиняет лишения, даже когда он прозрачен, но еще труднее приходится путникам, когда он несет пыль или мелкие песчинки. Пыльные бури случаются чаще, чем песчаные. Сахара — самое пыльное место на Земле. Бури в Сахаре обладают необычайной силой. Скорость ветра достигает иногда 50 м/с (ветер со скоростью 30 м/с — это ураган). Караванщики рассказывают, что иной раз тяжелые верблюжьи седла массой 15 кг уносит

ветром за двести метров, а камни величиной с куриное яйцо катятся по земле, как горох.

Задача. Определите работу сил сопротивления при передвижении ураганным ветром седла.

Ответ. Около 9 кДж.

7.36. Моси-о-Тунья — Гремящий дым — так с давних пор называли охотники племени батака водопад на реке Замбези. Современное название — Виктория — дал Водопаду в честь своей королевы первый европеец, увидевший его в 1855 году, англичанин Давид Лингвистон. Он обнаружил это чудо природы после двухлетнего трудного путешествия по саванам и джунглям Центральной Африки. Сопровождающие исследователя триста воинов местного вождя Селекту не решились приблизиться к ревущей громаде. По их мнению, в пропасти под кипящей стеной воды обитало грозное божество, дававшее знать о себе ужасающим рычанием. Высота водопада равна 120 м.

Вопрос. Чему равна энергия 1 м^3 воды на этой высоте? Какой скоростью должна обладать вода при падении с этой высоты у основания водопада, если считать, что сопротивление воздуха отсутствует?

Ответ. 1,2 МДж, примерно 49 м/с.

VIII. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

31. ТЕПЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ. ТЕМПЕРАТУРА

8.1. Все птицы — теплокровные животные. Температура тела у них постоянна. Она выше, чем у млекопитающих, и равна примерно 42°C , а у некоторых видов — $45\text{—}45,5^\circ\text{C}$. Тело покрыто

перьями, а передние конечности превратились в орган полета — крылья.

Вопрос. Какую роль играет сезонное изменение длины и густоты оперения?

Ответ. Роль терморегуляции организма.

8.2. Важнейшее влияние на длину вегетационного периода оказывают температурные условия. Известно, что многие виды и сорта южных растений (рис, сорго, перцы, баклажаны и др.) не могут произрастать на севере из-за недостатка тепла. Потребность растений в тепле принято выражать «суммой активных температур», т. е. суммой среднесуточных температур выше 10°C за вегетационный период. Так, в районах, где сумма активных температур равна $1000—1400^{\circ}\text{C}$, можно возделывать ранние сорта картофеля, корнеплодов; при $1400—2200^{\circ}\text{C}$ — хлебные злаки, картофель, лен и др.; сумма активных температур $2200—3500^{\circ}\text{C}$ соответствует зоне интенсивного плодоводства; в зоне с суммой температур более 4000°C растут субтропические многолетники.

Вопрос. Если в жаркий день лист растения приложить к щеке (совсем не обязательно его срывать), то можно почувствовать, что он прохладный. Объясните, почему.

Ответ. Растение непрерывно испаряет в окружающую среду воду, из-за этого внутренняя энергия листа уменьшается, уменьшается и его температура.

32. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ.

СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ

8.3. Мышки дрожат не только от холода, но и для того, чтобы согреться. При дрожании скелетных мышц тепла выделяется уж не так и много, но

биохимические реакции выделения тепла резко ускоряются. Подожмет мышка, постучит зубками и запустит на полную мощность свою отопительную систему.

Вопрос. А почему изменяется внутренняя энергия мышики?

Ответ. Механическая энергия превращается во внутреннюю энергию.

8.4. Пищевая ценность дикорастущих съедобных растений (в 100 г продуктов).

Наименование	Калорийность, <i>ккал</i>
Плод хлебного дерева	44
Плод папайи	23
Ростки бамбука (свежие)	11,4
Плод банана	30,7
Финики	220,2
Копра кокосового ореха	512,8
Плод манго	70

Задача. Определите энергетическую ценность данных экзотических продуктов в Дж.

Ответ.

Наименование	Калорийность, <i>кДж</i>
Плод хлебного дерева	184,8
Плод папайи	96,6
Ростки бамбука (свежие)	48
Плод банана	129
Финики	925
Копра кокосового ореха	2150
Плод манго	294

8.5. Для условий пустыни наиболее характерны заболевания, связанные с воздействием высоких температур. Тепловой удар — это перегрев ор-

ганизма, вызванный накоплением избыточного тепла вследствие нарушения терморегуляции при длительном воздействии высокой температуры окружающей среды. Иногда тепловой удар развивается неожиданно, сопровождаясь потерей сознания. В некоторых случаях предвестником его служат головная боль, сонливость, головокружение, затемнение сознания, тошнота.

Вопрос. Какие меры необходимо принять, чтобы избежать теплового удара? Какую помощь надо оказать, если в группе кто-либо поражен тепловым ударом?

Ответ. Необходимо пить достаточное количество воды, в солнечное время лучше всего находиться под тентом. Одежду с себя не снимать.

Человека, пораженного тепловым ударом, необходимо немедленно перенести в тень, освободить от одежды и, обрызгав водой, быстро обмахивать куском ткани, чтобы усилить охлаждающий эффект. Для улучшения кровообращения тело и конечности быстро растирают. Как только пострадавший придет в сознание, ему дают обильное питье.

8.6. Для сушки отсыревшей одежды и обуви, приготовления пищи, отпугивания животных в ночное время необходим костер. При отсутствии спичек огонь добывают с помощью простого приспособления из пяти бамбуковых планок длиной 40—50 см и шириной 5—8 см. Приготовив из сухого бамбука планки, их острые края, чтобы не порезаться, закругляют ножом. Одну из них — стержень, заострив на конце, втыкают в землю примерно до половины длины. Четыре других складывают попарно выпуклой стороной наружу, поместив между каждой парой планок сухой трут. Затем делают на планках поперечные насечки и по ним, крепко прижимая

планки к стержню, двигают вверх-вниз, пока трут не затлеет.

Задача. Какие изменения энергии при этом происходят? За счет какой энергии нагревается трут?

Ответ. Механическая энергия превращается во внутреннюю энергию трута, вследствие этого он нагревается.

33. ВИДЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

8.7. Прижился на архипелаге Шпицберген завезенный сюда в 1920 годах из Гренландии овцебык. Стадо этих могучих приземистых копытных, покрытых густой и длинной, до земли, шерстью, заметно выросло за последние годы, благо на Шпицбергене нет их главных врагов — волков. В суровые зимы самки овцебыков прячут маленьких детенышей у себя под брюхом, где в любую пургу тепло и уютно в пологе из шерсти. Сейчас овцебыков на Шпицбергене больше сотни, а ведь вначале было всего 17.

Задача. Почему же малышам под брюхом матери тепло и уютно, несмотря на отрицательную температуру воздуха?

Ответ. Шерсть плохо проводит тепло.

8.8. Борьба с холодом, с воздействием низких температур — важнейшая проблема автономного существования человека в Арктике. Совершенно очевидно, что большую роль в предупреждении поражений холодом будет играть одежда. Чем она теплее, тем дольше может выдержать человек полярную стужу.

Вопрос. Какими особенностями должна обладать одежда полярника?

Ответ. Одежда полярника должна быть сделана из материалов, имеющих низкую теплопроводность и высокую воздухо непроницаемость.

8.9. Поскольку одежда может обеспечить сохранение тепла в организме лишь ограниченное время, людям, терпящим бедствие, следует поторопиться со строительством временного убежища. Лучшего строительного материала в Арктике, чем снег, не сыщешь. Он легко поддается обработке. И самое главное, в убежищах из снега температура обычно на 15—20°C выше наружной.

Вопрос. Почему снег сохраняет тепло?

Ответ. Снег имеет отличные теплоизолирующие свойства вследствие высокого, до 90%, содержания воздуха. А воздух является очень плохим проводником тепла.

8.10. У подножья горного массива Килиманджаро раскинулись обширные саванны, поросшие травой и редкими зонтичными акациями. Выше — та часть массива, куда по ущельям стекают воды тающих ледников, там располагаются кофейные и банановые плантации. Это самая населенная часть всего района. А начиная с высоты 1800 метров Килиманджаро опоясывает густая и пышная зеленая чаща влажных экваториальных лесов. Здесь, в полосе, поднимающейся до отметки 3000 метров, каждый вечер неизменно сталкиваются холодный воздух, стекающий с вершины, и теплый, поднимающийся из долины. В результате на этом уровне ежедневно образуется пояс облаков и туманов, проливающийся на склоны обильными дождями.

Вопрос. Объясните происхождение ветра около Килиманджаро.

Ответ. Все ветры представляют конвекционные по-

токи воздуха. Не исключение и ветер, который образуется из-за разности давлений у подножья горы Килимаңджаро.

- 8.11. Лохматая шубка позволяет шмелям собирать нектар и пыльцу даже в Заполярье. Под такой одежкой тело шмеля при усиленной работе мышц нагревается до 40 градусов. И чем севернее летает шмель, тем он крупнее и лохматее. В тропиках шмелей нет — перегреваются.

Задача. Почему шубка спасает шмелей от вымерзания?

Ответ. Защитный покров шмеля задерживает конвекционные потоки, замедляет теплоотдачу и лучеиспускание.

- 8.12. Как только устанавливаются холода, пчелы скучиваются на сотах и образуют плотный шар. Прижавшись друг к другу, они всю зиму поддерживают температуру около 12°C. Таким образом, пчелы сами себя греют. А вот вентиляция им необходима, ведь в противном случае вся влага, выдыхаемая пчелами, оседает внутри улья в виде инея.

Задача. Объясните поведение пчел.

Ответ. Тепло, выделяемое пчелами, используется для нормального развития яиц, личинок, куколок. В окраинных зонах улья температура ниже, чем в центре. Эти зоны занимают соты, заполненные медом. Благодаря низкой теплопроводности воска и меда в центре поддерживается практически постоянная температура.

- 8.13. Загорать муравьиному народцу некогда — все дни в трудах. И только ранней весной, когда растает снег, можно видеть их на крыше муравейника «загорающими», вяло копошащимися и, кажется, никуда не спешащими. Но это только кажется.

Оказывается, другая часть муравьев в это время спускается по коридорам в нижние этажи под-земелья. Поостыв, они снова бегут наверх погреться. Так и циркулируют муравьи навстречу друг другу.

Задача. Объясните поведение муравьев ранней весной.

Ответ. Так муравьи греют, или, правильнее сказать, нагревают муравейник.

8.14. Теплоизоляция тела обеспечивается прослойкой неподвижного воздуха над поверхностью кожи (пограничный слой), а затем кожным и подкожным жиром. Перья, мех и одежда сохраняют пограничный слой воздуха. Степень достигаемой при этом теплоизоляции зависит от толщины воздушной прослойки.

Задача. Объясните, почему воздух обладает теплоизоляцией.

Ответ. Воздух обладает очень низкой теплопроводностью, поэтому и служит теплоизоляцией.

8.15. Лоси хорошо приспособлены к суровым морозным и снежным зимам, тело их покрыто грубой шерстью. На верхней стороне шеи и холки длинные волосы образуют гриву, на горле свисает покрытый волосами вырост («серьга»).

Вопрос. Почему грубая шерсть спасает лосей в лютые морозы?

Ответ. Между шерстинками находится воздух, который является плохим проводником тепла.

8.16. Белого медведя часто называют неутомимым скитальцем Арктики. Чаще всего его можно увидеть неспешно бредущим среди бескрайних снежных полей или ледяных торосов. У этого громадного зверя железные мышцы. От холода его укрывает

толстый слой жира и белая или чуть золотистая шкура с густой шерстью. Даже подошвы лап защищены мехом. Зверь способен вплавь в ледяной воде открытого океана покрывать расстояния в десятки километров.

Вопрос. Что спасает белого медведя от замерзания в условиях Арктики?

Ответ. Как известно, шерсть обладает плохой теплопроводностью, а вкупе с подкожным жиром — это просто идеальный вариант теплозащиты для зверя.

8.17. Веселая задача.

Больной с обожженными ушами пришел к врачу.

— Что случилось с вашими ушами? — спрашивает врач.

— Понимаете, я смотрел по телевизору футбол, а жена гладила белье. Она поставила утюг возле телефона, и, когда он зазвонил, я схватил утюг вместо телефонной трубки...

Доктор с пониманием кивает головой.

— Ну, а что случилось с другим ухом?

— Так это приятель перезвонил снова...

Вопрос. Почему же больной не обжег руки?

Ответ. Видимо, ручка утюга обладает по сравнению с металлической частью плохой теплопроводностью.

34. КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ

8.18. Термотаксис у амобы обыкновенной отрицательный: она перебирается из более теплой в менее нагретую часть водоема.

Задача. Объясните поведение амобы.

Ответ. Амоба реагирует на температуру воды.

8.19. Холод действует на физическую активность и работоспособность человека. Цепенеют не только

мышцы, но и мозг, воля, без которой любая борьба обречена на поражение. Поэтому в зоне низких температур, например в Арктике, деятельность человека начинается с мер по защите от холода: строительства убежищ, разведения костра, приготовления горячей пищи.

Вопрос. Как изменяется внутренняя энергия организма при переохлаждении?

Ответ. Уменьшается. Понижается температура человеческого тела, а, следовательно, замедляются все функции организма.

8.20. Высокая температура окружающей среды, в особенности прямая солнечная радиация, вызывает в организме человека значительные изменения, иногда за относительно короткое время. Перегрев организма нарушает функции органов и систем, ослабляет физическую и психическую деятельность. Особенно опасно воздействие высоких температур при недостатке питьевой воды, ибо в этом случае наряду с перегревом развивается обезвоживание организма.

Вопрос. Как изменяется внутренняя энергия в этом случае?

Ответ. Внутренняя энергия организма увеличивается, повышается температура тела.

8.21. Известно, что даже в тропиках, где температура океанской воды относительно высока, время пребывания в ней человека ограничено. В результате теплообмена организм непрерывно теряет тепло, и температура тела, постепенно снижаясь, рано или поздно достигает критического предела, при котором невозможна жизнедеятельность органов и систем. При температуре воды 22°C человек за четыре минуты теряет около 100 кал, то есть примерно столько же, сколько на воздухе при той же температуре за час.

Задача. Какое количество теплоты теряет человек в Дж? На сколько градусов при этом охлаждается организм? Масса человека 70 кг.

Ответ. 420 Дж, примерно на $0,002^{\circ}\text{C}$.

8.22. В состоянии покоя и на голодный желудок человеческое тело вырабатывает за сутки столько энергии, что ее хватило бы для нагревания 20 л воды от 10°C до кипения. Тепла, выделяющегося при работе дровосека в течение 8 ч, достаточно, чтобы нагреть до кипения 100 л воды.

Задача. Какую энергию вырабатывает человеческое тело в покое и при 8-часовой рубке дров?

Ответ. 6,72 МДж вырабатывает тело в покое, 33,6 МДж вырабатывает тело за 8 часов на рубке дров.

8.23. Уникальность природы Шпицбергена определяется тем, что к его западному побережью подходит одна из ветвей теплого Северо-Атлантического течения — продолжение Гольфстрима. Нагретые воды по фьордам проникают далеко в глубь островов и согревают их. В феврале мороз здесь не превышает 15°C , а средняя температура на островах — $+6^{\circ}\text{C}$. (И это на восьмидесятой широте!)

Задача. Объясните с точки зрения физики климатические особенности архипелага Шпицбергена.

Ответ. За счет постоянного теплообмена на острове удерживается благоприятная температура.

8.24. Подводные извержения также представляют собой грозное и величественное зрелище. Однако наблюдать их от начала до конца удается крайне редко. Исключением стала огненная эпопея у берегов Исландии в 1963 году. В конце ноября этого года с рыболовецкой шкуны на рассвете заметили столб дыма над океаном. К вечеру из

воды показался черный островок. В центре его зиял кратер, из которого поток лавы, нагретый до 1200 градусов, низвергался огненным водопадом в океан. Вода кипела и бурлила. А над ней поднималось огромное облако. Скоро оно достигло высоты в десять километров и закрыло солнце. В черных тучах пепла сверкали молнии. На следующий день полился черный дождь из воды и пепла.

Задача. Какое количество теплоты отдавала лава воде, остывая на 200°C, если удельная теплоемкость лавы около 800 Дж/кг°C?

Ответ. 1 кг лавы отдавал воде 160 кДж энергии.

8.25. Климат пустынь характеризуется высокими температурами воздуха. Средняя температура в тени в летнее время превышает 25°C, нередко достигает 50°C. Максимальная температура +58°C была зарегистрирована в Эз-Завии в Ливии. Чрезвычайно велика интенсивность прямой солнечной радиации, что связано с большой прозрачностью воздуха и малой облачностью. Под солнечными лучами почва прогревается до 70—80°C. Металлические предметы настолько раскаляются, что прикосновение к ним может вызвать ожог.

Задача. Какую энергию поглощает 1 м³ воздуха при нагревании на 10°C?

Ответ. Примерно 10 кДж.

8.26. Солнце регулирует всю жизнь Сахары. Излучение его, учитывая редкую облачность, малую влажность воздуха и отсутствие растительности, достигает очень высоких значений. Для суточных температур здесь характерны большие скачки. Разница между дневной и ночной температурой достигает 30°C! Порой ночью в феврале слу-

чаются заморозки, а на Ахаггаре или Тибести температура может опуститься до -18°C .

Задача. Какое количество теплоты получает воздух массой 1 кг в течение суток при нагревании на 30°C ?

Ответ. 30 кДж.

8.27. Озерная вода не только поглощает тепло, но и возвращает его обратно в более холодные слои воздуха при испарении. Таким образом, озеро в теплое время года собирает солнечное тепло, нагревая воду, а в холодное — отдает его атмосфере, смягчая климат прилегающих к нему территорий. Так, на берегах Байкала летом воздух охлаждается, а зимой его температура повышается по сравнению с соседними районами на $10-15^{\circ}\text{C}$, благодаря этому резко континентальный сибирский климат здесь значительно мягче. Летом тепло не проникает на большую глубину, а сосредоточивается в поверхностном слое воды толщиной от 5 до 15 м, реже до 25 м. Благодаря перемешиванию воды в этом слое поддерживается одинаковая температура.

Задача. Сколько энергии отдает 1 л воды воздуху при остывании на 10°C ?

Ответ. 42 кДж.

8.28. У подножья второй по высоте вершины Пиренеев — Монте-Перидо, достигающей высоты 3356 метров и всего полсотни метров уступающей пику Ането, расположен цирк Гаварни. Со скальных стен Гаварни, вздымающихся на 500—600 метров над дном цирка, падают вниз целых двенадцать водопадов. Большинство из них уже метрах в ста от дна рассыпаются в мелкую водяную пыль, облаком висящую над цирком. Лишь воды самого высокого и мощного из «великолепной дюжины»

долетают до земли, преодолев прыжками 422 метра в свободном полете.

Вопрос. Как изменяется температура воды, если считать, что вся энергия пошла на нагревание воды?

Ответ. На 1°C .

8.29. Жара — это первое, что приходит на ум, когда говорят о пустыне. Температура в тени в пустыне достигает 50°C и более, почва при этом прогревается до $70—80^{\circ}\text{C}$. Для того чтобы запечь яйцо, не нужна сковородка: достаточно закопать его в горячий песок. Металл на солнце раскаляется так, что прикосновение к нему вызывает сильные ожоги.

Вопрос. До какой температуры нагревается стальной лист массой 1 кг, если при нагревании он поглощает 100 000 Дж энергии? Начальная температура воздуха 50°C .

Ответ. 250°C .

8.30. Высокая температура воздуха, интенсивная солнечная радиация, сильные ветры, отсутствие водных источников создают крайне неблагоприятные условия для автономного существования человека в пустыне. Известно, что в пустыне организм человека получает извне огромное количество тепла — более 300 ккал/час. Оно поступает со всех сторон: с потоком солнечных лучей, от пылающего жаром песка и знойного ветра.

Вопрос. На сколько градусов нагреется песок массой 1 т в течение часа, если за это время он поглощает 3318 ккал энергии? Удельная теплоемкость песка $0,79$ кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$).

Ответ. На 1°C .

8.31. Физические параметры, характеризующие организм человека, приведены в таблице на следующей странице.

Удельная теплоемкость крови	3900 Дж/(кг К)
Удельная теплоемкость тела человека	3350 Дж/(кг К)
Теплопроводность мышечной ткани	0,5 Вт/(м К)
Теплопроводность кожи (верхний слой)	0,25 Вт/(м К)
Теплопроводность воды (для сравнения)	0,59 Вт/(м К)
Количество теплоты, получаемое организмом в сутки	10050—10900 кДж
Тепловые потери в окружающую среду	
— теплопроводностью и конвекцией	2260 кДж
— излучением	3390 кДж
— испарением	1880 кДж
Работа, выполняемая человеком	2510—3350 кДж

Задание. Составьте задачи по этим значениям.

35. ЭНЕРГИЯ ТОПЛИВА

8.32. Японская автомобильная фирма «Мазда» еще в первой половине 90-х годов сконструировала и испытала первый в мире автомобиль с водородным двигателем. Он может преодолевать без дозаправки 230 км и развивать скорость до 170 км/час. Автомобиль снабжен не обычным, а роторным двигателем мощностью в 130 л. с. В 1996 году автомобиль на водородных топливных элементах выпустил германский автомобильный концерн «Даймлер-Бенц».

Задача. В чем преимущество водорода по сравнению с остальными видами топлива?

Ответ. Удельная теплота сгорания водорода в несколько раз выше, чем у обычных углеводородов

и горючих веществ. При сгорании водорода не выделяются вредные вещества.

8.33. Оказаться в тайге без сухих спичек или без зажигалки рискованно. Но, если их все-таки нет, опытный путешественник сумеет раздобыть огонь одним из самых древних способов, например, высекая искры ударами обуха топора по кремнию или твердому камню. Может пригодиться и опыт далеких предков, которые получали огонь трением, быстро вращая деревянную палочку в углублении на сухой дощечке или бревне. В солнечный день придет на выручку увеличительное стекло, в качестве которого можно использовать объектив фотоаппарата или два сложенных вместе стекла от часов, между которыми налита вода.

Вопрос. Какие превращения энергии происходят при добыче огня с помощью топора и камня; с помощью быстро вращающейся палочки?

Ответ. Механическая энергия превращается во внутреннюю энергию.

8.34. При розжиге костра прежде всего необходимо убедиться, что не возникнет пожар. В сухом хвойном лесу следует разводить костер подальше от деревьев, особенно от низко нависающих ветвей елей и пихт. Весной на полянах надо опасаться разжигать костер среди прошлогодней сухой травы. Летом стоит обратить внимание на мох, лишайник и торф под ногами. Огонь, ушедший под землю, затушить чрезвычайно трудно, он способен неделями таиться в сухом торфе на глубине. Рекомендуется сначала расчистить землю от горючего материала, принести несколько камней и обложить ими место для будущего костра, а уходя, затушить огонь и тлеющие угли.

Вопрос. Какая энергия выделяется при горении 1 кг соломы и торфа?

Ответ. 14300 кДж; 15100 кДж.

8.35. Для обогрева временного убежища в Арктике, для приготовления пищи, таяния снега и кипячения воды используют самые различные средства: стеариновые свечи и таблетки сухого спирта, жир добытых на охоте тюленей, моржей, белых медведей, карликовые деревца, торфяной дерн, сухую траву, плавник (выброшенные на берег стволы и крупные ветви деревьев). Торфяной дерн предварительно нарезают брикетами и подсушивают, а сухую траву обязательно связывают в пучки.

Вопрос. Во сколько раз при горении торфа выделяется больше тепла, чем при горении сухой травы такой же массы?

Ответ. Примерно одинаково, так как удельная теплота сгорания торфа равна 14 МДж/кг, а у сухой травы 14,3 МДж/кг.

8.36. Среди необычных растений выделяется неопалимая купина. Поднесите к ней горящую спичку, и куст вспыхнет ярким пламенем. Вспыхнет и тут же погаснет. Зеленые листья при этом остаются не тронутыми огнем. Секрет «неопалимой» давно раскрыт — это эфирноносное растение. Листья его выделяют летучие вещества, которые вспыхивают и горят, словно порох. А если вы прикоснетесь к этим листьям голой рукой, то мелкие эфирные капельки обожгут кожу. Горящее и несгорающее растение, конечно же, почиталось как чудесное, священное. Недаром о неопалимом кустарнике рассказывает Библия.

Задача. Объясните, почему при горении эфирных веществ листва неопалимой купины не подвергается

термическим ожогам? Рассчитайте, сколько энергии выделяется при горении 1 г эфира?

Ответ. 200 кДж.

8.37. Удельная теплота сгорания пищевых продуктов.

Продукт	Удельная теплота сгорания, Дж/кг
Хлеб ржаной	8880
Говядина	7524
Кефир	2700
Молоко	2800
Сельдь полярная	12 900

Вопрос. Энергетические траты человеческого организма при умеренной физической работе составляют 3000 ккал. Составьте примерный рацион на день из вышеуказанных продуктов.

8.38. Приспособительные реакции организма выражаются прежде всего в сокращении энергозатрат, снижении интенсивности обмена веществ. При этом ведущими становятся процессы окисления. Пульс и дыхание становятся реже, понижается кровяное давление. Лишенный поступающего извне «топлива», организм после соответствующей перестройки начинает расходовать свои внутренние тканевые запасы. Они довольно внушительны. Так, человек массой 70 кг имеет около 15 кг жировой клетчатки — 141 тыс. ккал, 6 кг мышечного белка — 24 тыс. ккал, 0,15 кг гликогена мышц — 699 ккал, 0,075 кг гликогена печени — 300 ккал. Таким образом, организм располагает энергетическими резервами — примерно 165 900 ккал. По данным физиологов, можно израсходовать 40—45% этих резервов, прежде чем наступит гибель организма.

Вопрос. На сколько дней хватит тканевых запасов, если принять, что суточные энергозатраты 7540 кДж?

Ответ. В среднем на 36 дней.

8.39. В соответствии с общепринятыми гигиеническими нормами человеку требуется ежедневно 80—100 г белков, 400—500 г углеводов, 80—100 г жиров, 20 г хлористого натрия, 0,1 г витаминов (без холина), 0,5—1 г холина. Калорийность рациона должна покрывать энергетические траты организма, составляющие при умеренной физической работе примерно 3000—3500 ккал.

Вопрос. Какая энергия в Дж необходима ежедневно человеческому организму?

Ответ. 12 570—14 665 кДж.

36. СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

8.40. Большинство северных рек России, Аляски, Канады, особенно таких, которые текут с юга на север, ломают лед в разгар половодья, при «большой воде». В верховьях лед уже тронулся, а в низовьях еще стоит. Льдины, которые приносит течение, упираются в неподвижный ледяной покров и нагромождаются одна на другую; тогда происходит затор. В заторе может скопиться огромное количество льда — до 200 млн. м³, а вода перед затором иногда поднимается на 5—10 м, что часто превышает уровень реки при половодье.

Вопрос. О каких состояниях вещества идет речь?

Ответ. О твердом и жидком.

8.41. В зимнем лесу ветви деревьев часто украшены белой бахромой — изморозью. Часто кристал-

лическую изморозь в художественной литературе называют инеем. Кристаллы изморози по форме очень похожи на снежинки. В отличие от инея изморозь осаждается в основном на нитевидные предметы (ветви деревьев, провода и т. д.). Изморозь образуется двумя путями. Первый — сублимация водяного пара, переход его из газообразного состояния в твердое с образованием ледяных кристаллов. При этом возникает так называемая кристаллическая изморозь. Вторым путем — замерзание капель переохлажденного тумана на каком-либо предмете — так появляется зернистая изморозь.

Вопрос. О каком состоянии вещества идет речь?

Ответ. О твердом, жидком и газообразном.

Задачи с техническим содержанием

8.42. При ударе кусок некоторого твердого тела разбивается на части, представляющие собой прямоугольные параллелепипеды или кубики различных размеров. Какое это вещество: кристаллическое или аморфное?

Ответ. Кристаллическое.

8.43. Резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов имеют клапаны для выхода газов. Откуда в резервуарах появляются газы?

Ответ. Испаряются с поверхности жидкости.

8.44. Поршень отливают из алюминия. Одинакова ли внутренняя энергия алюминия в жидком и твердом состояниях, если в том и другом случае температура вещества 660°C ?

Ответ. В жидком состоянии внутренняя энергия больше.

8.45. Углекислотные огнетушители заряжают сжиженным углекислым газом. Почему при действии ог-

нетушителя из него выходит не струя жидкости, а «углекислый снег» — плотное беловатое облако газа? На чем основано тушение пожара таким огнетушителем?

Ответ. При испарении сжиженного углекислого газа энергия поглощается, пары газа и водяные пары, содержащиеся в воздухе, образуют кристаллики «снега». Углекислый газ понижает температуру и препятствует доступу кислорода в зону горения.

8.46. Что произойдет, если космонавт, выйдя из корабля в открытый космос, откроет сосуд с водой?

Ответ. При малом давлении вода начнет кипеть и быстро испаряться, при этом жидкость охлаждается и затвердевает. Процесс испарения будет продолжаться, но более медленно.

37. ПЛАВЛЕНИЕ И ОТВЕРДЕВАНИЕ

8.47. В некоторых реках при быстром течении за счет интенсивности перемешивания воды происходит переохлаждение отдельных участков дна. При этом переохлажденный участок дна покрывается льдом внутриводного и отчасти поверхностного происхождения. Иногда донный лед занимает значительную часть сечения реки. Тогда река может выйти из берегов и становится возможным наводнение.

Вопрос. Чему равна температура в местах образования льда?

Ответ. Температура в этих точках должна быть равна или меньше температуры отвердевания льда, то есть 0°C .

8.48. Для постройки небольших хижин эскимосы Северной Америки заготавливают около 60 снежных кирпичей размером $60 \times 60 \times 20$ см³. При кладке

кирпичи скрепляются водой. Вход в хижину ориентируется под углом 90 градусов к направлению господствующих ветров. При горении жировых светильников температура в хижине поддерживается около 2 градусов. Если же в хижине развести очаг и стены покрыть шкурами животных или тентом, температура в ней на высоте 1,5 м над полом может подняться до 25 градусов.

Задача. Что происходит с водой и кирпичами при кладке? Почему при покрытии стен шкурами температура в хижине повышается? Рассчитайте массу одного снежного кирпича. Сколько дров нужно сжечь, чтобы полностью растопить снежные кирпичи, из которых сделана хижина?

Ответ. Вода между кирпичами замерзает и становится монолитом. После того как хижину накроют шкурами, температура в ней повысится из-за внутреннего источника тепла, а шкуры будут теплоизоляторами, препятствующими теплообмену с окружающей средой. Масса одного кирпича равна 64,8 кг. Для того чтобы растопить один кирпич, необходимо 22 МДж энергии (без учета потерь, при условии, что начальная температура кирпича равна 0°C) — для этого потребуется 2,2 кг дров. Для 60 кирпичей необходимы 132 кг дров.

8.49. Арктика и Антарктика — это не только своеобразные «фабрики льда», но и «кухни погоды», которые влияют на погоду всего земного шара. При длительных антициклонах с незначительной облачностью или, что еще хуже, при полном отсутствии облачности в зимние полярные ночи здесь создаются наиболее благоприятные условия для выхолаживания почвы и приземного воздуха. Самая низкая температура воздуха у земной по-

верхности ($-88,3^{\circ}\text{C}$) наблюдалась в августе 1960 года на советской станции «Восток», которая находится в Антарктиде на высоте 3488 м.

Задача. Сколько спирта необходимо сжечь, чтобы лед, взятый при зафиксированной температуре массой 1 кг, превратить в воду с температурой 20°C ? Чтобы получить воду с температурой 100°C ?

Ответ. Примерно 610 кДж потребуется для получения воды, температура которой будет равна 20°C . 945 кДж потребуется для того, чтобы довести воду до кипения, то есть до температуры 100°C . (Потери тепла не учитывать.)

8.50. Высота места наблюдения над уровнем моря не является решающим условием сильного охлаждения приземного воздуха. Поэтому на ряде высокогорных станций в низких широтах минимальные температуры могут быть значительно выше минимальных температур для станций равнинных, но высокоширотных. Так, на леднике Северцова в Кашкадарьинской области (высота 2780 м) температура воздуха не опускается ниже -26°C , а на станции Казбеги на Кавказе (высота 3659 м) абсолютный минимум температуры составляет лишь -35°C .

Вопрос. Можно ли на этих высотах пользоваться ртутным термометром?

Ответ. Да, так как температура отвердевания ртути равна -39°C .

8.51. В Канаде при самых низких температурах от движения человека в воздухе образуется и сохраняется в течение 3—4 минут кристаллический след протяженностью от 100 до 400 м. (Подобное явление, но с большей протяженностью и длительностью существования кристаллического следа, можно наблюдать в любой местности при полетах самолетов

на больших высотах. Летчики такой след называют инверсионным.) В течение нескольких дней в Канаде при наиболее холодной погоде на уровне верхушек деревьев в воздухе могут сохраняться следы тумана над местами стоянок собачьих упряжек. Испарение снега в этих условиях происходит со скоростью около 12—14 мм в день.

Задание. Объясните данные явления.

8.52. В зимнее время года для получения в пустынных районах пресной воды соленую воду опресняют. Для этого заполняют флягу соленой водой и, дав ей замерзнуть на $\frac{2}{3}$, остаток рассола сливают. Если образовавшийся лед сохраняет соленый вкус, его надо растопить и заморозить заново. Обычно повторное замораживание приводит к успеху.

Вопрос. Всегда ли можно использовать этот способ опреснения воды?

Ответ. Нет. Только в холодное время года, когда температура воздуха опускается ниже 0°C . При этой температуре происходит кристаллизация воды.

8.53. Обычно толщина льда на реках зависит от того, насколько сильны зимние морозы. В низовьях Волги, Дона и Днепра она достигает 0,5 м, на реках средней полосы Европейской России — 1 м, а на сибирских реках превышает 1,5 м. Общий объем воды льда в бассейнах рек Оби, Енисея и Лены к концу зимы может составлять 10 км^3 (т. е. около 2% от их годового стока).

Задача. Вода в проруби, пробитой далеко от берега, находится на глубине 10 см. Какова толщина льда на озере?

Ответ. 1 м.

8.54. Температура плавления крови равна $-0,57^{\circ}\text{C}$. Известно, что в течение суток температура тела колеблется в пределах $0,5-0,7^{\circ}\text{C}$. Максимальная температура наблюдается в 16—18 часов, минимальная — в 3—4 часа. Плотность крови при 20°C равна 1050 кг/м^3 .

Вопрос. Почему необходимо оберегать кожный покров от переохлаждения?

Ответ. При температуре ниже температуры плавления крови происходит ее отвердевание, а это повлечет за собой необратимые процессы в организме.

38. ИСПАРЕНИЕ. КИПЕНИЕ. КОНДЕНСАЦИЯ

8.55. У зайца большие уши, но совсем не для того, чтобы подслушать. А для того, чтобы ими... потеть. Сидит в летний зной заяц под кустом, и ему совсем пить не хочется. Лишнее тепло улетучивается через тонкие горячие заячьи уши с большим количеством кровеносных сосудов. Каждый квадратный сантиметр уха излучает до 10 калорий тепла в час. В жару заячьи уши отводят треть тепла, образуящегося при обмене веществ.

Задача. Сколько энергии излучают заячьи уши за 1 сутки с квадратного сантиметра?

Ответ. Примерно 1 кДж энергии.

8.56. У слона в коже нет ни одной потовой железы. А так и перегреться на жаре, да еще работая, можно. Но водоем у слона всегда «под рукой», то есть под хоботом. Набирает слон слюны изо рта хоботом и размазывает по телу. Сразу облегчение чувствуется — ведь слюна хорошо испаряется.

Задача. Почему испаряющаяся слюна помогает слону в жару от перегрева?

Ответ. При испарении жидкости внутренняя энергия тела уменьшается, следовательно, уменьшается и температура тела.

8.57. Шерсть у собак очень теплая, а потовых желез в коже практически нет (есть только на пальцах лап). Собаки никогда не потеют. Летом им становится особенно жарко. Чтобы охладить себя, собака широко раскрывает рот и высовывает язык. Слюна на языке, челюстях и нёбе начинает интенсивно испаряться, и температура тела понижается до нормальной.

Задача. Почему температура тела собаки понижается?

Ответ. При испарении влаги с поверхности носа и языка собаки внутренняя энергия организма уменьшается, уменьшается температура организма.

8.58. Особую опасность для океана представляет нефтяное загрязнение. В результате утечки нефти при ее добыче, транспортировке и переработке в Мировой океан ежегодно попадает (по разным источникам) от 3 до 10 млн. тонн нефти и нефтепродуктов. Космические снимки показывают, что уже около 1/3 всей его поверхности покрыто маслянистой пленкой.

Вопрос. Какой вред приносит маслянистая пленка на поверхности морей, океанов, озер?

Ответ. Маслянистая пленка снижает испарение, угнетает развитие планктона, ограничивает взаимодействие океана с атмосферой.

8.59. При испарении тепло теряется с поверхности тела в процессе превращения воды в водяной пар. На испарение 1 мл воды затрачивается 2,45 кДж тепла. Вода непрерывно теряется путем испарения через кожу и в легких с выдыхаемым воздухом.

Эта неощутимая потеря воды не регулируется, а между тем она служит лимитирующим фактором для распространения многих видов растений и животных.

Задача. Через кожу человеческий организм выделяет около 0,5 кг воды в сутки. Какую энергию при этом человек теряет?

Ответ. 1,15 МДж.

8.60. В пустынях температура земной поверхности может повышаться до 70—80°C днем и падать до 4°C к концу ночи. В этих условиях большинство ящериц ищет убежище, спасаясь в норах или под камнями. Это поведение и определенные физиологические реакции ярко выражены у ящериц, обитающих в пустынях юго-востока США и Мексики. Помимо того, что эта ящерица может зарываться в землю, она способна менять положение тела и его окраску, а когда температура становится высокой, может также уменьшить поверхность тела, втягивать ребра.

Задача. Объясните поведение ящериц в условиях пустыни.

Ответ. Изменяя окраску и объем тела, ящерица уменьшает поглощение энергии.

8.61. К числу реакций ящериц на высокую температуру относится тепловая одышка, а также выпячивание глаз.

Задача. Почему таким способом ящерица стабилизирует температуру тела?

Ответ. Выпячивая глаза и выдыхая влажный воздух, она уменьшает температуру тела. Связано это с испарением воды с поверхности глаз и языка ящерицы.

8.62. Через поры выполняющего обычную работу взрослого человека обычно испаряется 0,7 л пота в

день. Это препятствует повышению температуры тела и способствует эвакуации отработанных веществ. Для сравнения: жители тропических стран «испускают» четыре литра в день. За всю свою жизнь мужчина выделяет 18 тысяч литров пота, а женщина — 20 тысяч.

Задача. Определите энергию, которая требуется для испарения пота у обычного человека и жителя тропиков.

Ответ. 1,6 МДж теряет обычный человек, 9,2 МДж энергии необходимо, чтобы испарить 4 кг воды жителям тропических стран.

8.63. Человек в сутки может выделять 0,5—12 л пота, который содержит 98—99% воды, 0,1% мочевины, мочевую, молочную, пировиноградную, лимонную кислоты, аммиак, креатин, серин, жиры, летучие жирные кислоты, холестерин, ароматические оксиды, кислоты, ацетон, минеральные соли.

Задача. Оцените, какую энергию при этом теряет человек?

Ответ. 1,15 Мдж — 23 Мдж.

8.64. Кожа — самый тяжелый орган человеческого тела. Кожа взрослого человека весит в среднем 2,7 кг. Через кожу в организм поступает около 2% потребляемого кислорода. Человеческий организм выделяет через кожу в обычных условиях около 500 см³ воды в сутки. Твердых веществ при этом выделяется около 10 г.

Задача. Какая энергия необходима, чтобы испарить с поверхности тела 500 см³ воды?

Ответ. Примерно 1,3 Мдж энергии, с учетом, что нормальная температура человека 36,6°C.

8.65. Вблизи Феодосии в Крыму до 1912 года действовала несложная установка для получения влаги из

воздуха. Она состояла из нескольких куч камней (объем каждой из них составлял около 290 м^3), расположенных на водоупорном скальном основании. Возникавшая в каменных кучах за счет капиллярной конденсации вода отводилась по гончарным трубам в Феодосию, где питала небольшие фонтаны. Установка давала до 350 литров питьевой воды в сутки. Остатки устройств и приспособлений для получения влаги из воздуха найдены также в Сахаре, в горных районах Италии, в Тувинской республике, в Каракумах и на восточном побережье Каспия.

Задача. Предложите устройства для получения влаги в засушливых районах.

Ответ. Можно использовать солнечные конденсаторы, утреннюю росу и др.

8.66. Особенным постоянством и стабильностью отличается микроклимат нижнего яруса тропического леса. Классическую картину его дает ботаник А. Уоллес: «Вверху над лесом стоит как бы туман. Воздух влажный, теплый, трудно дышать, как в бане, в парном отделении. Это не палящая жара тропической пустыни. Температура воздуха 26°C , самое большое — 30°C . Нет освежающего ветерка. Томительный зной не спадает в течение всей ночи, не давая человеку отдыха».

Задача. Почему в тропическом лесу человек чувствует себя неуютно?

Ответ. Из-за большой влажности ухудшается терморегуляция организма, так как замедляется процесс испарения.

8.67. В пустынях иногда встречаются небольшие озера, впадины, заполненные водой, имеющий соленый или мыльный вкус. Для питья она непригодна.

Содержащиеся в ней неорганические соли и другие примеси вызывают острые кишечные заболевания. Такую воду можно использовать только для смачивания одежды. Этот несложный способ значительно снижает водопотери организма.

Задача. Почему смоченная одежда облегчает существование человека в условиях пустыни?

Ответ. Вода испаряется с поверхности одежды и охлаждает ее.

8.68. За последние годы для получения воды в условиях автономного существования в пустыне были созданы так называемые солнечные конденсаторы. Основой их конструкции является тонкая пленка из прозрачного, гидрофобного (водоотталкивающего) пластика. Ею прикрывается яма диаметром около метра, вырытая в грунте на глубине 50—60 см. Края пленки для создания большей герметичности присыпают песком или землей. Пленке придают конусообразную форму, положив в центр ее небольшой грузик, чтобы капли воды стекали в водосборник. За сутки такое устройство может дать до 1,5 л воды.

Задача. Какая энергия выделяется и поглощается при конденсации и испарении 1,5 л воды?

Ответ. 3,45 МДж.

8.69. В пустынях и горных местностях Центральной Азии на обочине караванной дороги, на горных перевалах можно увидеть высокую груду камней с торчащими в разные стороны сухими ветками, к которым привязаны пестрые тряпочки, ленты, бараньи кости. Это священный знак обо. Нередко вблизи него находится источник воды. Облегчить положение в каменистых пустынях помогает роса,

обильно выпадающая в утренние часы. Если сложить гальку, камни грудой, то с их поверхности можно к утру собрать немного воды.

Задача. Почему вода появляется на камнях? Сколько энергии выделяется при конденсации 100 г воды?

Ответ. Вода конденсируется. 0,23 МДж.

8.70. Океаны поставляют большую часть (приблизительно 86%) влаги в атмосферу. Лишь 14% водяных паров образуется за счет испарения с поверхности суши. С поверхности соленого Мирового океана испаряется пресная вода. Таким образом, океан можно считать колоссальной фабрикой пресной воды, без которой была бы невозможна жизнь на Земле.

Вопрос. Какая энергия расходуется на испарение 1 т воды с поверхности океана? Какая энергия выделяется при конденсации 1 т воды?

Ответ. 2,3 ГДж.

8.71. Из-за низкого давления вода закипает в горах при температуре 70—80°C, а значит, приготовить пищу на большой высоте — проблема. Все варится довольно долго, поэтому незаменимой посудой становится специальная кастрюля-скороварка. Чай и кофе не настаиваются до обычной крепости и поэтому не столь вкусны и ароматны.

Вопрос. Сколько энергии потребуется, чтобы вскипятить воду массой 2 кг, если температура кипения в высокогорье 80°C? Какое количество дров на это потребуется, если 20% энергии идет на нагревание воды? Начальная температура воды 10°C.

Ответ. 588 кДж; 0,3 кг.

39. РАБОТА ГАЗА ПРИ РАСШИРЕНИИ. ДВС

8.72. Когда мы делаем вдох, объем легких увеличивается и в них поступает воздух из атмосферы. Так как альвеолы (микроскопические мешочки, окончания бронхиол) — наиболее эластичная часть легкого, практически все изменения объема легких при вдохе и выдохе происходят за счет соответствующих изменений объема альвеол. При вдохе альвеолы расширяются, а при выдохе сжимаются. Около 15 000 раз в день мы растягиваем альвеолы наших легких, совершая при этом механическую работу, составляющую от 2 до 25% всех наших энергетических затрат.

Вопрос. Какую работу мы совершаем при дыхании?

Ответ. Так как работа, выполняемая человеком, не имеющим большой физической нагрузки, в среднем равна 3000 кДж, то 25% от этой работы идет на расширение альвеол. Это соответствует 750 кДж.

8.73. У мужчины среднего роста и веса суточная потребность в энергии для поддержания основного обмена составляет около 8000 кДж. Точное количество энергии, необходимое каждому индивидууму, зависит от его веса, возраста и пола и у мужчин несколько больше, чем у женщин.

Вопрос. Куда расходуется эта энергия?

Ответ. На работу, которую человек выполняет в течение суток, идет примерно 30—40% энергии — 2400—3200 кДж, на тепловые потери в окружающую среду теплопроводностью и конвекцией идет примерно 20% энергии — 2000 кДж, на излучение — 30—40% — 2400—3200 кДж, на испарение — 18% — 1500 кДж.

Задание. Составьте задачу по этим данным.

40. КПД ТЕПЛООВОГО ДВИГАТЕЛЯ

8.74. В организме человека насчитывается около 600 различных мышц; если бы все мышцы человека напряглись, они бы вызвали давление, равное приблизительно 25 т. Считается, что при нормальных условиях работы человек может развивать мощность 70—80 Вт, однако возможна моментальная отдача энергии в таких видах спорта, как толкание ядра или прыжки в высоту. Наблюдения показали, что при прыжках в высоту с одновременным отталкиванием обеими ногами некоторые мужчины развивают в течение 0,1 с среднюю мощность около 3700 Вт, а женщины — 2600 Вт.

Задача. Коэффициент полезного действия мышц человека равен 20%. Что это означает? Какую часть энергии мышцы тратят впустую?

Ответ. Это означает, что лишь $1/5$ часть энергии мышцы тратят на полезную работу, а $4/5$ энергии тратится впустую.

41. СВОЙСТВА ГАЗОВ, ЖИДКОСТЕЙ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Свойства газов

8.75. В Швейцарии за счет росы почва получает в среднем на 10% больше влаги, чем за счет дождя, поскольку роса выпадает здесь чаще и на более значительной территории, чем дождь. В Калифорнии с июня по сентябрь, когда нет дождей, почва получает влагу только за счет росы. В районе Гибралтара конденсационная влага собирается и стекает в особые резервуары — «пруды росы». Подобного типа пруды существуют и в некоторых районах Англии.

Задача. Сколько граммов выпадает в качестве росы из 1 м^3 воздуха при понижении температуры с 20°C до 10°C , если первоначально влажность составляла 80%?

Ответ. 4,44 г.

8.76. Воздух пустынь сух, влажность его в дневное время колеблется в пределах от 5 до 20%, повышаясь ночью до 20—60%. Более благоприятны климатические условия пустынь, расположенных в прибрежной зоне Атлантического океана, Персидского залива, где климат несколько смягчается их влиянием. Здесь наблюдается более высокая влажность воздуха, до 80—90%, размахи суточной температуры меньше, периодически выпадают росы и туманы.

Задача. Если температура воздуха 30°C , при какой температуре выпадет роса в этих районах?

Ответ. При влажности воздуха 5% температура должна понизиться до -13°C , при влажности 25% до -4°C , при 60% до -21°C , при 80% до -26°C , при 90% до -28°C .

8.77. Очень важно правильно хранить урожай осенью и зимой. Оптимальная температура хранения плодов арбузов и дынь $+1$, $+3^\circ\text{C}$, тыквы $+10^\circ\text{C}$ при относительной влажности воздуха для арбузов и дынь 80%, для тыквы — около 70%. Тыква и кормовой арбуз могут сохраняться до нового урожая. Столовые арбузы хранятся не более 3—4 месяцев.

Вопрос. А что будет происходить, если повысить влажность воздуха? Понизить влажность воздуха?

Ответ. С увеличением влажности воздуха начнутся процессы гниения, при понижении влажности воздуха продукты будут усыхать.

8.78. Тропические и экваториальные леса называются влажными. Одно из незабываемых и малоприятных впечатлений, которые оставляют джунгли у европейца, связано с невыносимой духотой, царящей под пологом тропического леса. Когда влажность достигает 80—90%, легко перегреться даже при 30°C. Наступает ночь, но она не приносит долгожданной прохлады: колебания температуры обычно настолько малы, что их можно не заметить. Туманы окутывают джунгли днем и ночью. Постоянно гниющие растительные остатки выделяют в воздух огромное количество углекислого газа и создают у людей ощущение легкого удушья.

Вопрос. Почему в тропиках очень часто наблюдаются туманы?

Ответ. Влажность воздуха близка к 100 %, поэтому понижение температуры на небольшое значение приводит к конденсации влаги.

Свойства жидкостей

8.79. В начале V тыс. до н. э. в районе Двуречья керамических сосудов еще не существовало. Для хранения воды использовались вырытые в земле и обмазанные внутри глиной ямы, а чтобы глина не пропускала воду, внутри разводили костер. Позже появилась грубая глиняная посуда. Но развитие керамики было связано с появлением гончарного круга и печи для обжига. С этого же времени керамическая посуда начала расписываться.

Вопрос. Для каких целей ямы, вырытые в земле, обжигали изнутри?

Ответ. При обжиге разрушаются капилляры.

8.80. Каждый бронх заканчивается микроскопическими мешочками (альвеолами), окруженными густой сетью кровеносных сосудов. Альвеолы, которых у взрослого человека насчитывается около 300 миллионов, представляют собой пузырьки, наполненные воздухом. Средний диаметр альвеол — примерно 0,1 мм, а толщина их стенок — 0,4 мкм. Общая поверхность альвеол в легких человека составляет около 90 м².

Задача. Определите энергию поверхностного натяжения для одной альвеолы. Оцените силы поверхностного натяжения, действующие в легких человека.

Ответ. 0,57 мкДж; 23 мкН.

8.81. Стволы деревьев, ветви растений пронизаны огромным числом капиллярных трубочек, по которым питательные вещества поднимаются до самых верхних листочков. Корневая система растений, в свою очередь, оканчивается тончайшими капиллярами.

Задача. Какие размеры должны иметь капилляры, чтобы поднять воду на высоту 30 м, высоту средней сосны? Какую работу при этом совершают силы поверхностного натяжения?

Ответ. Примерно 49 мкм; 55 мкДж.

8.82. У широко распространенного в Европе водяного паука, обитающего в стоячих или слабо проточных водах, поверхность брюшка не смачивается водой. Уходя в глубину, он уносит с собой приставшую к брюшку воздушную оболочку, которая придает ему запас плавучести, помогает возвращению на поверхность.

Вопрос. Как объяснить смачивание (несмачивание) жидкостью твердого тела?

Ответ. Смачивание жидкостью твердого тела объясняется тем, что сцепление между молекулами жидкости и твердого тела сильнее, чем притяжение между частицами жидкости. Если жидкость не смачивает твердое тело, взаимное притяжение молекул между собой больше, чем притяжение их к молекулам твердого тела.

Свойства твердых тел

8.83. На берегу Северного пролива, на северо-востоке острова Ирландия, поднимаются невысокие горы Антрим. Они сложены черными базальтами — следами деятельности древних вулканов, высившихся вдоль гигантского разлома, отделившего 60 миллионов лет назад Ирландию от Великобритании. Покровы черных лав, излившихся из этих кратеров, образовали прибрежные горы на Ирландском побережье и на Гебридских островах, по ту сторону Северного пролива. Удивительная порода — этот базальт. Жидкая, легко текучая в расплавленном виде (по склонам вулканов базальтовые потоки несутся порой со скоростью до 50 км/ч), она при остывании и затвердевании трескается, образуя правильные шестигранные призмы. Издали базальтовые обрывы напоминают огромные органы с сотнями черных труб. А когда поток лавы стекает в воду, возникают иной раз такие причудливые образования, что трудно не поверить в их волшебное происхождение. Именно такую штуку природы можно наблюдать у подножья Антрима. От вулканического массива отделяется здесь своеобразная «дорога в никуда». Дамба возвышается над морем на шесть метров и

состоит примерно из 40 000 базальтовых колонн. Она похожа на недостроенный мост через пролив, задуманная каким-то сказочным великаном, и носит название «Мостовая гигантов».

Задача. О каких свойствах кристаллических тел и жидкостей идет речь? Какие отличия между кристаллическими твердыми телами и жидкостями вы знаете?

Ответ. Правильная геометрическая форма является существенным внешним признаком любого кристалла в природных условиях.

8.84. Первый алмаз в Южной Африке нашел в 1869 году мальчик-пастух. Через год здесь был основан город Кимберли, по названию которого коренная алмазоносная порода стала называться кимберлитом. Содержание алмазов в кимберлитах очень низкое — не более чем 0,0000073 %, что эквивалентно 0,2 г или 1 карату на каждые 3 т кимберлитов. Ныне одна из достопримечательностей Кимберли — огромный котлован глубиной в 400 м, вырытый добытчиками алмазов.

Задача. Где применяются ценные свойства алмазов?

Ответ. Алмаз — одна из нескольких форм существования углерода в природе. Это один из самых твердых кристаллов в природе. Алмазы используются как драгоценные камни, в качестве абразивов, материала для резцов.

8.85. До появления керамики древние египтяне использовали камень. Ритуальные культовые сосуды, вазы имели те же формы, что и изделия, употреблявшиеся в быту. Египтяне ценили камень за его прочность, твердость. Эти свойства камня соответствовали желанию египтян сохранить

предметы, сопровождавшие покойного в загробный мир. Они использовали такие породы, как гранит, базальт, диорит, которые употреблялись для изготовления больших культовых сосудов, ваз, кувшинов. Изделия, применяемые в быту, делали из более мягких пород камня. Поверхность сосудов шлифовали, в результате она становилась глянцевой. Изделия из камня почти не декорировали, художественным оформлением служила сама фактура этого материала.

Вопрос. Что понимается под прочностью и твердостью?

Ответ. Под прочностью понимают способность материала сопротивляться разрушению и остаточной деформации, возникающим в результате внешних воздействий.

8.86. Примерно 500 лет тому назад в шахтах английского города Камберленд нашли графит. Он послужил основой для первых примитивных карандашей. В 1760 году в немецком городе Нюрнберге начали изготовление карандашей, используя графитовый порошок. При производстве карандашей сухой порошок графита смешивают с водой и глиной. Чем больше глины, тем тверже карандаш, больше графита — мягче грифель. В век шариковых ручек и фломастеров карандаш не утратил своего значения. Более трехсот видов карандашей для различных направлений деятельности с 72 цветами, различной твердости, стойкости карандашного следа рождается сегодня в мире.

Задача. Как известно, алмаз и графит состоят из атомов углерода. Почему же так сильно различаются их физические свойства?

Ответ. Алмаз и графит — это аллотропные формы углерода. Алмаз — бесцветные кристаллы, атомы углерода образуют атомную кристаллическую решетку с прочными ковалентными σ -связями. Графит — слоистое кристаллическое вещество, жирное на ощупь. Атомы углерода образуют слои из шестичленных колец.

87. В Санкт-Петербурге находится поистине удивительный по своей красоте Исаакиевский собор. Огромные гранитные колонны высотой 30 метров украшают его.

Задача. На сколько сжата каждая колонна под действием собственной массы?

Ответ. На 0,24 мм.

88. Скорость, универсальность, комфорт не всегда главное для транспортного средства. В XIX веке возник, а в XX веке стал бурно развиваться тихоходный, незаметный, дешевый и грузоподъемный вид транспорта — трубопроводный. У трубопровода очень узкая специализация — перекачка жидких и газообразных грузов: нефтепродуктов, газа, воды и некоторых других грузов. Это определило географию его размещения. В четырех регионах: Северной Америке, России, Западной Европе и на Ближнем Востоке — сосредоточена большая часть нефте-, газо- и продуктопроводов (по ним перекачивают продукты переработки нефти). Среди них есть гиганты, которые достигают в длину несколько тысяч километров. Например, протяженность нефтепровода «Дружба», соединяющего Поволжье со странами Центральной и Западной Европы, в общей сложности более 4 тыс. км.

Задача. На сколько удлинился бы нефтепровод «Дружба» при сезонном повышении температуры от -20°C до $+20^{\circ}\text{C}$, если бы стальные трубы не были уложены в землю? Длина газопровода при 0°C равна 4 тыс. км.

Ответ. На 48 м.

8.89. В России первую железную дорогу с паровой тягой построил талантливый уральский мастер Мирон Ефимович Черепанов, которому помогал его отец Ефим Алексеевич. Паровоз Черепановых начал ходить в августе 1834 года в Нижнем Тагиле на Выйском заводе семьи Демидовых. По железной дороге длиной 854 м перевозили грузы массой до 3,3 т со скоростью 13—16 км/ч.

Задача. Как изменяется сезонная температура в Нижнем Тагиле, если при этом длина рельс увеличивается на 0,5 м? Длина рельс при 0°C равна 814 м.

Ответ. На 50°C .

8.90. В 1836—1838 году была построена Царскосельская железная дорога, которая при температуре 10°C имела длину 27 км. Эта дорога соединила Петербург с Царским Селом и Павловском. Важнейшая стройка того времени — двухколейная железная дорога Петербург — Москва, длиной 649,7 км. Большой вклад в строительство дороги внесли выдающиеся русские инженеры и ученые, в первую очередь П. П. Мельников, Н. О. Крафт, Н. И. Липин, Д. И. Журавский.

Задача. Какую длину имели бы стальные рельсы Царскосельской железной дороги при понижении температуры до -30°C ?

Ответ. 27001,2 м.

IX. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

42. СТРОЕНИЕ АТОМА. ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛ

9.1. Впервые электризация жидкости при дроблении была замечена у водопадов Швейцарии в 1786 году. С 1913 года явление получило название баллоэлектрического эффекта. Эффект электризации наблюдается не только у водопадов на открытой местности, но и в пещерах. Заряд воздуху у водопадов сообщают микроскопические капельки воды и молекулярные комплексы, которые при дроблении отрываются от водной поверхности и уносятся в окружающую среду. Наиболее значительный эффект электризации воздуха наблюдается у самых больших водопадов мира — у водопада Игуассу на границе Бразилии и Аргентины (высота падения воды 190 м, ширина потока 1500 м) и у водопада Виктория на реке Замбези в Африке (высота падения воды 133 м, ширина потока 1600 м). У водопада Виктория за счет дробления воды возникает электрическое поле напряженностью 25 кВ/м. При дроблении пресной воды в воздух переходит отрицательный заряд. Поэтому в воздухе у водопадов количество отрицательных ионов превышает количество положительных. У небольшого водопада Учан-Су в Крыму отношение отрицательных ионов к количеству положительных равно 6,2.

Задача. Будет ли наблюдаться движение заряженных ионов около водопада? Как они будут перемещаться? Определите силу, действующую на один ион.

Ответ. Отрицательные ионы будут перемещаться от водопада. $0,04 \times 10^{-13} \text{Н}$.

9.2. У берегов морей воздух приобретает положительный заряд вследствие того, что здесь происходит разбрызгивание не пресной, а соленой воды. На поверхности морей и океанов разбрызгивание воды начинается при скорости ветра более 10 м/с, когда на волнах появляются гребешки пены. Отношение положительных зарядов к отрицательным зарядам в воздухе над Черным и Азовским морем при бурном море достигает 2,04, при зыби — 1,48.

Вопрос. Объясните происхождение этих зарядов. Выполняется ли при этом явлении закон сохранения заряда?

Ответ. Возникновение зарядов связано с электризацией воды и воздуха. Закон сохранения выполняется.

9.3. Покоритель Джомолунгмы Н. Тенсинг в 1953 году в районе Южного Седла этой горной вершины на высоте 7,9 км над уровнем моря при температуре -30°C и сухом ветре до 25 м/с наблюдал сильную электризацию обледеневших брезентовых палаток, вставленных одна в другую. Пространство между палатками было наполнено многочисленными электрическими искрами.

Задача. Объясните причину электризации палаток. Почему наблюдались искры между ними?

Ответ. Причиной электризации палаток стало взаимодействие ветра с обледеневшим брезентом. При этом возникали искры, кратковременный электрический ток, возникающий между разноименно заряженными наэлектризованными телами.

В.4. Движение лавин в горах в безлунные ночи иногда сопровождается зеленовато-желтым свечением, благодаря чему лавины становятся видимыми. Обычно световые явления наблюдаются у лавин, которые движутся по снежной поверхности, и не наблюдаются у лавин, проносящихся по скалам. На озерах Антарктики во время полярной ночи иногда возникает свечение при разламывании крупных масс озерного льда.

Задача. Объясните причину этого свечения. Как называется такой разряд?

Ответ. При движении лавин возникает электризация, вызванная трением снежной лавины с ледяным покровом. Между наэлектризованными телами возникает кратковременный электрический разряд, который называется искровым разрядом.

В.5. Молния выбирает самый короткий путь к земле, поэтому попадает в здания или в деревья. Высокие здания оборудуют металлическими полосами (прутьями), по которым электрический разряд уходит в землю. Это громоотвод. Грозовой разряд идет на землю и обратно по одному и тому же пути. Это происходит с такой скоростью, что наш глаз видит только одну вспышку. На своем пути молния раскаляет воздух, который, быстро расширяясь, создает звуковую волну. Это вызывает громовые раскаты, гром. Раскаты грома и вспышка молнии происходят одновременно, но мы слышим раскаты грома после того, как увидим молнию. Это объясняется тем, что звук распространяется значительно медленнее, чем свет.

Задача. Разность потенциалов при возникновении молнии — до 4 ГВ, средняя длина молнии между облаком и землей — 2—3 км, а между двумя облаками — 15—20 км. Определите напряженность электрического поля в этих случаях, а также энергию электрического поля.

Ответ. Если расстояние между облаком и землей 2 км, то напряженность равна 2 МВ/м, при расстоянии 3 км — 1,3 МВ/м. Если расстояние между облаками 15 км, то напряженность равна 0,27 МВ/м, на расстоянии 20 км — 0,2 МВ/м. Энергия разряда равна 4×10^{10} Дж.

9.6. Какой африканской стране принадлежит «мрачный рекорд», связанный с «небесным электричеством»?

Ответ. В Зимбабве во время влажного сезона от ударов молнии погибает более 100 жителей.

9.7. В заливе Аляска лежит большой лесистый и гористый остров Кадьяк, отделенный от одноименного полуострова широким проливом Шелихова. 6 июня 1912 года, когда рыбаки и зверобои, как обычно в это время года, поглядывали на море, ожидая первого в сезоне судна, они неожиданно заметили на северо-западе огромную черную тучу и услышали необычайно громкие раскаты грома. Вскоре туча закрыло небо над островом, засверкали молнии, но с неба вместо дождя ... посыпался пепел! Пепельный дождь шел над островом двадцать пять часов подряд. Тьма окутала Кадьяк, и целых трое суток здесь было темно, как ночью. Молния угодила в антенну радиостанции, и островной поселок лишился связи с материком. Никто не понимал, что происходит.

Вопрос. Объясните образование молний в этом случае. Чем отличается обычная молния от выше описанной молнии?

43. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

9.8. В реках Западной Африки водится маленькая рыбка-убанги из семейства клюворылых. Она обитает в очень замутненных водах и не может ориентироваться с помощью зрения. Поэтому она использует принцип эхолокации, применяя при этом электрические импульсы, излучаемые с частотой от 200 до 800 Гц. Замечено, что частота испускания импульсов тем выше, чем лучше качество воды. Ученые задумываются, нельзя ли использовать эту особенность рыбы для контроля за качеством воды в реках.

Вопрос. Как ориентируется рыбка-убанги?

Ответ. Она воспринимает изменение конфигурации электрического поля.

9.9. Африканская рыба гимнархе посылает в окружающую среду электрические сигналы, продолжительность которых настолько точна и периодична, что может сравниться только с кварцевым осциллятором. Француз Андре Флорион в 25 раз усилил сигналы, которые издает рыба, обработал их с помощью несложного электронного устройства и получил оригинальные «рыбные» биоэлектрические часы. Они могут «ходить» 15 лет, надо лишь ежедневно кормить рыбку и очищать воду в аквариуме.

Вопрос. У основания хвоста рыбы гимнархе расположен излучатель электрических сигналов, посылающий 100 импульсов в минуту с амплитудой 4—6 В. Как

изменяется напряженность поля на расстоянии 2 м от рыбки?

Ответ. Уменьшается в два раза.

9.10. Оказывается, кость обладает пьезоэлектрическим эффектом, и поэтому ее деформация сопровождается возникновением электрического поля. При этом растягиваемая поверхность кости всегда заряжается положительно по отношению к сжимаемой кости. Если кость работает на изгиб, то вогнутая ее поверхность заряжается отрицательно, а выпуклая — положительно. Напряженность электрического поля при обычных нагрузках, как правило, не превышает $0,5 \text{ В / см}$.

Задача. Что называется пьезоэлектрическим эффектом? Какие виды пьезоэлектрического эффекта существуют? Рассчитайте, с какой силой электрическое поле будет действовать на электрон вблизи деформированной кости?

Ответ. Явление возникновения заряда на поверхности тела под действием деформации называется пьезоэлектрическим эффектом: Он был открыт в 1880 году братьями Пьером и Жаком Кюри. Существует прямой и обратный пьезоэффект. $800 \times 10^{-20} \text{ Н}$.

9.11. Электрические органы акул и скатов обладают чрезвычайно высокой (можно сказать, фантастически высокой!) чувствительностью: рыбы реагируют на электрические поля напряженностью $0,1 \text{ мкВ/см}$!

Задача. Определите разность потенциалов между двумя крайними точками чувствительного к электрическому полю органа акулы, если длина его равна 10 см ?

Ответ. 1 мкВ .

9.12. Акулы и скаты используют свои электрорецепторы при поисках добычи. Эти хищники способны обнаружить скрытую под слоем песка камбалу только по электрическим полям, генерируемым ее мышцами при дыхательных движениях. Скаты могут обнаружить крабов по их биопотенциалам, а сомы могут обнаружить даже электрические поля, создаваемые закопавшимися в землю червями.

Вопрос. Объясните, как ведут поиск добычи рыбы-хищники.

Ответ. Электрическое поле, которое генерируют электрорецепторы хищников, искажается при попадании в него посторонних предметов или живых организмов. Нервные окончания особого органа улавливают малейшие изменения этого поля.

9.13. Электрический скат или электрический угорь затрачивают при разрядах электрического органа заметную энергию, мощность их колеблется от 1 до 6 кВт, а время одного импульса 2—3 мс. В связи с этим они используют свои электрические органы сравнительно редко.

Задача. Определите энергию электрического разряда вышеуказанных рыб, а также силу тока при этом разряде и заряд, проходящий за 2 мс.

Ответ. При максимальной мощности энергия электрического разряда равна 12 Дж, заряд, проходящий во время разряда, — 0,01 Кл, сила тока — 5 А.

9.14. У электрического угря есть еще дополнительные электрические органы, которые применяются для ориентации и обнаружения добычи. У слабо электрических рыб, которые используют свои органы для ориентации, часто наблюдаются непрерывные разряды. Например, у рыбы гимнархе электрические органы постоянно работали с частотой 300 Гц.

Вопрос. Как ориентируется гимнархе в пространстве?

Ответ. Гимнархе реагирует на изменение электрического поля.

9.15. В Ниле водится рыба мормирус, или водяной слоник (с головы она напоминает слона). Эта рыба прекрасно «видит» в самой мутной воде, что помогает ей с большим успехом охотиться за другими обитателями водоемов. Более того, копаясь в иле, мормирус никогда не попадает врасплох, он всегда вовремя узнает о приближении врага, откуда бы тот ни появился, и успевает укрыться. Известно, что мормируса невозможно поймать сетью. Он чувствует, когда к аквариуму приближается человек. Чувствует поднесенный к нему магнит. В теле этой малоподвижной рыбы, недалеко от хвоста, имеется орган, который постоянно излучает в окружающую среду электрические импульсы. Вокруг рыбки образуется электрическое поле. Как только в нем появляется какой-нибудь предмет, поле изменяется, что тут же улавливается особым органом мормируса.

Задача. Как мы можем определить в пространстве электрическое поле, его потенциал и напряженность?

Ответ. По действию на электрический заряд.

9.16. Знаете ли вы, что наш мозг совершенно нечувствителен к боли? Его можно раздражать электрическим током, даже резать — человек не испытывает боли. Наверное, именно это обстоятельство позволило исследователям белых пятен мозга включить в свой арсенал такое средство, как вживленные электроды. Проще говоря, ученые стали использовать электричество.

Вопрос. Как ученые изучали мозг?

Ответ. Воздействуя на отдельные участки мозгового вещества электрическим раздражением с помощью тончайших электродов, они получили возможность узнавать, как работают, за что отвечают отдельные секции мозга.

44. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ИСТОЧНИКИ ТОКА

9.17. У мраморного ската, достигающего 1,5 метра длины, «аккумуляторные батареи» способны выдавать электрический разряд напряжением 70—80 В, с частотой 250—300 раз в секунду. Состоят батареи из ряда вертикальных мышечных призм, разделенных перегородками из соединительной ткани, и подходящих к ним головных нервов. С каждого бока «крепится» по батарее. А электрический заряд у угря способен зажечь более 200 неоновых ламп.

Вопрос. Какое напряжение может выдать электрический угорь, если неоновая лампочка зажигается при напряжении 4 В?

Ответ. 800 В.

9.18. Одиночная клетка обладает потенциалом покоя 60 мВ, а при возбуждении имеет амплитуду всего порядка 120 мВ. Между тем электрический угорь умеет создавать напряжение 800—900 В, а нильская щука и нильский сом — напряжение 200—350 В. Как говорилось, это обеспечивается последовательным соединением многих клеток.

Задача. Определите число клеток (источников напряжения) у электрического угря и нильской щуки, создающих напряжение, указанное выше.

Ответ. 7500 штук у электрического угря, 2920 штук у нильской щуки и нильского сома.

9.19. С 1971 года в некоторых клиниках стали успешно применять электрическое поле для лечения костных переломов у людей. Так как этот метод связан с вживлением под кожу специальных электродов, его применяют только тогда, когда обычное лечение (с фиксацией) не дает положительного эффекта в течение нескольких лет. Результаты электролечения превзошли все ожидания. У 84 % больных пропускание постоянного тока (10—20 мкА) через 3 месяца приводило к интенсивному срастанию кости в месте перелома.

Вопрос. Какой заряд проходил через кость за это время?

Ответ. 3,24—6,48 Кл.

45. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ. ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

9.20. Интересно наблюдать гальванотаксис амебы. Если через воду пропустить слабый электрический ток, амeba выпускает ложноножки только с той стороны, которая обращена к отрицательному полюсу — катоду.

Задача. Объясните поведение амeбы.

Ответ. Так амeba реагирует на электрическое поле.

9.21. Подняться на Ауян-Тепун (Венесуэла) снизу удалось только в 1956 году. При этом выяснилось немало интересного. Во-первых, гора оказалась своеобразным конденсатором влаги: дождей здесь выпадало 7500 мм в год, что в пять раз больше, чем у подножья. А кроме того, это район исключительно грозовой

активности. Летом грозы здесь случаются ежедневно, и на плато не осталось ни одного дерева, не покаленного молнией. Не зря индейцы считали туманную таинственную гору гиблым местом и дали ей такое выразительное название. Ауян-Тепуи на их языке — Гора Дьявола.

Вопрос. Что бы вы сделали, оказавшись в грозу на этом плато? Можно ли укрываться во время грозы под одиноко стоящими деревьями?

Ответ. Необходимо найти лощинку, где ближе прижаться к земле. Нельзя укрываться под деревьями, так как чаще всего молния ударяет именно в высоко стоящие предметы.

46. СИЛА ТОКА. НАПРЯЖЕНИЕ

9.22. Грозы возникают тогда, когда теплый и влажный воздух очень быстро поднимается вверх и формирует огромные кучево-дождевые облака. Внутри этих облаков кристаллики и капельки воды находятся в вихревом движении. Приходя во взаимодействие друг с другом, они получают слабый электрический заряд. Постепенно эти заряды увеличиваются, пока не произойдет гигантский искровой разряд между соседними облаками или между облаком и землей и обратно. Этот яркий разряд называется молнией.

Задача. Длительность отдельных импульсов разрядов молнии 50—100 мкс. Количество электричества, протекающего по каналу молнии (типичное значение), около 20 Кл. Определите силу тока молнии.

Ответ. При длительности разряда 50 мкс сила тока равна 400 кА, при длительности разряда 100 мкс сила тока равна 200 кА.

47. СОПРОТИВЛЕНИЕ. ЗАКОН ОМА

9.23. Электрическое сопротивление человеческого тела определяется в основном сопротивлением поверхностного рогового слоя кожи (эпидермиса). Тонкая, нежная и особенно покрытая потом или увлажненная кожа, а также кожа с поврежденным наружным слоем хорошо проводит ток. Сухая, огрубевшая кожа является весьма плохим проводником. В зависимости от состояния кожи, пути тока, значения электрического сопротивления тела человека составляют от 9,5—1 до 100 кОм. Электрическое сопротивление тела человека от ладони одной руки к ладони другой при напряжении 220 В равно 1,6 кОм.

Задача. По вышеуказанным данным определите силу тока.

Ответ. Сила тока может иметь при вышеуказанных данных следующие значения:

- при сопротивлении 1 Ом—220 А;
- при сопротивлении 100 кОм—2,2 мА;
- при сопротивлении 1,6 кОм—0,138 А.

9.24. В отношении техники безопасности к переменному и постоянному току предъявляют одинаковые требования. Так, при силе переменного тока 20—25 мА, частотой 50 Гц затрудняется дыхание, возникает мгновенная судорога мышц («не отпускающий ток»). При силе тока 90—100 мА возникает паралич дыхания, при длительном действии (3 с и более) — паралич сердца.

Задача. Принимая при расчетах электрическое сопротивление тела человека равным 3 кОм, определите, при каком напряжении возникает паралич дыхания, мгновенная судорога мышц.

Ответ. Паралич сердца при вышеуказанных значениях наступает при напряжении 30 В.

9.25. Ткани живых организмов весьма разнородны по составу. Органические вещества, из которых состоят плотные части тканей, представляют собой диэлектрики. Однако жидкости содержат, кроме органических коллоидов, растворы электролитов и поэтому являются относительно хорошими проводниками. Наибольшую электропроводность имеют спинномозговая жидкость, сыворотка крови. Плохими проводниками, которые следует отнести к диэлектрикам, являются роговой слой кожи, сухожилия и особенно костная ткань без надкостницы.

Задача. Удельная электропроводность спинномозговой жидкости равна $1,8 \text{ ом}^{-1} \times \text{м}^{-1}$, а сыворотки крови $1,4 \text{ ом}^{-1} \times \text{м}^{-1}$. Определите сопротивление этих материалов, если представить, что они находятся в цилиндрическом капилляре длиной 5 см и сечением $0,1 \text{ см}^2$.

Ответ. Для спинномозговой жидкости — 2778 Ом, для сыворотки крови — 3571 Ом.

48. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА

9.26. *Историческая справка.*

Эмилий Христианович Ленц родился 24 февраля 1804 года в семье чиновника в городе Дерпте (ныне Тарту в Эстонии). Благодаря усилиям матери, он успешно закончил гимназию и поступил в университет.

Научная деятельность Ленца началась рано: после второго курса университета он, по рекомендации ректора, в качестве физика научной экспедиции отправляется в кругосветное плавание.

Ленц заложил основы первой в России научной школы физиков-электротехников, из которой вышли впоследствии такие ученые, как А. Попов, Ф. Петрушевский, В. Миткевич и др.

В 1843 году Ленц после проведения тонких экспериментов независимо от Дж. Джоуля приходит к установлению закона теплового действия тока. На основании выполненных 16 серий измерений Ленц в статье «О законах выделения тепла гальваническим током» сделал следующий вывод: нагревание проволоки гальваническим током пропорционально сопротивлению проволоки и квадрату силы тока.

Х. МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

49. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

10.1. Внешнее, расплавленное, ядро Земли находится в постоянном движении. В результате этого в нем возникают магнитные поля, формирующие в конечном итоге магнитное поле Земли.

Задача. Расскажите об особенностях магнитного поля Земли. Какую роль играет магнитное поле Земли в жизнедеятельности человека?

Ответ. Южный магнитный полюс Земли удален от Северного географического полюса на 2100 км. Северный магнитный полюс находится вблизи Южного географического полюса (66,5° южной

широты и 140° восточной долготы). В период усиления солнечной активности с поверхности Солнца выбрасываются потоки заряженных частиц, которые изменяют магнитное поле Земли, вызывая магнитные бури, влияющие на самочувствие человека.

- 10.2. Магнитное поле Земли существенно влияет на климат. Так, чехословацкие и американские геофизики провели сравнение, как менялись климатические условия и магнитное поле с 1925 по 1970 годы. Выяснилась четкая закономерность: за все эти годы в Северном полушарии росла напряженность магнитного поля и соответственно росла среднегодовая температура. В Южном полушарии Земли происходило обратное — одновременно снижались магнитная напряженность и температура.

Задача. Покажите на чертеже магнитное поле Земли (схематично). Как изменяются линии напряженности магнитного поля и соответственно магнитное поле Земли?

- 10.3. Мы сами не ощущаем окружающего нас магнитного поля, но многие животные способны реагировать даже на малые его изменения. Так, например, лесные мыши могут ориентироваться в лесу по направлению магнитного поля. Доказали это следующим образом. Мышь, пойманную в парке, сразу же помещали в специальный, герметичный контейнер, снабженный двумя катушками электромагнита. Катушки электромагнита были расположены так, что, пропуская ток через них, можно было менять направление магнитного поля. Потом мышь переносили. Оказалось, что

если во время переноса мыши катушки обесточены, то среднее направление движения мыши после освобождения совпадало с направлением к месту ее поимки. Если же направление вектора индукции магнитного поля в контейнере меняли на обратное, то после освобождения мышь двигалась в противоположную сторону.

Задача. Как мы можем определить существование магнитного поля и направление индукции магнитного поля?

Ответ. По повороту магнитной стрелки, свободно вращающейся вокруг вертикальной оси.

10.4. Исследования показали, что во время магнитных бурь навигационные способности почтовых голубей значительно ухудшаются. Точно такие же затруднения испытывают птицы, когда на обратном пути им встречаются магнитные аномалии. Если амплитуда такой аномалии, встретившейся на пути голубя, составляет более 5 мкТл , то птица полностью теряет способность ориентироваться.

Задача. А что вы понимаете под терминами *магнитные бури, магнитные аномалии*?

Ответ. Магнитные бури — это кратковременные изменения магнитного поля Земли, связанные с солнечной активностью. Магнитные аномалии — это области, в которых направление линий магнитной индукции не совпадает с направлением магнитного поля Земли.

50. МАГНИТЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ

10.5. *Электромагниты в технике.* В 1934 году немецкий инженер Кемпер предложил создание магнитной подвески. Работа подвески Кемпе-

ра основана на том, что одноименные полюса магнитов отталкиваются. Самый простой вариант — выложить как путь, так и днище поезда постоянными магнитами с соответствующей ориентацией полюсов; тягу будут создавать линейный электродвигатель. Такой двигатель имеет ротор и статор, растянутые в полосы. Обмотки статора включаются поочередно, создавая бегущее магнитное поле. Статор, укрепленный на локомотиве, втягивается в это поле и движет весь состав.

Но магистраль с постоянными магнитами — дорогое удовольствие, да и подъемная сила их невелика. Другой вариант — использовать на составе и на рельсах электромагниты.

Работы по созданию магнитопланов ведутся уже не одно десятилетие в Германии, США, Японии, России.

10.6. Магнитная проницаемость ферромагнитных материалов.

Ферромагнетик	μ
Кобальт	175
Никель	1120
Первинмар (23% кобальта, 43% никеля, остальное — железо)	115 000
Сплав железоникелевый (пермалой-45: 45% никеля, 55% железа)	25 000
Сплав железоникелевый (пермалой-68: 68% никеля, 32% железа)	25 0000
Сталь вольфрамовая (1% углерода, 5% вольфрама, остальное — железо)	600
Сталь трансформаторная	8000
Чугун	600—800

10.7. Интересный факт.

Английский физик XIV века Уильям Герберт изготовил шарообразный магнит, исследовал его с помощью маленькой магнитной стрелки и пришел к выводу, что земной шар — огромный космический магнит.

Геофизики узнали, каким было магнитное поле Земли тысячи и даже миллионы лет назад; у горных пород, что содержат железо, оказалась отличная магнитная память! Допустим, вылилась когда-то во время извержения вулкана лава и, пока остывала, намагнитилась в магнитном поле Земли. Потом поле изменялось, но у затвердевшей лавы осталась остаточная намагниченность. Измеряя ее, геофизики обнаружили, что магнитные полюсы Земли много раз менялись местами! Скажем, за последние миллион лет это случилось семь раз.

51. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

10.8. 23 мая 1928 года, покинув берега Шпицбергена, поднялся в воздух, держа курс на север, дирижабль «Италия». Экспедиция, возглавляемая Умберто Нобиле, должна была выполнить обширную программу по исследованию Арктики. Но 25 мая радиосвязь с дирижаблем вдруг прекратилась. День проходил за днем, а от экспедиции не поступало никаких сообщений. Стало ясно, что дирижабль потерпел катастрофу. И вот 3 июня 1928 года в 19 часов 30 минут радиолобитель Шмидт из далекого северного села Вознесенье-Вохма принял радиограмму: «Itali... Nobile... Fran Uosef... sos... sos... sos tutti teno EhH». На поиск экипажа «Италия» были снаряжены десят-

ки экспедиций из шести стран мира. Советская экспедиция спасла всех оставшихся после катастрофы дирижабля людей. Нобиле вывез из ледового лагеря шведский летчик Лундборг. Не будь у итальянцев аварийного радиопередатчика, их могла бы постигнуть трагическая участь.

Задача. Из каких основных частей состоит радиопередатчик? На какой длине волны нужно передавать сигналы частотой 200 кГц?

Ответ. Радиопередатчик состоит из генератора электромагнитных колебаний, модулирующего устройства и передающей антенны. Длина волны, соответствующая частоте 200 кГц, — 1,5 км.

10.9. «Тепловыми глазами» змеи пользуются, когда ночью охотятся и когда нормальные глаза бесполезны. Да и не глаза это вовсе, а две ямки, находящиеся между носом и глазами, покрытые тончайшей мембраной. Мембрана пронизана многочисленными нервными окончаниями, отвечающими на малейшее изменение окружающей температуры нервными импульсами. Чувствительность этого термолокатора ниже 0,005 С. Почувствовав на расстоянии 15 см излучатель тепла, например, мышь, змея настораживается, бесшумно подкрадывается и убивает жертву. Таким образом гремучая змея охотится на грызунов, спящих птиц, мелких зверьков. Может среагировать и на руку спящего человека.

Задача. А что излучают тела, температура которых выше температуры окружающей среды?

Ответ. Электромагнитные волны. Это может быть видимое излучение, инфракрасное или ультрафиолетовое излучение.

10.10. Оказывается, слепня хорошо различают фиолетовый, синий, голубой и зеленый цвета, кото-

рые для них наиболее важны. А важен для них зеленый цвет растений, на которых они питаются нектаром и соками, и фиолетовый цвет большинства цветов, а также синий (голубой) цвет воды, в которую они то и дело шлепаются, чтобы захватить хоботком глоток воды. Не так уж и слепы слепни! [2]

Задача. Каким частотам и длинам волн соответствуют перечисленные выше цвета, различаемые слепнями?

Ответ.

Цвет	Длина волны, нм	Частота, 10^{13} Гц
Красный	656,3	45,71
Желтый	589,3	50,90
Зеленый	546,1	54,93
Синий	480	62,5
Фиолетовый	404,7	74,13

10.11. Чтобы бабочка взлетела, ей надо завести свой «мотор» — летательные мышцы. А стартером для этого служит передняя часть нижней стороны крыльев, воспринимающая инфракрасные лучи (вот почему бабочка часто сидит с поднятыми крылышками). Есть предположение, что в нервно-мышечной системе энергия инфракрасного излучения, минуя тепловую стадию, сразу же превращается в двигательную. [2]

Задача. Где использует инфракрасное излучение человек?

Ответ. Инфракрасное излучение широко используется в промышленности (сушка овощей, обогрев зданий и т. п.), в медицине, в научных исследованиях, в военной технике (приборы ночного видения, тепловизоры, тепловые локаторы и т. п.).

10.12. Вы слышали, как кричат овцы, когда их стригут? А сколько же сил необходимо стригалю, чтобы перестричь столько овец, сколько их разводят в Австралии? Их в Австралии около 2 млн. Вот и решили австралийцы стричь овец не обычными механическими ножницами, а лазерным лучом. Первые лазерные ножницы уже прошли успешные испытания.

Задача. Где используется лазер?

Ответ. Мощные лазеры, в частности инфракрасные лазеры, используются для резки, сварки, сверления материалов. Такие же лазеры применяются в хирургии вместо скальпеля. С помощью лазеров производятся операции на хрусталике и сетчатке глаза. С их помощью получают объемные изображения — голографию. Лазеры используются во многих других сферах жизнедеятельности человека.

10.13. Витамины играют важнейшую роль в правильном обмене веществ животного. Витамин А растворяет жиры и поддерживает сопротивляемость клеток желудочно-кишечного тракта. Он содержится в желтке, масле, печени и некоторых овощах. Переизбыток витамина А ведет к нарушениям в формировании скелета. Витамин В₁ отвечает за нормальный обмен веществ в мышечной и нервной ткани. При его нехватке теряется аппетит, появляются рвота и судороги. Наиболее богаты витамином В₁ хлеб из муки грубого помола. Витамин D предохраняет от рахита. Он содержится в молоке, печени, масле. Прогулки на солнце или под солнечными лучами восполняют недостаток витамина D.

Задача. Какой вид электромагнитного излучения отвечает за образование в организме витамина D?

Ответ. Ультрафиолетовое излучение.

10.14. Большинство животных видят в диапазоне длин волн от 350 до 750 нм. Это очень узкая полоса в спектре электромагнитного излучения Солнца. Такая «узость», возможно, обусловлена тем, что при более коротких волнах становится ощутимой хроматическая аберрация.

Задача. Определите частоты, которые воспринимает глаз большинства животных. Какое излучение называется тепловым? Почему сетчатка не воспринимает коротковолновое излучение? Что называется хроматической аберрацией?

Ответ. $85,92 \times 10^{13}$ — 40×10^{13} Гц. Если бы сетчатка у теплокровных животных была одинаково чувствительна ко всему спектру электромагнитного излучения, то они ничего бы не видели, так как их тепловое излучение забивало бы лучи света, падающие в глаз. В результате дисперсии в линзе изображение оказывается размытым и окрашенным. Это явление называют хроматической аберрацией.

10.15. Змеи охотятся ночью, когда темнота укрывает их жертву. Установлено, что направление броска змеи регулируется теплом, излучаемым теплокровной мишенью. Тепловые «глаза» змей, получившие название «лицевые ямки», представляют собой специализированные органы, чувствительные к инфракрасному излучению внешних объектов. Лицевые ямки, как правило, расположены впереди и чуть ниже обоих глаз змей, а их число зависит от вида змей и может достигать 26.

Задача. Каким прибором пользуется человек в ночное время для обнаружения объектов, излучающих инфракрасное излучение?

Ответ. Такой прибор получил название прибор ночного видения.

10.16. Ультрафиолетовые лучи солнца вызывают превращение некоторых стероидов, называемых стеролами, в витамин D. Правда, это лишь дополнительный источник витамина D, так как главным его источником служит пища.

Задача. А какое биологическое действие оказывают ультрафиолетовые лучи на кожу человека?

Ответ. Кожа краснеет и меняет окраску, мы называем этот процесс загаром кожи.

10.17. Удивительным органом обладает гремучая змея. Это — две ямки на голове, внешне напоминающие вторую пару ноздрей. Когда биологи занялись их изучением, оказалось, что это исключительно чувствительный орган, при помощи которого гремучая змея «видит» инфракрасные лучи. А зоркость такова, что змея улавливает разницу температуры в тысячную долю градуса. Достаточно появиться ночью полевой мышью в 200 метрах от гремучей змеи, и ее сверхчуткий прибор подскажет присутствие мышки.

Задача. За какое время доходит сигнал от полевой мыши до змеи?

Ответ. За 0,67 мкс.

10.18. В ткани организма человека ультрафиолетовые лучи проникают неглубоко, от 0,1 до 1 мм, но вызывают при этом химическую реакцию, следствием которой является покраснение кожи (эритема). Биологическое действие ультрафиолетового излучения зависит от длины волны излучения. Волны с длиной от 400 до 315 мкм отличаются укрепляющим, закаливающим действием на организм. Поэтому эти волны используют в оздоровительных, профилактических целях. Излучения с длиной волны от 315 до 280 мкм используют в

лечебных целях (в основном для людей, которые живут на Севере). Волны с длиной 280—200 мкм убивают бактерий, поэтому это излучение используют для дезинфекции.

Задача. Каким частотам соответствуют вышперечисленные излучения? Определите массу, энергию, импульс фотонов, соответствующих этим излучениям.

Ответ.

Длина волны, мкм	Частота, 10^{11} Гц	Масса, 10^{-33} г	Энергия, 10^{-23} Дж	Импульс, 10^{-30} Кг м/с
400	7,5	0,5	45	150
315	9,52	0,63	57,12	189
280	10,71	0,71	64,26	213
200	15	1	90	300

10.19. Почему водяной пар играет большую роль в жизни растений?

Ответ. Существенную роль в жизни растений играют оптические свойства водяного пара. Дело в том, что водяной пар сильно поглощает инфракрасные лучи с длиной волны от 5,5 до 7 микрон, что важно для предохранения почвы от заморозков. Еще более действенным средством от заморозков является выпадение росы и образование тумана: конденсация влаги сопровождается выделением большого количества тепла, задерживающего дальнейшее охлаждение почвы.

10.20. Не так давно датская фирма «Лего» стала добавлять в свою продукцию сульфат бария, хорошо заметный в рентгеновских лучах. Для чего?

Ответ. Чтобы при рентгенологическом исследовании обнаружить игрушку, проглоченную малышом.

10.21. Некоторые продукты под действием ультрафиолетовых лучей люминесцируют в затемненном помещении разным цветом. Оцените, какую энергию при этом поглощают продукты, если они облучаются ультрафиолетовым светом с длиной волны 100 нм.

Наименование продукта	Цвет продукта при облучении		Характеристика негодного продукта
	годного	негодного	
Мясо (говядина)	Темно-красный	Ярко-розовые точки	Мясо заражено личинками глистов
Зерно пшеничное	Зеленый	Желтый	Пострадало от сырости
Мука пшеничная	Синеватый	Фиолетовый	С присутствием спорыньи
Куриные яйца	Красный	Бледно-желтый	Хранились не менее двух недель
Луковица в разрезе	Фиолетовый	Желтовато-белый	Заражена серой гнилью
Картофель в разрезе	Ярко-желтый или серовато-коричневый	Пятна черного цвета	Сильная степень поражения фитофторой
Рыба (лещ, судак, севрюга, треска)	Зеленоватосинее свечение	Оранжевые участки или красные пятна	Явно испорченный продукт

XI. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

52. СВЕТ. ИСТОЧНИКИ СВЕТА. ЗАКОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА

11.1. Остров Врангеля является заповедником, расположенным в природной зоне, именуемой географами арктической пустыней. На человека, никогда не бывавшего в Арктике, природа этого края производит неизгладимое впечатление. Десять месяцев — с сентября по июнь — на острове царствует зима. В самый разгар ее, с середины ноября по январь, солнце здесь не показывается над горизонтом — наступает полярная ночь. Бескрайние снежные равнины острова и ледяные просторы окружающих морей сливаются в сплошную однообразную белую пустыню, освещаемую лишь светом луны или полярного сияния.

Вопрос. К какому виду источников света можно отнести свет от луны и полярное сияние?

Ответ. Это естественные источники света.

11.2. Если в Сахаре стоит тихая погода и небо не затянуто поднятой ветром пылью, трудно найти более красивое зрелище, чем закат солнца в пустыне. Небо в лучах заходящего солнца каждый раз поражает новыми сочетаниями оттенков — это и кроваво-красный, и розово-перламутровый, незаметно сливающийся с нежно-голубым цветом. Все это громоздится на горизонте в несколько этажей, горит и сверкает, разрастаясь какими-то причудливыми, сказочными формами, а затем постепенно угасает. Тогда почти мгновенно наступает абсолютно черная ночь, темноту которой не в силах рассеять даже яркие южные звезды.

Вопрос. О каких источниках света идет речь?

Ответ. О естественных: о Солнце и звездах.

11.3. Животный мир Мадагаскара по своеобразию можно сравнить только с австралийским. Главное сокровище фауны острова — это, конечно, лемуры. Эти забавные зверьки, напоминающие помесь обезьяны с кошкой, обитают в лесах и ведут ночной образ жизни. У них большие, светящиеся в темноте глаза и пронзительный голос, напоминающий капризный плач ребенка.

Вопрос. О каких источниках света идет речь?

Ответ. Глаза лемура отражают свет, их можно назвать источниками естественного света.

11.4. Где бы ни оказался человек в результате аварийной ситуации (на суше или океане, в джунглях или в пустыне), решил ли остаться на месте или отправиться в путь, он в первую очередь должен сориентироваться, определить свое место расположения. Направление на север в северном полушарии определяют, став в полдень спиной к солнцу. Тень, отброшенная телом, словно стрелка, укажет на север. При этом запад будет по левую руку, а восток по правую. В южном полушарии все наоборот: тень ляжет на юг, а запад и восток окажутся, соответственно, справа и слева.

Вопрос. Почему образуется тень? Можно ли Солнце считать точечным источником? Как еще можно определить по движению Солнца стороны света?

Ответ. Если тень четкая, то Солнце — точечный источник света, если размытая — то нет.

11.5. Ориентирование по свету важно, когда надо выдержать направление движения, особенно ночью. Прекрасными ночными ориентирами являются маяки на морях и аэродромах, различные сигнальные огни на реках, костры, ракеты, свет

электрического фонаря или фар автомобилей. Вертикальные лучи прожектора можно увидеть с расстояния 50 км, костер — с 6—8 км, свет карманного фонаря виден на расстоянии примерно 1,5 км.

Вопрос. Какие источники света перечислены выше?

Ответ. Точечные.

11.6. Особенно красиво ночное море в тропиках. Полное впечатление, что море горит, полыхает, переливается красками. Бывает, что за кормой идущего судна на воде вспыхнет яркий зеленовато-белый свет. Пылающее пятно растет и постепенно окружает теплоход кольцом. Затем оно отделяется от судна, и тогда кажется, что это зарево большого города. Источником такого свечения являются живые микроорганизмы.

Задача. Объясните свечение микроорганизмов.

Ответ. Свечение связано с ферментативной реакцией и относится к хемилюминесценции.

11.7. Очень интересно спасает свою жизнь морской червь. Когда краб перекусывает его, задняя часть червя ярко вспыхивает. Краб устремляется к ней, пострадавший червь прячется, и через некоторое время на месте отсутствующей части отрастает новая. Свечение некоторых глубоководных существ настолько сильно, что создается впечатление, будто они излучают молнии.

Вопрос. К какому виду свечения можно отнести свечение живых организмов?

Ответ. Различают флюоресценцию, свечение жидкостей и газов под действием падающего света, и хемилюминесценцию, являющуюся результатом химических реакций, происходящих в живых организмах.

- 11.8. Зеленые растения образуют в процессе фотосинтеза 162 миллиарда тонн органического вещества в год, причем около 65% этого количества дают наземные виды. В естественных условиях растения преобразуют лишь 2% энергии света в химическую. Один гектар лиственного леса вырабатывает в умеренном поясе 16 тонн кислорода в год, один гектар хвойного леса — 30 тонн.

Задача. Напишите реакции образования органического вещества в результате фотосинтеза. Приведите примеры фотохимических реакций.

Ответ. Фотосинтез, образование озона, фотография — это примеры фотохимических реакций.

- 11.9. В Мировом океане живет около 300 видов полипов, которые называются морскими перьями. Каждый полип представляет собой множество восьмищупальцевых особей, сидящих на одном общем стволе. Обитают морские перья на глубине от 1 до 6 тысяч метров. На больших глубинах встречаются экземпляры длиной до 2,5 м. Морские перья способны светиться за счет особой слизи, покрывающей их снаружи. Замечено, что слизь не теряет способности светиться даже в высушенном виде.

Задача. Как называется такой вид свечения организмов? К какому виду источников света можно отнести свечения полипов: к холодному или тепловому?

Ответ. Этот вид свечения относится к холодному виду и называется биолюминесценцией.

- 11.10. Поиск терпящих бедствие нередко ведется с помощью самолетов, вертолетов. Однако обнаружить местонахождение людей в лесной чаще или на спасательной шлюпке среди океанских про-

сторгов не всегда легко. Для этой цели существуют разнообразные ракеты, сигнальные патроны, мортирки и т. п. Сегодня ни одна экспедиция не обходится без комбинированного сигнального патрона. Его «дневной» конец заполнен составом, образующим при горении в течение 20—30 секунд густые клубы оранжевого дыма. «Ночной» конец патрона горит ярко-малиновым пламенем, которое видно ночью на расстоянии 10—15 км.

Вопрос. К какому источнику света можно отнести сигнальный патрон? Как можно в чрезвычайной ситуации подать сигнал другими способами?

Ответ. Сигнальный патрон можно отнести к искусственным источникам света. В ночное время можно на суше разжечь костры, в дневное подвесить быстро вращающееся зеркало или кусок блестящего металла, зайчик от этого предмета будет виден на достаточно большом расстоянии.

11.11. В пустынях из-за солнечной радиации может возникать заболевание, называемое солнечным ударом. Это поражение нервной системы и ее важнейших центров в продолговатом мозгу — результат интенсивного или длительного воздействия прямых солнечных лучей на область головы. Симптомами заболевания служат головная боль, шум в ушах, ощущение разбитости, тошнота. Кожа лица краснеет, покрываясь обильным потом. Пульс и дыхание учащаются.

Вопрос. Какие меры необходимо принять, чтобы обезопасить пострадавшего?

Ответ. Иногда достаточно простых мер — укрыться в тени, выпить холодной воды, положить холодный компресс на голову, — чтобы все неприятные

явления вскоре исчезли. При лечении тяжелых форм солнечного удара необходимо принять меры для общего охлаждения организма водой — например, обертывание во влажную ткань.

- 11.12. Гамбургский алхимик Бранд всю жизнь искал секрет получения «философского камня», чтобы превращать медь в золото. Однажды он взял для его получения мочу. Налил в сосуд и стал подогреть. Когда жидкость полностью испарилась, на дне реторты остался черный осадок. Бранд решил прокалить его на огне. На внутренних стенках сосуда стало накапливаться белое вещество, похожее на воск. Оно светилось! Потрясенный алхимик решил, что он осуществил, наконец, мечту своей жизни. Однако все попытки обладателей светящегося вещества получить с его помощью золото или серебро из неблагородных металлов оказались пустой затеей. Это был ранее неизвестный химический элемент — фосфор (слово *фосфор* означает *несущий свет*).

Задача. Почему фосфор светится? При каких условиях он светиться не будет?

Ответ. При поглощении света молекулы фосфора возбуждаются. А затем излучают энергию в виде фотонов. Если длительное время фосфор не облучать, то он светиться не будет.

53. ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА

- 11.13. Самым красивым водопадом в Исландии считают Гудльфосс («Золотой водопад») на реке Хвитау, недалеко от Большого Гейзера. Двумя ступенями высотой 20 и 36 метров падает тут река в узкое ущелье глубиной 70 метров и мчит по нему пять километров до выхода на

равнину. Живописность водяных струй особенно выигрывает из-за контраста цветов молочно-белого потока (*Хвитау* по-исландски — белая) и иссиня-черных базальтовых скал, на которые шумно обрушивается Гудльфосс.

Вопрос. Объясните образование белого и черного цветов у водопада Гудльфосс.

Ответ. От воды свет полностью отражается, и мы видим молочно-белый поток; базальтовые скалы свет полностью поглощают, поэтому мы видим черные скалы.

11.14. Жемчужиной Тирренского моря является остров Капри, где в сказочных гротах, выточенных волнами в прибрежных скалах, путешественник забывает обо всем на свете, наслаждаясь, словно музыкой, игрой света, воды и камня. Самый необыкновенный из них — это Голубой грот. Попасть в него можно только с воды, и только в тихую погоду. Голубая вода, голубые своды грота... Даже воздух кажется напоенным нежной лазурью. Все это озарено неизвестно откуда проникающими лучами солнца. Если бросить что-нибудь в воду — медную монету или камешек — то предмет принимает в глубине серебристый оттенок. Свет, как оказывается, попадает в грот не через узкую щель, сквозь которую протиснулась лодка, а через другое, более широкое отверстие в другом конце грота. Лучи светила, падая через морскую воду на камни дна, отражаются и освещают грот сквозь голубую толщу воды неземным, фантастическим отсветом.

Вопрос. Покажите на чертеже ход лучей от Солнца. К какому виду источников света можно отнести отраженный от воды свет?

Ответ. Это естественный источник света.

11.15. Кымсанган — это живописное нагромождение горных хребтов, зубцов, пиков самого диковинного образа в Корее. В солнечную погоду скалистые вершины, порожистые пенные протоки, каскады в ущельях переливаются всеми цветами радуги. Особенно хорош Кымсанган в сентябре-октябре, когда кончаются муссонные дожди, а листва деревьев, тронутая кистью осени, добавляет к зелени сосен и кедров все оттенки желтого и красного цветов.

Вопрос. Объясните происхождение желтого и красного цветов.

Ответ. Свет при падении на вещество частично поглощается и частично отражается. Так, от красных листьев отражается свет красного цвета, остальные длины волн поглощаются.

11.16. Когда плывешь по Телецкому озеру от его туристической «столицы» — поселка Артыбаш, расположенного у истоков стремительной красавицы Бии, сказочной красоты виды сменяют друг друга, словно в калейдоскопе. Точно фантастический страж Алтын-Коля, высится над озером гора Ажи, над которой висит белое облако. Облик озера меняется по несколько раз в сутки. В лучах утреннего солнца оно кажется малиновым, в ясный день — голубым, в сумерки — черным, как деготь, а в лунную ночь его вода сияет, как расплавленное золото.

Вопрос. Объясните изменение окраски озера в течение суток. Какое явление отвечает за это?

Ответ. Отражение света, рассеяние света, дифракция, преломление света, интерференция света.

11.17. Особой красотой отличаются бабочки Мадагаскара. Голяфу — самую крупную из них — трудно принять за птицу. Это коричневая бабочка с розовым брюшком. Удивительно живописна ураяния, справедливо считающаяся самой красивой бабочкой в мире. Ее крылья переливаются, кажется, всеми возможными красками. Поражает причудливым узором на крыльях и бабочка мадагаскарня.

Вопрос. Можно ли считать, что переливы на крыльях у бабочки — это следствие отражения света?

Ответ. Да, но и большую роль играет дифракция света.

11.18. На северо-западе США, в сердце Великих Равнин, недалеко от поросшего соснами невысокого хребта Блек-Хиллс, находится удивительная гора, названная Девилс-Тауэр, то есть Башня Дьявола: молнии ударяют в ее плоскую вершину, поскольку на обширной равнине в предгорье Скалистых гор Башня Дьявола — единственный такого рода объект.

Вопрос. К какому виду источников света относится молния?

Ответ. Молния — естественный источник света.

11.19. Серебрянка — это единственный паук, обитающий в воде наших пресных водоемов (на воде есть и другие). А серебрится он от воздуха, прилипшего к волоскам его тела. Вытащишь паучка из воды, и нет никакого серебра, обычный черный паучок.

Вопрос. Почему же паучок серебрится?

Отает. Отражение света от паучка серебрит его поверхность.

11.20. Многие из вас наверняка испытывали чувство страха, увидев внезапно в темноте два светящихся глаза кошки. Каждый, кто когда-нибудь ловил рыбу или наблюдал за этим со стороны, помнит чувство восхищения, которое охватывает при взгляде на блестящую чешую, переливающуюся цветами радугами. Оба явления — светящиеся глаза кошки и блеск рыбьей чешуи — возникают из-за способности некоторых биологических тканей отражать свет. Многие животные имеют хорошо отражающие свет поверхности. Эти поверхности, хотя и не металлические, отражают свет не хуже полированного металла. Во всех этих случаях отражение является результатом интерференции световых волн на тонких пленках.

Задача. Оцените толщину тонкой пленки воды на чешуе рыбы при этом явлении.

Ответ. От 300 до 800 нм.

11.21. Пурпур — красновато-фиолетовый краситель, использовавшийся с древности для окраски тканей.

Задача. Почему человеческий глаз воспринимает цвета?

Ответ. Сетчатая оболочка глаза содержит волокна зрительного нерва и в глубине светочувствительные клетки: палочки и колбочки (названные так в соответствии со своей формой). Палочки имеют значительно более высокую светочувствительность, но не обеспечивают различение цвета. Колбочки имеют более низкую светочувствительность, однако именно они обеспечивают возможность различения предметов, а также создают ощущение цвета.

54. ЗЕРКАЛА

11.22. Обнаружить местонахождение людей в лесной чаще или в спасательной шлюпке среди океанских просторов не всегда легко. Весьма эффективным сигнальным средством служит зеркало. «Солнечный зайчик» сигнального зеркала, изготовленного Чечони (механик дирижабля «Италия», потерпевшего катастрофу в Центральной Арктике весной 1928 года) из деревянной дощечки, оклеенной станиолем из-под плитки шоколада, оказался «единственным сигналом, который своевременно заметил летчик, командир итальянского спасательного самолета. Действительно, вспышку от такого зеркала обнаруживают на расстояние 24 км, то есть раньше, чем любой другой визуальный сигнал.

Вопрос. Что такое «вспышка» от зеркала? Если угол падения света на зеркало 70° , чему будет равен угол отраженного луча?

Ответ. Это отражение света. 70° градусов.

11.23. Самым сложным и непреодолимым препятствием в Арктике считается открытая вода — разводье и полыньи. Узнать о них можно заранее по цвету неба, в котором, словно в гигантском зеркале, отражается поверхность океана.

Вопрос. Каков цвет неба в этом месте?

Ответ. Более светлый.

11.24. Веселая задача.

В кабинет врача входит чрезвычайно взволнованная женщина. «Доктор, взгляните на меня! Когда я проснулась сегодня утром и посмотрела в зеркало, я ужаснулась, увидев, что мои волосы как проволока, кожа морщинистая и бледная,

глаза налиты кровью и вообще я выгляжу как мертвец. Что со мной, доктор?» Врач осматривает пациентку и, закончив осмотр, объявляет: «Ну-с, могу Вас заверить, что с вашим зеркалом все в порядке!»

Вопрос. Какое изображение дает зеркало?

Ответ. Плоское зеркало дает прямое, мнимое, равное по своим размерам предмету изображение.

55. ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА

11.25. Лед на Телецком озере (Алтай) сказочно красив. Он на диво прозрачен, так что сквозь его броню просматривается дно на глубине пяти-шести метров. К тому же он исключительно гладок.

Вопрос. Определите, на сколько сместится предмет относительно наблюдателя, если толщина льда 50 см, а угол зрения 60° градусов.

Ответ. Показатель преломления льда 1,31, следовательно, угол преломления равен 42° . Смещение предмета относительно луча зрения равно 20 см.

11.26. Оазисы в Сахаре редки. Когда перед измученным долгой дорогой путешественником возникают на горизонте желанные очертания оазиса, проводник-араб лишь отрицательно качает головой. Он знает, что до оазиса еще десятки километров пути под палящим солнцем, а то, что путник видит «собственными глазами», — всего лишь мираж. Этот оптический обман порой вводит в заблуждение даже опытных людей. Бывалые путешественники, прошедшие по пескам не один экспедиционный маршрут и не один год изучавшие пустыню, случалось, тоже становились жертвами миражей. Под власть миража попада-

ли иной раз и опытные проводники караванов. Однажды шестьдесят человек и девяносто верблюдов погибли в пустыне, следуя за миражом, который увлек их на шестьдесят километров в сторону от колодца.

Вопрос. Объясните образование миража. Какие миражи вы знаете?

Ответ. Слово *мираж* французского происхождения и имеет два значения: *отражение* и *обманчивое видение*. Различают несколько видов миражей в зависимости от того, где располагается изображение по отношению к предмету. Миражи бывают: верхние, нижние, боковые и сложные. Миражи возникают при необычном распределении плотности воздуха по высоте, когда на некоторой высоте или у самой поверхности Земли имеется сравнительно тонкий слой очень теплого воздуха с малым показателем преломления, в котором лучи, идущие от наземных предметов, испытывают полное внутреннее отражение. Этот более теплый слой воздуха играет роль воздушного зеркала, отражающего попадающие в него световые лучи.

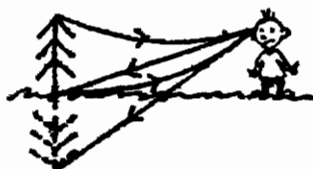
11.27. Немало помех в Арктике создает рефракция, вызванная разностью температур нижних слоев воздуха и воды. Луч зрения, проходя через среды различной плотности, преломляется в горизонтальном и вертикальном направлениях, искажая наблюдаемые на горизонте предметы. Вследствие рефракции видимый горизонт понижается или, что бывает чаще, повышается. Признаком появления миража обычно служит волнообразное дрожание горизонта, возникновение в атмосфере легкой мглы.

Вопрос. Покажите ход лучей при образовании верхнего и нижнего миражей.

Ответ.



*Ход лучей при наблюдении
верхнего миража*



*Ход лучей при наблюдении
нижнего миража*

56. ЛИНЗЫ

11.28. История насекомых насчитывает более 300 миллионов лет. Большинство из них не претерпели каких-либо существенных изменений за последние десятки миллионов лет. Поэтому их вполне можно считать «живыми динозаврами». Все эти насекомые, спасаясь от врагов, полагаются в основном на свое зрение. Несмотря на различный образ жизни, устройство глаза почти у всех насекомых одинаково: это фасеточный глаз.

Вопрос. Расскажите, как образуется изображение в фасеточном глазе.

Ответ. Фасеточный глаз состоит из омматидиев — отдельных глазков, которые «смотрят» в различных направлениях. В каждом есть своя линза; она фокусирует свет на несколько фоторецепторных клеток, объединенных в зрительную палочку. Свет, воздействуя на эти клетки, вызывает последовательность нервных импульсов, передаваемых в мозг насекомого по зрительному нерву.

11.29. Как раздобыть огонь, если под рукой нет ни спичек, ни огнива? Туристы и путешественники знают, что можно огонь добыть с помощью зажигательного стекла, сфокусировав солнечные лучи на листке бумаги или мхе. Зажигательным стеклом может служить линза фотоаппарата, стекло очков или линзы бинокля.

Изготовить линзу можно из двух стекол от часов, если сложить их вместе и заполнить пространство между ними водой, а края замазать глиной или смолой от хвойных деревьев.

Вопрос. Каково фокусное расстояние и оптическая сила линзы, собранной из двух стекол от часов, если свет от солнца фокусируется в точке, удаленной на расстояние 20 см от нее?

Ответ. Фокусное расстояние 20 см, оптическая сила 5 Дптр.

11.30. Нередко в пустыне наблюдается своеобразное явление — фата-моргана, или сложный мираж. В полуденное время, когда почва раскаляется от солнца, в приземной атмосфере образуются различные слои воздуха с различной плотностью. В результате на пустынном горизонте вдруг возникают колышущиеся озера с куполами пальм, горные хребты, плавающие в воздухе дюны и даже города.

Задача. Объясните происхождение фата-морганы.

Ответ. Сложного вида миражи, или фата-моргана, возникают, когда одновременно есть условия для появления верхнего и нижнего миража, например при значительных колебаниях температуры на некоторой высоте над теплым морем. Плотность воздуха с высотой увеличивается (увеличивается показатель преломления), а затем также быстро уменьшается (уменьшается и показатель прелом-

ления). При таком распределении плотности воздуха состояние атмосферы весьма неустойчивое и подвержено внезапным изменениям.

- 11.31. Прозрачность воды определяется ее способностью пропускать световые лучи. Она изменяется в зависимости от присутствия в воде примесей — мельчайших взвешенных частиц различного происхождения. Для того чтобы определить прозрачность, в воду на шнуре опускают белый металлический диск диаметром 30—50 см. Глубина, на которой диск перестал быть видимым, и является величиной прозрачности. Наиболее прозрачна вода в горных озерах с очень чистой водой, поступающей при таянии снегов и ледников. В Телецком озере прозрачность составляет 22 м, в Севане — 21 м. В альпийских озерах она колеблется от 16 до 20 м. Менее прозрачны большие озера, куда стекают воды из болот, несущие много примесей. Таковы Онежское (4 м) и Ладожское (2,5 м) озера.

Задача. На сколько сместится луч зрения при наблюдении металлического диска в Телецком озере и Онежском озере, если угол зрения равен 45° ?

Ответ. Показатель преломления воды при 20°C равен 1,333, следовательно, угол преломления в данном случае будет равен 31° . Смещение луча зрения в Телецком озере произойдет на глубине 6,55 м, в Онежском озере — 1,2 м.

57. ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

- 11.32. Где установлен самый большой телескоп-рефлектор?

Ответ. На вершине Мауна-Кеа — самой высокой горы на Гавайях. Телескоп уникален тем, что его рефлектор имеет десятиметровый диаметр.

11.33. В годы Первой мировой войны военные летчики выполняли аэрофотосъемку (фотосъемку с самолета) в разведывательных целях — для нанесения на карту оборонительных сооружений противника и полей будущих сражений. В 30-е годы XX века аэрофотосъемка, заменив наземную съемку местности, стала основным методом составления карт. К середине 50-х годов с помощью аэрофотосъемки были составлены топографические карты всей территории России в масштабе 1:100 000.

Вопрос. Кто впервые в мире сделал фотографию?

Ответ. Французский физик Жозеф Ньепс в 1826 году.

58. ГЛАЗ И ЗРЕНИЕ

11.34. Динарские горы, протянувшись вдоль восточного побережья Адриатического моря, — классический район карстовых пещер и связанных с ними природных явлений: удивительно круглых, словно нарисованных циркулем, озер и провальных воронок, бездонных вертикальных шахт-колодцев и загадочных рек, которые внезапно исчезают на каком-то участке своей долины, чтобы вновь появиться двумя-тремя километрами ниже по течению. У одного из подземных озер реки Пивка можно увидеть уникальных земноводных, живущих только в динарских пещерах, — протеев. Протей всю жизнь проводит под землей в темноте и поэтому лишен зрения. Слепые в пещерах также пауки, скорпионы и даже рыбы, живущие в подземных озерах.

Вопрос. Почему же эти живые организмы остались без зрения?

Ответ. Эти животные адаптировались к темному пространству.

11.35. Пожалуй, ни одна арктическая экспедиция прошлого не обходится без упоминания о снежной слепоте. Снежная слепота не только доставляла много страданий арктическим путешественникам, но и была причиной неудач целых экспедиций. Один из отрядов Великой Северной экспедиции под руководством Дмитрия Стерлигова, достигший 22 марта 1740 года западных берегов Таймыра, не смог продвигаться дальше из-за снежной слепоты, поразившей всех ее участников. Снежная слепота, или снежная офтальмия, — это своеобразный ожог конъюнктивы и роговой оболочки глаза ультрафиолетовыми лучами солнца, отраженными от снега. Особенно часто она возникает весной, в период «сияния снегов», когда отражательная способность снежного покрова возрастает.

Задача. Какую защиту для глаз можно использовать, чтобы не заболеть снежной слепотой?

Ответ. Различные очки со светофильтрами или поляризационными пленками.

11.36. Кошка перед телевизором совсем не редкость. Особенно хоккей любит смотреть и ловить ... то шайбу, то игрока. Кошка хорошо различает цвет, но только при одном условии: размер созерцаемого должен быть как можно больше, то есть угол зрения должен превышать 45 градусов, а для этого надо сесть поближе к телевизору.

Вопрос. На каком расстоянии должна находиться кошка, чтобы смотреть хоккей, если размер экрана телевизора 70 см?

Ответ. На расстоянии 85 см.

- 11.37. Цветовое зрение у быков, как и у большинства млекопитающих, развито слабо. Бык практически не различает цветов, и ему все равно — красная, зеленая или синяя тряпка будет в руках у тореадора. В возбуждение быка приводит не цвет, а вид полощущейся на ветру материи и движение самого тореадора.

Задача. Почему же глаз быка практически не различает цвет, а человеческий глаз различает?

Ответ. У быка, в отличие от человека, на сетчатке отсутствуют колбочки, нервные окончания, отвечающие за цветовое зрение.

- 11.38. Днем, когда светло, особенно при ярком солнечном свете, зрачки глаз у кошки сужаются до узкой щели. И наоборот, чем слабее освещение, тем больше становятся зрачки. В темноте они занимают почти весь глаз, отчего он кажется темным, цветная радужина почти не видна.

Задача. Объясните данное явление.

Ответ. В данном случае зрачок работает как диафрагма, в дневное время световой поток мощный и зрачок сужается, уменьшается, в ночное время зрачок увеличивается, собирая все лучи.

- 11.39. Зрение — самое важное для человека чувство, так как большую часть информации об окружающем мире мы получаем от фоторецепторов, находящихся в сетчатке нашего глаза. Первым, кто понял, что изображения внешнего мира формируются на сетчатке, был выдающийся немецкий астроном Иоганн Кеплер.

Задача. Сделайте чертеж и покажите, как формируется изображение на сетчатке.

Ответ. Свет, падающий в глаз, преломляется в роговице, хрусталике и стекловидном теле, и на сетчатке образуется перевернутое, действительное, уменьшенное изображение.

11.40. Наш глаз весит всего от семи до восьми граммов, его диаметр — 2,5 см. Он четко различает предметы на расстоянии 60 м. Кроме того, он может ночью разглядеть источник света, удаленный от него на расстояние 27 км. Чтобы видеть четкие очертания предмета, человек должен находиться на расстоянии 15 см от него — ближе они расплываются. Это минимальное расстояние изменяется с возрастом: в 10 лет оно составляет 7 см, в 20 лет — 15 см, в 50 лет — 40 см. Такое увеличение связано со старческой дальнозоркостью. При хороших условиях видения и освещения глаза могут различать с точностью до 10 миллионов оттенков цвета.

Задача. Как изменяется радиус кривизны хрусталика при наблюдении далеких и ближних предметов? Что называется аккомодацией?

Ответ. Радиус кривизны хрусталика сравнительно мал, когда мы наблюдаем предметы, удаленные от нас. Если мы смотрим на близко расположенные предметы, то мышцы сжимают хрусталик, радиус кривизны увеличивается. Аккомодация — способность глаза приспособливаться к видению как на близком, так и на далеком расстоянии.

11.41. Диаметр глаза одного из глубоководных кальмаров равен 40 см. Глаз кита, для сравнения, имеет диаметр 12 см.

Задача. Во сколько раз глаз кальмара больше человеческого глаза?

Ответ. Примерно в 3,3 раза.

11.42. Глаза насекомых получают четкое изображение предмета с расстояния 10 см, но на чужие движения реагируют с расстояния 2 м.

Задача. На каком расстоянии от глаза на сетчатке у человека получается четкое изображение?

Ответ. Расстояние наилучшего видения — расстояние, с которого можно смотреть без напряжения, — для нормального глаза равно 25 см.

11.43. Глаз таракана (*Blatella*) лучше всего реагирует на зеленый цвет, длина волны которого 510 нм, и ультрафиолетовый цвет, длина волны которого 360 нм.

Задача. Определите частоту вышеуказанных длин волн.

Ответ. $58,8 \times 10^{13}$ Гц; $83,3 \times 10^{13}$ Гц.

11.44. Глаза рыбы могут видеть только на близком расстоянии из-за шарообразного хрусталика, приближенного к роговице, что является приспособлением к зрению в водной среде. Обычно глаза рыбы «установлены» для зрения на расстояние 1 м, но благодаря сокращению гладких мышечных волокон хрусталик может оттягиваться назад, чем достигается аккомодация на расстояние до 10—12 м.

Задача. Что называется аккомодацией? Что позволяет рыбе видеть на различных расстояниях?

Ответ. Аккомодация — способность к видению на различных расстояниях. За счет действия гладких мышечных волокон изменяется радиус кривизны хрусталика, что и позволяет рыбам видеть на различных расстояниях.

11.45. Обоняние, как и слух, развито у ластоногих хорошо. Двигаясь по ветру, невозможно подойти к лежбищу ближе чем на 150—299 м, в то же время против ветра наблюдатель или охотник, соблюдая маскировку, может подобраться к животным на расстояние 10—20 м, а то и ближе.

Вопрос. Объясните отрицательные стороны зрения ластоногих.

Ответ. Зрение у ластоногих слабое из-за плоской роговицы и малой способности хрусталика к аккомодации. Впрочем, часто водные позвоночные вообще близоруки.

Веселые задачи

11.46. В магазин «Оптика» заходит покупатель.

Продавец. Вам нужны очки минус девять.

Покупатель. Как вы догадались?

Продавец. Очень просто. Вместо дверей вы вошли в окно...

Вопрос. Определите оптическую силу линз, фокусное расстояние этих линз. Какой болезнью страдает покупатель?

Ответ. Оптическая сила — 9 Дптр, фокусное расстояние — 11,1 см. Близорукость.

11.47. — Доктор, я все время вижу перед глазами мелькающие точки, — жалуется больной окулисту.

Врач прописал очки. Через несколько дней больной приходит опять.

— Ну как? — спрашивает доктор. — Вам стало лучше?

— Конечно, доктор. Теперь я вижу мелькающие точки гораздо отчетливее.

Вопрос. Какие очки мог прописать врач?

Ответ. Близорукость и дальновзоркость устраняются использованием очков. В очках, устраняющих близорукость, применяют рассеивающие линзы, дальновзоркость — собирающие линзы.

59. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

11.48. Весной во время тумана на Шпицбергене можно наблюдать необычное оптическое явление, которое на языке ученых именуется *глория*. Низкое полярное солнце отбрасывает на пелену тумана и низкие облака длинные тени предметов, которые окружены радужным контуром. Известный полярный исследователь Амундсен, совершивший посадку на самолете во льдах к северу от Шпицбергена, так описывает глаорию: «В стороне от нас, в тумане, я увидел полное отражение нашей машины, окруженное ореолом всех цветов радуги. Зрелище изумительное, красивое и своеобразное».

Вопрос. Объясните образование глории.

Ответ. Глория представляет собой одно или несколько ярких радужных концентрических колец вокруг тени предметов, отбрасываемой на нижележащее облако.

11.49. При прохождении через воду световой луч разлагается на лучи различных цветов спектра, и они поглощаются неодинаково. Наиболее прозрачная вода имеет синий цвет (как в Байкале); когда же прозрачность уменьшается до 8—10 м, вода становится сине-зеленой и зеленой, как в озерах Верхнее и Мичиган (Северная Америка). При меньшей прозрачности вода приобретает желто-зеленый оттенок, как в Ладожском и Онежском озерах, куда стекает вода из заболоченной тайги.

Задание. Объясните данное явление.

Ответ. Чистая вода лучше всего поглощает красные лучи, а хуже всего — синие. Чем больше толщина воды, сквозь которую проходит луч света, тем

более синим он кажется; лучи других цветов на глубине поглощаются сильнее.

- 11.50. Водопад Виктория — единственное место на Земле, где можно увидеть редчайший природный феномен — лунную радугу. Она возникает нечасто, лишь в те моменты, когда половодье на реке Замбези совпадает с периодом полнолуния. И даже люди, не раз побывавшие здесь, не всегда могут похвастаться, что видели это ночное чудо. Ведь между очередными появлениями лунной радуги проходит иногда 10—15 лет.

Вопрос. Объясните происхождение лунной радуги.

Ответ. Для возникновения лунной радуги необходимо сочетание двух условий: полная Луна, не закрытая облаками, и выпадение ливневого дождя. Лунные радуги могут наблюдаться в любом месте земного шара, где осуществляются перечисленные два условия.

- 11.51. Наиболее часто разнообразные гало возникают на внутриконтинентальных станциях, расположенных на ледяном куполе Антарктиды и на его склоне на высотах 2700—3500 м над уровнем моря. Это станции Восток, Советская, Амундсен-скотт, Пионерская и др. Даже лето на такой высоте в глубине ледяного континента является самой суровой настоящей зимой. Средние температуры воздуха не поднимаются выше минус 25—минус 35°C. Постоянные сильные ветры и метели, особенно на арктическом склоне, поднимают в воздух облака снежной пыли. Облака на этих станциях только кристаллические, неплотные, их нижняя граница опускается до поверхности Земли. Гало в Антарктиде наблюдается часто в течение целого дня, изменяется лишь их форма и яркость цветов.

Вопрос. Объясните происхождение гало.

Ответ. Все формы гало являются результатом преломления солнечных или лунных лучей в ледяных кристаллах облака либо их отражения от боковых граней или оснований кристаллов, имеющих форму шестигранных столбиков или пластинок.

11.52. Живущие на берегу Замбези скотоводы дали водопаду поэтическое имя — Чонгуэ, что на их языке означает *Место радуги*. Действительно, водяные струи, напоминающие летящие вниз стрелы с пенными окончаниями, уносятся в бездну и исчезают в облаке брызг. Над водопадом постоянно светятся две роскошные радуги. Лингвистон, первый исследователь-европеец, потрясенный открывшейся картиной, записал в дневнике: «Это зрелище было так прекрасно, что им наверняка восхищались пролетавшие ангелы».

Вопрос. Как образуется радуга?

Ответ. Радуга — это солнечный свет, разложенный на компоненты. Радуга, которую мы видим, образована мириадами капель. Каждая капля создает серию вложенных одна в другую цветных воронок.

60. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ. ДИФРАКЦИЯ. ДИСПЕРСИЯ. ФОТОЭФФЕКТ. ХИМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ СВЕТА. ДАВЛЕНИЕ СВЕТА

11.53. У обыкновенной амёбы (*Amoeba proteus*) наблюдается отрицательный фототаксис. Это явление заключается в том, что животное старается переместиться из освещенной области в тень или менее освещенную область пространства.

Задача. Объясните поведение амебы обыкновенной.

Ответ. Действие света на живые организмы бывает различным. Большинство организмов реагирует на длину волны, которой принадлежит максимум интенсивности в излучении Солнца.

11.54. Поверхность дождевого червя покрыта фоторецепторами. Зная это, можно провести интересный опыт: если разрезать червя пополам, то его головная часть будет уходить от света, а хвостовая, наоборот, будет поворачиваться к свету.

Задача. К какому действию света можно отнести данное явление: тепловому, биологическому, химическому?

Ответ. Это биологическое действие света.

11.55. Озоновый экран — тонкий слой молекул озона (трехатомного кислорода) — находится на высоте 10—25 км.

Задача. Какие фотохимические реакции протекают в этом слое под действием солнечного излучения? От каких губительных воздействий защищает озоновый слой Землю?

Ответ. $3\text{O}_2 + h\nu \rightarrow 2\text{O}_3$ — реакция образования озона. Озоновый слой поглощает жесткое ультрафиолетовое излучение.

11.56. Ультрафиолетовые лучи солнца вызывают превращение некоторых стероидов, называемых стироллами, в витамин D. Правда, это лишь дополнительный источник витамина D, так как главным его источником служит пища.

Задача. А какое биологическое действие оказывают ультрафиолетовые лучи на кожу человека?

Ответ. Ультрафиолетовое излучение оказывает сильное биологическое действие. Малые дозы благотворно воздействуют на кожу человека и спо-

способствуют образованию витамина D, улучшают иммунобиологические свойства. Большие дозы могут вызвать повреждение глаз, ожог кожи и даже привести к возникновению злокачественных опухолей.

- 11.57. Бабочки имеют второе название *чешуекрылые* из-за микроскопических мелких чешуек, которые обычно обильно покрывают четыре прозрачных крыла и все тело взрослого насекомого. Есть и такие бабочки, у которых чешуйки располагаются только по краям и вдоль жилок крыльев. Они внешне похожи на жалящих перепончатокрылых и объединены в семейство стеклянниц. Разнообразие формы и окраски чешуек создает сказочную красоту крыльям бабочек: особенно ярко, с металлическим блеском и переливами окрашены крылья у тропических бабочек. Если бабочка по каким-либо причинам потеряла большую часть чешуек со своих крыльев, она не сможет летать и погибнет.

Задача. Какое явление «раскрашивает» крылья бабочек? Какой размер должны иметь чешуйки у бабочек, чтобы переливаться всеми цветами радуги?

Ответ. Интерференция и дифракция света на чешуйках. Если рассмотреть крылья бабочки под микроскопом, то можно заметить, что они состоят из маленьких элементов, размеры которых имеют порядок длины волны видимого света. Таким образом, крыло бабочки как бы представляет собой дифракционную решетку.

- 11.58. В состав планктона входят растения (фитопланктон) и животные (зоопланктон). Растительные организмы, живущие за счет фотосинтеза, нуж-

даются в солнечном свете и потому населяют поверхностные воды в основном лишь до глубины 50—100 м. Бактерии и зоопланктон распространяются во всей толще воды. Морской фитопланктон состоит в основном из диатомовых водорослей.

Задача. Что образуется при реакциях фотосинтеза? Какие условия необходимы для прохождения этих реакций?

Ответ. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}h\nu \Rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$,
 $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} + \text{N}h\nu \Rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$. Первая реакция фотосинтеза имеет исключительное значение для жизни на Земле, так как благодаря ей обеспечивается круговорот углерода. Вторая реакция фотосинтеза протекает в организмах некоторых бактерий. В результате реакций фотосинтеза на Земле ежегодно синтезируется более 100 млрд. тонн органических веществ и основное количество свободного кислорода.

11.59. Первый проект трансатлантического кабеля был предложен еще в 1843 году изобретателем телеграфа Самуилом Морзе. Но проложен он был только в 1858 году. Первым телефонным кабелем Европа и Северная Америка были соединены в 1955—1956 годах. А в начале 90-х годов были проложены две первые подводные оптические линии : США—Гавайские острова—Япония (11,5 тысячи км) и США—Западная Европа (6,5 тысячи км).

Задача. За какое время оптический сигнал по этим оптическим линиям достигал конечного пункта?

Ответ. Примерно за 0,04 с по оптической линии США—Гавайские острова—Япония, за 0,02 с — по линии США—Западная Европа.

11.60. Для сохранности картин от выцветания художники Франции смешивали краски с желтком. Бочки желтой яичной жидкости отправляли предприимчивые купцы в эту европейскую страну из Берда кораблями.

Вопрос. Почему со временем цветные картины, чернила, бумага выцветают?

Ответ. Причиной этому является взаимодействие квантов света с этими телами.

11.61. Снежная слепота — одна из серьезных болезней, которая описана во многих дневниках исследователей Арктики и Антарктики. Сначала вы перестаете видеть разные уровни поверхностей, затем в глазах появляется ощущение, словно под веки попал мелкий песок. К вечеру рези становятся нестерпимыми. Глаза воспаляются, веки отекают, и человек по-настоящему слепнет, становясь беспомощным. Чем только ни лечили в прошлом эту болезнь! Наиболее верное средство предупреждения этой болезни — очки-светофильтры или очки с поляроидами.

Задача. В чем различия и в чем сходство этих очков? Как вы думаете, какие из этих очков наиболее эффективны?

Ответ. Очки, в которых применяют светофильтры, уменьшают интенсивность солнечного света за счет поглощения определенных длин волн. Очки, в которых используются поляризационные пленки, пропускают через себя только поляризованный свет — то есть свет, отраженный от

снега, эти очки пропускать не будут, тем самым интенсивность светового потока уменьшается.

11.62. Зеленый лист — уникальная лаборатория природы, где происходят удивительные превращения веществ. Растение поглощает из воздуха углекислый газ, из почвы — воду и создает из них богатые энергией органические вещества — сахар и крахмал. Источником энергии для этого химического процесса является Солнце. Энергию солнечных лучей усваивает зеленый пигмент — хлорофилл. Образование высшими растениями, водорослями, некоторыми бактериями сложных органических веществ из простых соединений за счет энергии света называется фотосинтезом.

Вопрос: Какие лучи поглощают хлорофиллоносные растения?

Ответ. Хлорофиллоносные растения сильнее всего поглощают лучи, соответствующие полосам поглощения в спектре хлорофилла. Их две: одна лежит в красной части спектра, другая в сине-фиолетовой. Остальные лучи растения отражают.

11.63. Окраска рыб в основном имеет защитное значение. Пресноводные рыбы обычно буро-зеленоватые, под цвет воды. Окраска морских рыб более разнообразна. Те, что живут около поверхности (летучие рыбы, сельди, тунцы), — двуцветные: спина темно-синяя или фиолетово-синяя, а брюхо — светлое. Рыбы, обитающие на глубине 100—200 м, обыкновенно имеют серебристую окраску, а глубже (до 500 м) — красноватую. Еще глубже их сменяют бурые, черные или фиолетово-черные рыбы.

Задание. Объясните различие в окраске у рыб.

11.64. Отдельная икринка лягушки прозрачна, оболочка ее состоит из студенистого вещества; внутри икринки находится темный зародыш. Ранней весной в солнечные дни, когда температура воды в водоемах близка к 0°C , икра на ощупь кажется теплой. Измерения показывают, что температура ее может достигать 30°C .

Вопрос. Как можно объяснить это явление? (Автор Ц. Б. Кац.)

Ответ. Черный зародыш поглощает солнечную энергию, которая идет на нагревание икринки.

ХII. ФИЗИКА АТОМА И ЯДРА

61. РАДИОАКТИВНОСТЬ

12.1. Радиоактивность имеет много интересных применений. К их числу относится метод радиоактивного датирования, позволяющий определять возраст древних материалов.

Возраст любого предмета, изготовленного из некогда живой ткани, например из дерева, можно определить по естественной радиоактивности изотопа углерода-14. Все растения поглощают из воздуха углекислый газ CO_2 , ассимилируют углерод и выделяют кислород. Большинство атомов углерода — это изотоп $^{12}_6\text{C}$, а небольшая доля — радиоактивный изотоп $^{14}_6\text{C}$. Пока растение или дерево живет, оно постоянно восстанавливает углерод из двуокиси углерода и использует его в новых тканях и для замены старых. Животные поедают растения и поэтому также постоянно получают свежие порции углерода для своих тканей.

Организмы не отличают изотоп $^{12}_6\text{C}$ от изотопа $^{14}_6\text{C}$, так как функционируют почти исключительно благодаря химическим реакциям, в которых участвуют только атомные электроны; лишние нейтроны в ядре изотопа практически не оказывают никакого эффекта. После того как организм погибает, он перестает поглощать и утилизировать углекислый газ, а так как изотоп $^{14}_6\text{C}$ распадается с периодом полураспада 5700 лет, то соотношение изотопов $^{12}_6\text{C}$ к $^{14}_6\text{C}$ постепенно убывает. Радиоуглеродное датирование пригодно лишь для установления возраста предметов «не старше» 40 000 лет. Количество углерода-14 в более старых предметах обычно слишком мало и не поддается точному измерению. Для датирования более старых предметов можно использовать радиоактивные изотопы с большим периодом полураспада. Например, изотоп урана-238 с периодом полураспада 4,5 млрд. лет полезен для датирования возраста пород по геологической шкале.

Вопрос. Напишите реакцию β -радиоактивного распада $^{14}_6\text{C}$. Сколько ядер распадается за 2540 лет из каждого миллиона ядер изотопа $^{14}_6\text{C}$?

Ответ. В результате реакции β -распада углерода-14 образуется азот-14. Примерно 700 тыс. ядер.

12.2. Для лечебных целей применяют радиоактивные изотопы фосфора, йода и др. Принятые через рот, эти вещества концентрируются в соответствующих органах и тканях организма, где, распадаясь, действуют своим излучением на близлежащие ткани. Например, радиоактивный фосфор-32 концентрируется в компактном веществе трубчатых костей. Распадаясь с из-

лучением электронов, он облучает находящийся в костях костный мозг и этим нормализует нарушенное при некоторых заболеваниях кроветворение. При лечении злокачественных опухолей в качестве источника γ -лучей используется радиоактивный кобальт-60.

Вопрос. Напишите реакции радиоактивных распадов. Какие элементы при этих реакциях образуются?

Ответ. При β -распаде фосфора-32 образуется сера-32.

12.3. Веселая задача.

По словам известного КВНщика Андрея Чивурина, в наше время все нищают, а обогащается только он.

Вопрос. О чем идет речь?

Ответ. Об уране.

62. ИЗОТОПЫ

12.4. Атомы радиоактивных элементов отличаются от стабильных тем, что они являются источниками излучений в окружающую среду. Такие радиоактивные элементы называют мечеными. Располагая приборами для обнаружения этих излучений, можно обнаружить такие элементы в любом объекте, проследить путь их перемещения, наблюдать ход химических реакций. В биологии метод меченых атомов позволяет проследить пути миграции и расселения животных, исследовать обмен веществ у животных и растений, скорость передвижения отдельных компонентов, наблюдать за накоплением различных элементов в тканях, исследовать биологические жидкости.

Так, изотоп $^{59}_{26}\text{Fe}$ помогает измерить скорость кровотока, используется для исследования работы желез внутренней секреции.

Вопрос. Известно, что максимальная энергия β -распада этого изотопа 1,57 МэВ. Определите образующееся при этой реакции ядро. Определите кинетическую энергию этого ядра, считайте, что ядро железа до реакции покоилось.

Ответ. При β -распаде железа-59 образуется кобальт-59.

12.5. Изотоп К-42 используется для изучения взаимодействия почвы и удобрений, процессов усвоения растениями питательных элементов из минеральных удобрений. Калий-42 β - и γ -радиоактивен.

Задание. Запишите реакции.

Ответ. $^{42}_{19}\text{K}^* \Rightarrow ^{42}_{19}\text{K} + \gamma$.

12.6. Изотоп кальция-45 биологи используют для изучения обмена веществ в организмах, а также для изучения питания растений при использовании различных удобрений. Ядро кальция-45 β -радиоактивно.

Задача. Напишите реакцию.

Ответ. $^{45}_{20}\text{Ca} \Rightarrow ^{45}_{21}\text{Sc} + ^0_{-1}e$.

12.7. Кобальт-60 используется в медицине для лечения и терапии злокачественных образований и воспалительных процессов. Период полураспада кобальта-60 равен 5,26 года. Этот изотоп кобальта β - и γ -радиоактивен.

Задание. Напишите реакции.

Ответ. $^{60}_{27}\text{Co}^* \Rightarrow ^{60}_{28}\text{Co} + \gamma$, $^{60}_{27}\text{Co}^* \Rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni} + ^0_{-1}e$.

12.8. Изотоп фосфора-32 широко используется в биологии и медицине. Так, с помощью метода меченых атомов исследуют процессы усвоения растениями питательных веществ из удобрений и обмена

веществ в организме, проводят наблюдения за ростом корневой системы растений. В медицине проводят терапию болезней крови.

Период полураспада фосфора 14 суток, этот изотоп β -радиоактивен. Максимальная энергия излучения равна 1,71 МэВ.

Задание. Определите ядро, образующееся при этой реакции.

Ответ. ${}_{15}^{31}\text{P} \Rightarrow {}_{16}^{31}\text{S} + {}_{-1}^0\text{e}$.

12.9. Для подавления прорастания клубней картофеля и дезинсекции зерна (уничтожение сельскохозяйственных вредителей) применяют установки гамма-облучения, в которых используется изотоп цезия-137. Максимальная энергия излучения при этом равна 0,66 МэВ.

Вопрос. Определите ядро, образующееся при этой реакции.

Ответ. При γ -излучении ядра цезия-137 ядро цезия переходит из возбужденного состояния в стационарное, то есть при этой реакции изменения ядра не произойдет и останется ядро цезия-137.

12.10. Углерод-14 используется для исследования процессов обмена веществ, а также при изучении фотосинтеза растений. Этот изотоп β -радиоактивен.

Задание. Запишите реакцию.

Ответ. ${}_{6}^{14}\text{C} \Rightarrow {}_{7}^{14}\text{N} + {}_{-1}^0\text{e}$.

12.11. При помощи «меченых атомов» советские ученые установили, что средняя скорость передвижения воды из корня по стволу и ветвям растения 4 мм/с.

Задание. Уточните, как это было сделано. Определите, за сколько времени после полива вода достигнет

верхушки метрового комнатного растения. (Авт. Демкович В. П.)

Ответ. В воду для полива добавили радиоактивный изотоп, например, калий-42. По передвижению этого изотопа от корня к листьям и была определена скорость движения воды по стволу дерева. За 72 с вода переместится до верхушки комнатного растения.

12.12. Счетчики радиоактивного излучения, размещенные на расстоянии 1 м один от другого вдоль ствола растения, почва вокруг которого была полита раствором фосфата, содержащим радиоактивный фосфор, зафиксировали излучение с интервалом 4 минуты.

Вопрос. Какова скорость передвижения воды и вещества по стволу растения? За сколько времени вода достигнет верхушки растения высотой 3 м?

Ответ. 4 мм/с; 750 с = 12,5 минуты.

63. ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

12.13. Содержание радиоактивных изотопов в воде.

Изотоп	Водоем (источник)	Концентрация, МБк/л
Калий-40, K-40	Реки	285
	Озера	480
	Океаны	8800—11 840
Радий—226, Ra—226	Река Миссисипи, США	37—111
	Река Темза, Великобритания	0,37
	Вода из водопровода, Россия	37
	Вода из водопровода, Австрия	222

Продолжение таблицы

Изотоп	Водоем (источник)	Концентрация, МБк/л
Радий—226, Ra—226	Источник Кюри, США, штат Колорадо	11 000 000
	Горячие источники Шимпанье, Япония	25 900 000
	Чехия, г. Якимов	18 500 000
	Пятигорск, радоновые минеральные воды	110
	Исти-Су № 18, Закавказье, радиевые минеральные воды	13 700
	Мацеста, радоново-радиевые минеральные воды	2200
Природный уран	Большое соленое озеро, США	5
	Вода южных рек, Россия	50
	Вода северных рек, Россия	0,002—0,2
	Высыхающие непроточные озера	До 40 000
	Дон, Россия	2—3
	Волга, Россия	0,15—1,1
	Обь, Россия	1

Вопрос. Определите число ядер данных изотопов, распадающихся в 1 л воды за 1 час.

12.14. Изотоп серы-35 используется биологами для изучения обмена веществ в организме. Период полураспада этого изотопа 87,9 суток.

Вопрос. Сколько ядер распадается за 22 дня из каждого миллиона радиоактивных ядер?

Ответ. Примерно 850 тыс. ядер.

12.15. Для лечения некоторых болезней глаза используется изотоп стронция-90. Период полураспада этого изотопа 27,7 лет. Он β -радиоактивен.

Вопрос. Запишите реакцию и определите элемент, образующийся при этом. Сколько радиоактивных ядер останется в образце через 13 лет, если масса образца 1 г?

Ответ. При β -распаде стронция-90 образуется итрий-90. $1,5 \times 10^{21}$ ядер останется в образце.

64. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

12.16. Ионизирующее излучение при действии на живые организмы прежде всего приводит к ионизации молекул воды, всегда присутствующей в живых тканях, и молекул различных белковых веществ. При этом в живых тканях образуются свободные радикалы — сильные окислители, обладающие большой токсичностью, меняющие течение жизненных процессов.

Если человек подвергается систематическому воздействию даже очень малой дозы излучения или в его организме откладываются радиоактивные вещества, то может развиваться хроническая лучевая болезнь. В случаях нарушения техники безопасности она может возникнуть у врачей-рентгенологов, у исследователей радиоактивных веществ, у рабочих, имеющих дело с урановой и радиевой рудами, и т. д.

Вопрос. Какие последствия могут возникнуть у человека при облучении?

Ответ. Ядерные излучения оказывают сильное поражающее действие на все живые организмы.

Характер этого действия зависит от поглощенной дозы излучения и от его вида. Первичным действием излучения на организм является повреждение молекул. Ядерное излучение нарушает способность клеток к делению. У человека наиболее чувствительны к облучению кроветворные органы (костный мозг, селезенка, лимфатические железы), эпителий половых желез и слизистой оболочки кишечника.

- 12.17. На земном шаре имеются районы, где мощность поглощенной дозы в воздухе вне помещений значительно превышает среднее значение, характерное для районов с «нормальным» радиационным фоном. Это — провинции Лацио и Кампанья в Италии, районы в штатах Керала и Тамилнад в Индии, в штатах Эспириту-Санту, Минас-Жерайс и Рио-де-Жанейро в Бразилии, ряд районов во Франции, Иране, Нигерии, на Мадагаскаре и в некоторых других странах мира.

Так, в Индии наибольший интерес представляют участки земли протяженностью примерно 250 м и шириной около 500 м, где встречаются залежи радиоактивного минерала (монацита). Измерения показали, что мощность экспозиционной дозы в этих районах колеблется в больших пределах, а средняя мощность поглощенной дозы в воздухе вне помещений составляет около 1,3 мкГр/ч.

Вопрос. Какая энергия выделяется в организме человека при этом аномальном фоновом облучении?

Ответ. Если массу человека принять за 70 кг, то энергия, которая станет выделяться в организме, будет равна 91 мкДж за час.

- 12.18. В Бразилии выявлено два типа регионов с высоким естественным радиационным фоном: область

монацитовых песков вдоль Атлантического океана в штатах Эспириту-Санту и Рио-де-Жанейро и зона вулканических интрузий вдоль геологической трещины, которая простирается на большом расстоянии от побережья через континентальный штат Минас-Жерайс. Исследования радиационной обстановки в трех городах, расположенных в районах монацитовых песков, показали, что, например, в Гуарапари с населением примерно 12 тыс. человек мощность поглощенной дозы в воздухе колеблется от 1 до 2 мкГр/ч на улицах и до 20 мкГр/ч в некоторых местах на пляже. В населенном пункте Меайпе, расположенном в 50 км к югу от Гуарапари, средняя мощность поглощенной дозы в воздухе составляет примерно 1 мкГр/ч, а максимальное значение достигает 10 мкГр/ч. В штате Минас-Жерайс отмечены места, где мощность поглощенной дозы в воздухе достигает 28 мкГр/ч.

Вопрос. Допустимая доза общего облучения человека составляет 0,05 Гр за год. Превышает ли доза общего облучения человека в вышеперечисленных местах?

Ответ. Максимальные значения превышают допустимую дозу общего облучения, равную 5,7 мкГр/ч: в некоторых местах пляжа Гуарапари превышает в 3,5 раза, в Меайпе — в 1,75 раза, в штате Минас-Жерайс — в 4,9 раза.

12.19. В городе Рамсер (Иран) на участке в несколько квадратных километров, характеризующемся высоким содержанием радия-226 в воде, мощность поглощенной дозы колеблется от 0,7 до 59 мкГр/ч.

Вопрос. В аварийной обстановке в качестве допустимой принята доза 0,25 Гр. Сколько времени может человек находиться в этой аномальной зоне?

Ответ. При мощности дозы 59 мкГр/ч около 176 суток.

12.20. Во Франции в ряде районов типичное значение мощности поглощенной дозы в воздухе достигает 2 мкГр/ч. Во Франции обнаружен небольшой район, где мощность поглощенной дозы составляет 100 мкГр/ч.

Вопрос. В аварийной обстановке в качестве допустимой принята доза 0,25 Гр. Сколько времени может человек находиться в этих аномальных зонах?

Ответ. При мощности дозы 100 мкГр/ч около 104 суток.

12.21. Одна выкуренная сигарета сокращает жизнь на 15 минут. Кроме того, человек, выкуривающий каждый день 20 сигарет, получает такую же дозу облучения, как при ежедневном рентгеновском облучении легких.

Вопрос. Какую дозу облучения получает курильщик за неделю, за месяц, за год? Превышает ли это значение среднее допустимое значение для человека?

Ответ. За неделю 0,00105 Гр, за месяц 0,00420 Гр, за год 0,0504 Гр.

Если брать суммарную дозу облучения в течение года, то это значение превышает допустимую общую дозу облучения.

12.22. Для лечебных целей применяют радиоактивные изотопы фосфора, йода и других радиоактивных элементов. Принятые через рот, эти вещества концентрируются в соответствующих органах и тканях организма, где, распадаясь, действуют

своим излучением на близлежащие ткани. Например, радиоактивный фосфор концентрируется в компактном веществе трубчатых костей. Распадаясь с излучением электронов, он облучает находящийся в костях костный мозг и этим нормализует нарушенное при некоторых заболеваниях кровоотечение. При лечении злокачественных опухолей в качестве источника γ -лучей используется радиоактивный кобальт.

Вопрос. Напишите реакции распадов фосфора и γ — излучения кобальта.

Ответ. ${}_{15}^{31}\text{P} \Rightarrow {}_{16}^{31}\text{S} + {}_{-1}^0\text{e}$, ${}_{27}^{60}\text{Co}^* \Rightarrow {}_{28}\text{Ni} + \gamma$.

65. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ АТОМА

12.23. Первый атомный реактор привел в действие турбогенератор на маленькой электростанции в Обнинске, что находится на северо-востоке Калужской области. Реактор мощностью 5 тысяч кВт заработал 27 июня 1954 года и дал в систему Мосэнерго первый ток.

Вопрос. Какое вещество в этом реакторе играло роль замедлителя нейтронов? Какое вещество использовалось в качестве теплоносителя? Кто создал этот реактор?

Ответ. Замедлителем нейтронов был графит, теплоноситель — вода под давлением 10 Мпа.

12.24. Большой проблемой атомной энергетики являются вопросы захоронения и переработки ядерных отходов. Сейчас на планете накоплено более 130 тысяч тонн отработанного ядерного горючего. Еще не так давно такие отходы запечатывали в герметичные контейнеры и отправляли на дно океана, считая, что его глубо-

ководные слои не перемешиваются с поверхностными. Но последнее оказалось неверно. В последнее время от такого «захоронения» отказались. Герметичные бетонные контейнеры или железные бочки с отходами укладывают в бетонные «саркофаги». Такой огромный склад находится в Бретани, на северо-западе Франции. Но он уже переполнен.

Вопрос. Предложите свои способы захоронения и переработки радиоактивных отходов.

12.25. Из истории техники.

Построенный в 1954 году в США «Наутилус» стал самым грозным судном в мире.

Вопрос. Почему?

Ответ. Это первая атомная подводная лодка в мире.

12.26. Этот химический элемент добавляют к стали для повышения ее прочности и жаропрочности, насыщают им поверхности стальных изделий для защиты от коррозии; применяют в ядерной технике (стержни атомных реакторов, экраны, защищающие от нейтронного излучения). Ядерная реакция $X + {}^1_0n \Rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\alpha$ (Литий-7) приводит к появлению легко детектируемых α -частиц, поэтому этот элемент используют при изготовлении индикаторов и детекторов нейтронов.

Вопрос. Что это за элемент?

Ответ. Бор, в ядерной реакции ${}^{10}_5\text{B}$ — бор-10.

12.27. Весной 1950 года высадилась во льды вторая в истории дрейфующая станция «Северный полюс». Станция «СП-2» прожила во льдах 376 дней. Важнейшим секретом Арктики стало создание в середине 50-х годов ядерного полигона на архипелаге Новая Земля. Свыше 30 лет там проводились испытания чудовищного водородно-

го оружия, в результате которых Новая Земля сейчас изранена, изувечена. Невозможно составить хотя бы приблизительный список безвозвратных потерь, понесенных ее уникальной природой.

12.28. В августе 1977 года атомоход «Арктика» под командованием капитана Юрия Кучиева первым из надводных кораблей достиг точки Северного полюса.

12.29. Веселая задача.

Расскажу я вам, дружочки,
Как выращивать грибочки:
Нужно в поле утром рано
Сдвинуть два куска урана...

Вопрос. Какова должна быть общая масса кусков урана, чтобы произошел ядерный взрыв?

Ответ. Для урана-235 критическая масса составляет примерно 50 кг, если взять шарик такой массы, то диаметр такого шара будет равен 17 см.

ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ

Интересные сведения из кинематики

- ♦ Перелетная саранча способна совершать перелеты до 1500 км. Известны случаи ее перелета через Черное море. Некоторые исследователи считают, что длина беспосадочного перелета саранчи достигает 2200 км.
- ♦ В Черном море обитает рыбка-летучка, которая способна пролетать над волнами до 100 м. Другая летучая рыба — тихоокеанский долгопер — пролетает еще больше, до 200 м, поднимаясь при этом на высоту 5 м.

- ♦ Рекордсменка по прыжкам среди лягушек — южноафриканская лягушка тонкотельный прыгун (*Megalixalus leptosomus*). Имея длину туловища всего 5 см, она способна прыгать на 10 м.
- ♦ Самая быстрая сухопутная змея — черная мамба. Она может передвигаться со скоростью до 11 км/ч.

Влияние фаз Луны на рост и развитие растений

Известно, что каждое растение реагирует на лунную фазу, первую или последнюю ее четверть, полнолуние или новолуние. В связи с этим существуют благоприятные и неблагоприятные дни для посадки, ухода и уборки сельскохозяйственных культур. Для того чтобы выбрать оптимальные сроки, необходим лунный календарь.

В течение определенного времени Луна проходит «свой путь» от новолуния через полнолуние к следующему новолунию. Этот период продолжается 29,5 дня и в миниатюре как бы повторяет смену времени года, характерную для солнечного ритма.

Чтобы получить максимальный урожай надземных частей (салат, щавель), сажать семена в землю необходимо в период растущей Луны (от новолуния к полнолунию), чтобы максимально использовать благоприятный для роста период лунных «весны» и «лета».

Для проведения опыта, доказывающего преимущество посева растения в «нужную фазу» Луны, можно выбрать салат, щавель, капусту белокочанную и др. Цель эксперимента — в результате наблюдений и сравнений скорости всхожести семян, роста растений, развития определить, действительно ли дни, благоприятные по лунному календарю для посева семян, являются оптимальным сроком для получения будущего урожая куль-

туры, и, наоборот, посев в «запрещенные» по лунному календарю дни грозит потерей времени и качества в росте, развитии листовых пластин выбранных культур.

Химия запаха и его влияние на организм человека

Человек живет в мире запахов, но никогда не задумывается об их происхождении и механизме воздействия. Изучая в курсе органической химии вещества класса сложных эфиров, открываем для себя много новой информации о запахах и веществах, ими обладающих. Оказалось, что запах вещества во многом зависит от его химического строения. Этот вопрос очень интересен.

Как же воздействуют запахи на органы нашего обоняния с точки зрения физики и биологии? Запахи играют большую роль в жизни живых организмов. Существуют вещества — в своем роде рекордсмены, например, по запаху. Химическое соединение, чей запах человек может обнаружить в наименьшей концентрации, — это ванилин. А самые зловонные вещества — это этилмеркаптан и бутилселеномеркаптан. Всякое деление веществ по запаху не очень строго: оно основывается на наших субъективных ощущениях. И часто то, что нравится одному, не нравится другому. Пока еще невозможно сколько-нибудь объективно оценить, выразить запах вещества. Его обычно с чем-нибудь сравнивают, скажем, с запахом фиалки, апельсина, розы. Наука накопила много эмпирических данных, связывающих запах со строением молекул. Некоторые авторы приводят до 50 и более таких «мостиков» между строением и запахом.

Душистые вещества, как правило, содержат одну из так называемых функциональных групп: карбинольную, сложноэфирную и некоторые другие. Сложные эфиры обладают обычно фруктовым или фруктово-цветочным запахом, это делает их незаменимыми в пищевой промышленности — ведь они придают многим кондитерским изделиям и безалкогольным напиткам запах фруктов. Не обошли своим вниманием сложные эфиры и парфюмерную промышленность: нет практически ни одной композиции, куда бы они ни входили.

На первый взгляд может показаться, что чем больше в молекуле функциональных групп, тем лучше или сильнее она пахнет. Как раз часто бывает наоборот. Для соединений жирного ряда (они содержат цепочки углеродных атомов) накопление разных групп ослабляет запах. Рост числа одинаковых групп «убивает» запах в душистых веществах всех классов.

Большое влияние на запах оказывает величина молекулы. Обычно сходные соединения, принадлежащие к одному гомологическому ряду, пахнут одинаково, но сила запаха уменьшается с увеличением числа атомов. Соединения с 17—18 углеродными атомами, как правило, лишены запаха. Запах циклических соединений зависит от числа членов кольца. Если их 5—6, вещество пахнет горьким миндалем или ментолом, 6—9 — дает переходный запах, 9—12 — запах камфары или мяты, 13 — запах смолы или кедра, 14—16 членов кольца обуславливают запах мускуса или персика, 17—18 — лука, соединения с 18 членами и более либо не пахнут вообще, либо очень слабо.

Зависит сила аромата и от строения углеродной цепи. Например, альдегиды с разветвленной цепью пахнут более сильно и приятно, чем изомерные им альдегиды нормального строения.

Часто неприятным запахом вещества обязаны тройной связи. Однако и здесь есть исключение. Фолион — вещество, в котором запах свежей зелени прекрасно уживается с тройной связью.

Химикам известно много различных по структуре веществ с похожим запахом, и, наоборот, часто очень близкие соединения имеют совершенно различные запахи.

Многие исторические факты свидетельствуют о давнем применении натуральных душистых веществ, начиная еще со времен Древнего Египта. Причем области их применения чрезвычайно разнообразны: душистые вещества отличаются не только запахом, все они обладают также и физиологическим и антисептическим действием.

Запахи в жизни человека имеют огромное значение. Они не только создают настроение, но и лечат. Наверное, это один из самых приятных способов лечения, и название у него нежное и успокаивающее — ароматерапия.

Ароматерапия — это не альтернативная медицина и не панацея. Она является как вспомогательной, так и самостоятельной медицинской дисциплиной, занимающей положение наравне с фитотерапией, гомеопатией и прочими методами.

Много веков продолжалось обожествление запахов, но в то же время шло непрерывное изучение пахучих веществ и их лечебного, физиологического и эстетического воздействия на человека. А к концу XVII века из ряда родственных специальностей выделилась профессия парфюмера. Именно тогда появилось различие между духами и ароматическими веществами, которые стали главной сферой деятельности аптекарей. В XIX столетии француз Писсе положил начало новому направлению в парфюмерии, классифицируя арома-

ты согласно нотам в музыкальном ряду. Он перенес идею музыкальной гармонии в царство ароматов, где запахи, подобно нотам, формируют прекрасный сбалансированный хор или гармонию. Создание духов или индивидуальных ароматов подобно созданию картины или приготовлению пищи: необходим правильный баланс красок и вкусов, не слишком насыщенных и не слишком слабых. Духи должны иметь центр, вокруг которого объединяются другие запахи. Квалифицированные парфюмеры могут различать порядка 30 000 различных ароматов.

О массах в живой природе

- ♦ Самое большое насекомое — вета — обитает в Новой Зеландии. Его масса достигает 80 г. А размером он с полевою мышь.
- ♦ Скорость движения меч-рыбы в воде достигает 130 км/ч. Это обусловлено способностью рыбы изменять форму своего хвостового плавника. Такую же скорость развивают некоторые рыбы семейства парусниковых — копьеносцы, марлины, парусники. Они имеют копьевидно-заостренную верхнюю челюсть, что существенно снижает лобовое сопротивление воды и способствует турбулизации набегающего потока струй при движении в плотной среде.
- ♦ Мозг кита-финвала имеет массу 7 кг, масса мозга у слона — 5 кг, у человека — 1400 г, лошади — 500 г, коровы — 350 г, свиньи — 150 г, собаки — 100 г, гиббона — 89 г, кошки — 32 г. У обыкновенного ежа масса мозга — 3,2 г.

О колебательных системах в живой природе

- ◆ Сверчки воспринимают звуки частотой 300—8000 Гц, кузнечики — 800—45 000 Гц, саранча — до 90 000 Гц.
- ◆ Установлено, что собаки слышат звуки частотой до 35 кГц, крысы и морские свинки — до 40 кГц. Летучие мыши и дельфины при эхолокации воспринимают звуки частотой до 100 кГц. Для сравнения: верхний предел слуха человека — 20 кГц.
- ◆ Время кругооборота крови у краба — 37—65 с, у — кролика 7,5 с, у собаки — 16 с, у человека — 20—25 с.
- ◆ Сердце воробья бьется 600—850 раз в минуту, у мыши — 320—780, у курицы — 179—460, у гуся — 210—320, у кролика — 120—310, у кошки — 140, у собаки — 100—139, у лошади — 40. Нормальный пульс человека — 60—80 ударов в минуту.

Немного о воде

- ◆ 22 марта мы отмечаем Всемирный день воды и День Балтийского моря.
- ◆ Знаете ли вы, что:
 - по нормам на каждого жителя города приходится 220 литров воды в сутки;
 - принимая душ в течение 5 минут, вы расходуете около 100 литров воды;
 - каждый раз, когда вы чистите зубы, вы расходуете 1 литр воды;
 - наполняя ванну лишь до половины, вы расходуете 150 литров воды;

- разовый смыв в туалете — это 8—10 литров воды;
- во время влажной уборки расходуется не менее 10 литров воды;
- каждая стирка белья в стиральной машине требует свыше 100 литров воды;
- через обычный водопроводный кран проходит 15 литров воды в минуту;
- через незакрытый кран выливается около 1000 литров воды за час;
- даже самая малая утечка уносит до 80 литров воды в сутки.

Немного об асфальте

Асфальтовое покрытие улиц было известно еще в Древнем Вавилоне. Потом об асфальте забыли. И только в 1712 году в Швейцарии его вновь «открыли», применив при строительстве укреплений и домов, а в 1822 году — в дорожном деле.

О египетской пирамиде

В большой египетской пирамиде содержится около 2 миллионов 300 тысяч камней.

О банях в Древнем Риме

В Древнем Риме (2 тысячи лет назад) было 952 общественные бани. Эти бани-термы поражают своими размерами: их площадь достигала 125 тысяч квадратных метров. В термах имелись холодная и горячая вода, ванны, парные комнаты, раздевалки, помещения с лежанками для отдыха. Бассейны для плавания были площадью до 1700 квадратных метров.

Ежедневное потребление воды в Древнем Риме достигало 750 миллионов литров, что во много раз превосходило дневное потребление воды в Париже до 1950 года.

О первом металлическом мосте

Первые металлические мосты были построены в горных районах Китая. Древнейшим мостом можно считать висячий мост через глубокое ущелье реки Тату. Он служит и по сей день, а построен был в 1706 году.

О приливах и отливах

Приливы порождают любопытное явление. На земле довольно много мест, где реки впадают в узкие заливы (эстуарии). Когда вода поднимается, входя в них, высота приливной волны резко увеличивается, и она превращается в водяной вал. Это явление называется бор (маскарэ, пророка), и его можно наблюдать в устье реки Север (Великобритания, Бристольский залив). В устье южноамериканской реки Амазонки пророка, достигающая 5—6 м, с головокружительной скоростью перемещается вверх по течению. Река Фучуньцзян в Китае знаменита своими маскарэ. Здесь высота приливного вала достигает 3 м.

Высота приливов у берегов Норвегии достигает четырех метров. Поэтому перед узкими входами во многие фьорды (которые к тому же имеют обычно подводный скальный порог, еще более затрудняющий проход внутрь залива) возникает значительный перепад уровней воды. В некоторых фьордах можно благодаря этому наблюдать настоящие «морские водопады».

О самых больших листьях «кувшинки»

Поражает своими размерами представительница семейства нимфейных — виктория королевская. Родом из южноамериканской Амазонии, она украшает многие оранжереи и ботанические сады. Ее круглые колесовидные листья, достигающие в поперечнике 2 м, из-за загнутых кверху краев напоминают гигантские сковородки. На нижней стороне выступает множество толстых жилок. Благодаря им листья настолько крепкие и жесткие, что не боятся нагрузки до 50 кг. Такая «кувшинка» выдержит не только сказочную Дюймовочку, но и взрослого человека. Утверждают, что амазонские индейцы умеют пересекать широкие заводи, перепрыгивая с одного листа виктории на другой.

Некоторые примеры применения закона Паскаля в технике

Большое применение сжатый воздух получил в механических мастерских, цехах заводов. Широко используются пневматические инструменты ударного действия: молоты, вибраторы, трамбовки, сваебой и т. д., а также пневматические сверлильные и шлифовальные машины, гайковерты. Использование этого оборудования примерно в 6 раз повышает производительность труда по сравнению с работой ручным, немеханизированным инструментом. На всех видах металлорежущих станков применяются приспособления с пневматическими зажимными устройствами: пневматические патроны, зажимы, пневматические слесарные тиски. Они создают большие силы зажима детали и позволяют регулировать их в широких пределах, обеспечивают заданную последовательность действия зажимных механизмов.

Пневматические измерительные приборы позволяют производить в кратчайшее время измерения размеров с точностью до 0,01 мкм, допуская при этом минимальные погрешности.

В машиностроении для выполнения ряда вспомогательных работ создан пневматический инструмент, работающий от сжатого воздуха: пескоструйная очистка поверхностей от ржавчины и окалины, удаление стружки со станков, наплавка распылением слоя металла, нанесение защитного слоя масла на поверхность готовых деталей и т. д.

О кессонной болезни

Избежать кессонной болезни можно, если поднимать водолаза с большой глубины достаточно медленно, делая необходимые паузы. Такие паузы в подъеме позволяют растворенному газу диффундировать через ткань к кровеносным сосудам, по которым он вместе с кровью поступает в легкие, а оттуда — в атмосферу, так и не образовав пузырьков. Считается, что кессонная болезнь не возникает при резком подъеме с глубины 10 метров. Пребывание на глубине 30 м в течение часа требует при подъеме одной 2-минутной остановки на глубине 6 м и 24-минутной остановки на глубине 3 м. В тех случаях, когда водолазы ежедневно работают на глубине больше 100 м в течение всего рабочего дня, признано целесообразным не уменьшать давление вдыхаемого ими воздуха даже в часы отдыха после подъема с глубины, так как это потребовало бы нескольких часов, поэтому в промежутке между погружениями они отдыхают в специальных барокамерах, установленных на судах.

Значение диффузии в жизнедеятельности человека

- ♦ Вблизи Земли воздух практически однороден.
- ♦ Дыхание и пищеварение человека основано на диффузии.
- ♦ Диффузия используется во многих технологических процессах:
 - а) засолка,
 - б) получение сахара,
 - в) варка варенья,
 - г) окрашивание тканей,
 - д) стирка вещей,
 - е) цементация и т. д.

Диффузия в технике и природе

1. Сварка и пайка металлов. Эти процессы основаны на диффузии свариваемых металлов.
2. Диффузионная сварка в вакууме. Главное преимущество этого метода состоит в том, что он позволяет сваривать материалы, которые другими методами соединить невозможно (например, сталь с чугуном, серебро с нержавеющей сталью и т. д.).
3. Азотирование — насыщение поверхности стали азотом. Сталь становится твердой, износоустойчивой.
4. Цементация — насыщение стальных изделий углеродом.
5. Цианирование — насыщение поверхности стали углеродом и азотом.
6. Сахароварение. Стружка сахарной свеклы промывается водой и при этом молекулы сахара диффундируют из стружки в раствор.

7. Диффузионная металлизация изделий (поверхностное насыщение стальных изделий алюминием, хромом, кремнием ...).
8. Диффузия в тканях животных и растений (дыхание, пищеварение, обмен веществ и т. д.).

Самая низкая температура «живого» человека

Необыкновенная история стряслась с японским шофером Масару Сайто. Он работал на рефрижераторе-автомашине, перевозящей охлажденные продукты. В тот день он приехал в Токио из Судзуоки за получением груза мороженого. Тяжелая поездка и жара утомили водителя. Приехав к месту назначения, он решил укрыться от жары и отдохнуть до получения груза в кузове своей холодильной машины. Прошло время. Кто-то заметил стоящую без водителя машину. Когда открыли ее, обнаружили в ней шофера, но уже «замороженного». Термометр внутри показывал десять градусов ниже нуля. Тело водителя было срочно доставлено в ближайшую больницу. Несколько часов трудились врачи над замороженным человеком и оживили его.

Мореплавание, и не только

Судно — это сооружение, созданное для плавания. Часто полагают, что слова *судно* и *корабль* — синонимы. Однако это не совсем правильно. В современном торговом флоте применяют исключительно термин *судно*, в военном — *корабль*. Подобное разделение сложилось постепенно. В парусную эпоху кораблем называли лишь определенный тип судов — с прямыми парусами на всех мачтах. Причем число мачт должно было быть не менее трех. Таким образом, настоящими

кораблями считались только линкоры, фрегаты, корветы и некоторые торговые суда. Еще сто лет назад моряк никогда бы не назвал двухмачтовое военное судно кораблем — это сочли бы безграмотным.

Основные характеристики любого судна — размеры его корпуса и водоизмещение (масса вытесняемой воды, равная массе самого судна). Для торговых судов важное значение имеют грузоподъемность и регистровая вместимость (объем внутренних помещений). Самоходные торговые суда и военные корабли небольшого водоизмещения (обычно менее 200 т) именуют катерами.

О винтообразной волне

Поскольку средняя плотность тела рыб близка к плотности воды, их вес вблизи основных горизонтов жизнедеятельности достаточно хорошо уравновешивается выталкивающей силой по закону Архимеда. Благодаря ритмичной работе мышц рыба может отталкиваться от воды и таким образом перемещаться. При этом по ее телу в направлении от головы к хвосту с возрастающей амплитудой пробегает плоская или винтообразная упругая волна. Скорость распространения этой волны превышает быстроту перемещения рыбы. За счет ритмичного отталкивания от воды при распространении по телу упругой волны и осуществляется плавание рыб. К помощи плавников рыбы прибегают только для поддержания равновесия и при медленных перемещениях.

Немного о звуках, воспринимаемых ухом

Частотный диапазон звуков, воспринимаемых ухом, — от 16 до 20 000 Гц. Но у маленьких детей предел слышимости доходит до 22 000 Гц, у стариков

он понижается до 10 000 Гц и ниже (старшие люди, например, часто не слышат стрекотания кузнечиков, цикад, сверчков).

О слышимости звуков в Северных районах и Антарктиде

При сильном выхолаживании приземного воздуха в атмосфере могут возникать мощные температурные инверсии со скачком температуры 20°C и более. Центральные районы Якутии занимают первое место в мире по количеству таких инверсий. Проходящие через атмосферу под большим наклоном звуковые лучи в слоях инверсии испытывают сильное преломление и возвращаются к земле, за счет фокусировки звуковых лучей температурной инверсией резко возрастает дальность слышимости звуковых сигналов. Р. Скотт в Антарктиде при штиле и температуре —60°C слышал скрип снега под лыжами и удары ломов о лед с расстояния около 4—5 км. В Оймяконе лай собак, работа электропилы и широкоэвещательные радиопередачи средней громкости на открытом воздухе в середине зимы хорошо слышны из ближайшего совхоза, находящегося в 2,5 км от места наблюдения.

«Крылатое» государство

В Дании более ста лет назад была построена первая ветроустановка. Качество и разнообразие более двух тысяч пластиковых ветряков не имеют равных в мире. Экспорт ветроустановок в США, ФРГ, Китай, Австралию, Бразилию, Грецию, Египет, Индию, Иорданию, Пакистан, Таиланд, Зимбабве приносит значительный доход «крылатому» государству.

Применение в технике

- ◆ Известно, что современные самолеты летают со скоростями от 100 до 2500 км/ч, а опытные образцы и с еще большими скоростями. Искусственные спутники Земли движутся со скоростями около 28 000 км/ч, а космические ракеты — свыше 40 000 км/ч. При таких скоростях обшивка летательного аппарата испытывает сильное трение о воздух. От трения обшивка сильно нагревается.
- ◆ У высокоскоростных самолетов обшивку изготавливают из сплавов титана и стали. Кабину экипажа, топливные баки предохраняют слоями специального материала — керамики, стеклоткани.
- ◆ Внутреннюю обшивку самолета охлаждают также потоками воды и воздуха.
- ◆ Для искусственных спутников и космических кораблей, перегрев которых происходит в основном за счет излучения, характерна резкая смена температуры обшивки: во время прохождения в тени Земли температура опускается до -100°C , а при выходе из тени возрастает до $+120^{\circ}\text{C}$. Чтобы поддерживать в кабине космонавтов постоянную температуру (от 10 до 22°C), принимают специальные меры: двойная оболочка спутника заполняется газом азотом.
- ◆ Для защиты от солнечного излучения обшивку покрывают белой краской или блестящим материалом. Сейчас работают над созданием красок, которые меняли бы свой цвет при изменении температуры.

Примеры использования теплопроводности в живой природе

- ◆ Птицы обладают высокой температурой тела и хорошей теплоизоляцией, которая препятствует охлаждению тела воздухом во время полета; кроме того, высокая температура повышает эффективность сокращения мышц. У птиц большое, сильное сердце, способное поддерживать высокое кровяное давление.
- ◆ «Шерсть» защищает нас от холода. Поэтому у нас ее очень много: от 200 тысяч до 1 млн. волосков на всем теле, которые растут со скоростью 0,2 мм в день. У нас их 700 на каждой брови и 80 ресниц на каждом веке. Последние представляют собой настоящие «шторы», выпадающие и отрастающие вновь каждые 100 дней. Таким образом, за всю свою жизнь мужчина меняет 83 тысячи ресниц, а живущая дольше женщина — целых 93 тысячи.
- ◆ Северный олень одомашнен человеком. Это незаменимое животное на Севере: он дает мясо, шкуры, перевозит людей и грузы. У шерсти северного оленя есть интересная особенность: каждый волосок пустотелый, наполнен воздухом, что позволяет животным легко переносить сильные морозы. Поэтому теплая одежда из оленьих шкур незаменима для людей, живущих на Севере.
- ◆ Одомашненные верблюды служат человеку как вьючные и упряжные животные, поставщики шерсти, мяса, молока. Густая шерсть хорошо защищает этих животных от холода и жары.

Интересный факт о температуре в природе от Я. И. Перельмана

Человек гораздо выносливее по отношению к жаре, чем обычно думают: он способен переносить в южных странах температуру заметно выше той, какую мы в умеренном поясе считаем едва переносимой. Летом в Средней Австралии нередко наблюдается температура $+46^{\circ}\text{C}$ в тени; там отмечались даже $+55^{\circ}\text{C}$ в тени. При переходе через Красное море в Персидский залив температура в корабельных помещениях достигает 50°C и выше, несмотря на непрерывную вентиляцию.

Наиболее высокие температуры, наблюдавшиеся в природе на земном шаре, не превышали $+57^{\circ}\text{C}$. Температура эта установлена в так называемой «Долине Смерти» в Калифорнии. Температура в Средней Азии, самом жарком месте бывшего Советского Союза, не бывает выше $+50^{\circ}\text{C}$.

Производились опыты для определения высшей температуры, какую может выдержать человеческий организм. Оказалось, что при весьма постепенном нагревании организм наш в сухом воздухе способен выдержать не только температуру кипения воды $+100^{\circ}\text{C}$, но иногда даже еще более высокую, до $+160^{\circ}\text{C}$, как доказали английские физики Благден и Чентри, проводившие ради опыта целые часы в натопленной печи хлебопекарни. «Можно сварить яйца и изжарить бифштекс в воздухе помещения, в котором люди остаются без вреда для себя», — замечает по этому поводу Тиндаль.

Некоторые сведения о температурах в живой природе

- ♦ Нормальными условиями для жизни таракана-прусака являются $+20^{\circ}\text{C}$ и некоторая влажность. При температуре в $+4^{\circ}\text{C}$ прусаки еще способны к передвижению. Окоченение от холода начинается при $+2^{\circ}\text{C}$.
- ♦ Меньше всего боятся холода утки и гуси. Они способны выдерживать температуры до -110°C , тогда как белые медведи и тюлени — только до -80°C ниже нуля.
- ♦ Из-за свойств цитоплазмы клеток все живые организмы способны существовать при температуре между 0 и $+50^{\circ}\text{C}$. Но такие существа, как бактерии и сине-зеленые водоросли, могут населять источники, температура которых выше 85°C . Раковинные амёбы встречаются при температуре $+58^{\circ}\text{C}$. Личинки многих двукрылых могут жить при температуре близкой к $+50^{\circ}\text{C}$. Обитающие высоко в горах щетинохвостки, ногохвостки и клещи выживают при температурах, близких к -10°C .

Интересный факт «Сверхтекучесть гелия»

Гелий — газ, который сжижается при 4 К, то есть при температуре, близкой к абсолютному нулю. Жидкий гелий замечателен тем, что, как бы ни понижали температуру при нормальном давлении, он не переходит в твердое состояние. Это единственное вещество с такой особенностью. Другое замечательное свойство жидкого гелия в 1932 году открыл нидерландский физик Виллем

Хендрик Кеезом. Понижая температуру жидкого гелия после точки кипения, около 2,2К, ученые замечали, что кипение жидкости внезапно прекращалось, ее поверхность становилась абсолютно гладкой, и дальнейшее испарение шло без признаков кипения. Кеез назвал это явление сверхтеплопроводностью.

Российский ученый Петр Капица также заинтересовался удивительными свойствами жидкого гелия. Экспериментируя, он обнаружил сверхтекучие свойства жидкого гелия. Петр Леонидович о своем открытии говорил так: «Мне в жизни в первый раз удалось найти такое фундаментальное свойство вещества. Я много делал экспериментов в разных областях, но это уже вопрос везения или невезения. Когда такой случай подвернулся, нельзя было его упускать. Таких интересных явлений в природе еще немало. Чем явление непонятнее, чем больше оно противоречит современным взглядам, тем оно значительнее. Распутывать эти явления и должна передовая наука». В 1978 году Петру Леонидовичу Капице была присуждена Нобелевская премия.

Применение тепловых машин и проблемы охраны окружающей среды

При сжигании топлива в тепловых машинах расходуется большое количество кислорода. На сгорание разнообразного топлива расходуется от 10 до 25% кислорода, производимого зелеными растениями.

Тепловые машины не только сжигают кислород, но и выбрасывают в атмосферу эквивалентные количества оксида углерода (углекислого газа). Сгорание топлива в топках промышленных предприятий и тепловых элек-

трянций почти никогда не бывает полным, поэтому происходит загрязнение воздуха золой, хлопьями сажи. Сейчас во всем мире обычные энергетические установки выбрасывают в атмосферу ежегодно 200—250 млн. тонн золы и около 60 млн. тонн оксида серы (SO_2).

Кроме промышленности воздух загрязняют и различные виды транспорта, прежде всего автомобильный. Жители больших городов задыхаются от выхлопных газов автомобильных двигателей.

Об изменении температуры на Земле

За последние сто лет средняя температура на Земле поднялась на $0,6^\circ C$. Расчеты показывают, что при развитии парникового эффекта она может увеличиваться на $0,5^\circ C$ каждые десять лет, и это приведет ко многим отрицательным последствиям. Если бы произошло повышение глобальной температуры даже на $3—4^\circ C$, климатические зоны сместились бы на сотни километров, границы земледелия продвинулись бы далеко на север, на огромных пространствах исчезла бы вечная мерзлота. Северный Ледовитый океан в летнее время был бы свободен ото льдов и доступен для судоходства. С другой стороны, климат Москвы уподобился бы нынешнему климату Закавказья. Экваториальная зона в Африке переместилась бы в район Сахары. Произошло бы таяние ледников Антарктиды и Гренландии, в результате чего Мировой океан, «выйдя из берегов» (его уровень поднялся бы на 66 м), затопил бы прибрежные низменности, где теперь живет $1/4$ человечества (прогнозы 60—70-х годов).

О человеческом волосе

Человеческий волос имеет на своей поверхности многочисленные микроскопические поры. Если волос обезжирить, в порах может конденсироваться водяной пар с образованием вогнутых менисков. При увеличении влажности воздуха поры все больше заполняются влагой, кривизна менисков при этом уменьшается, свободная поверхность жидкости приближается к плоской поверхности. Это приводит к расширению объема пор, и волос растягивается. Когда влажность воздуха уменьшается, происходит испарение влаги с поверхности менисков, кривизна их увеличивается, и волос сжимается. На этом свойстве волоса основано устройство волосного гигрометра.

Электризация тел на производстве

На производстве многочисленные проявления электризации тел усложняют проведение ряда технологических процессов. Так, в текстильной промышленности электризация нитей приводит к их взаимному отталкиванию, расцеплению, притягиванию к поверхности роликов и веретен. Кроме того, заряженная ткань или пряжа притягивает к себе легкие мелкие предметы и тем самым загрязняется.

Много хлопот доставляет электризация тел в авиации. При полете вследствие трения о воздух или же при полете вблизи грозовых туч и заряженных облаков происходит электризация обшивки самолета, что ведет к нарушению радиосвязи и искажению показаний электроизмерительных приборов. После посадки к самолету нельзя сразу же приставлять металлический трап, так как может произойти электрический разряд.

Очень часто явление электризации используется в технике. Так, явление притяжения легких мелких предметов на электризованными телами используется в устройстве электрических фильтров для очистки дыма от мелких частиц пепла. Такие электрофильтры устанавливают в цехах, размалывающих цемент и фосфориты, на химических заводах.

Хорошо себя зарекомендовал метод окраски деталей в электрическом поле. При распылении мелкие капельки краски приобретают электрический заряд, движутся под действием электрического поля и детали и равномерно покрывают ее поверхность тонким слоем краски.

На этом же принципе основано изготовление с помощью электрического поля ковров, искусственного меха, замши, декоративных материалов для обивки мебели.

Движение заряженных частиц краски в электрическом поле используется в типографском производстве.

Об открытии биотоков мозга

В 1928 году немецкий врач Бергер приладил к своей голове два электрода, и концы их вывел на электроизмерительный прибор. Стрелка гальванометра заколебалась. Так было положено начало изучению биотоков мозга. Современная электроника позволяет не только записать волны головного мозга, но и сделать их зримыми. Можно увидеть, каким образом мышление человека сопровождается усилением или затуханием электрической активности по всей поверхности коры головного мозга.

Информация об электрических скатах

Электрические скаты имеют мощные электрические органы, которые могут давать электрические разряды напряжением от 8 до 200 В. Эти органы расположены по бокам рыбы между ее головой и грудными плавниками. Вес их составляет порой до одной шестой части веса тела. Длительность одного электрического разряда такого ската всего 0,03 с. Однако обычно следует серия разрядов, порой до ста подряд, а то и более. Скат пользуется этим оружием во время самообороны и охоты. Всего существует около 30 видов электрических скатов. Живут они в тропических и субтропических водах всех океанов.

«Электрические органы» рыб

Особенность некоторых рыб — электрического угря, африканского сома — «электрические органы». Они занимают практически $4/5$ длины тела. У угря положительный полюс «батареи» находится в передней части тела, а отрицательный — в задней (у сомов наоборот). Наибольшее напряжение разряда может достигать 650 В, но обычно оно не превышает 350 В. Сила тока при этом невелика — от 0,25 до 0,75 А. Электрическими разрядами рыбы оглушают добычу или отпугивают врагов.

Скоростной поезд на магнитной подушке

В Германии высокоскоростная магистраль связала Гамбург и Мюнхен, а в 2000 году вошла в строй линия на магнитной подвеске «Трансрапид» между Берлином и Гамбургом. При скорости 320 км/час расстояние в 283 км поезд преодолевает за 53 минуты.

Магниторазведка

С помощью магниторазведки изучают геомагнитное, или естественное магнитное, поле Земли. Его величина зависит от размеров и глубины залегания намагниченных объектов, например залежей железных руд. Магнитометрами (полевыми, самолетными или корабельными) измеряют абсолютную величину магнитного поля либо его относительные значения, которые сравнивают с измеренными в опорных пунктах.

Интересное применение биолюминесценции

В Бразилии и Уругвае водятся красновато-коричневые светлячки с рядами ярко-зеленых огоньков вдоль туловища и ярко-красной лампочкой на голове. Известны случаи, когда эти природные светильники — обитатели джунглей — спасали жизнь людей: во время испано-американской войны врачи производили операции при свете светлячков, насыпанных в бутылку.

Летучий голландец

Многие, очевидно, слышали легенду о «Летучем голландце», в существование которого в прошлые века верили моряки всего земного шара. «Летучий голландец» — призрачное парусное судно необычайно больших размеров без видимой команды на борту. Оно внезапно появлялось, безмолвно шло, не отвечая на сигналы, и также внезапно исчезало. Встреча с «Летучим голландцем» считалась роковой, надо было ждать шторма или другой беды.

Что же в действительности представлял собой «Летучий голландец»? Это был, без сомнения, верхний мираж, то есть изображение какого-либо обыкновен-

ного парусного судна, которое спокойно шло где-то далеко за горизонтом, а его увеличенное и искаженное изображение, в виде верхнего миража, поднималось в воздух, и его принимали за «Летучего голландца». Мираж, естественно, не реагировал ни на какие сигналы с других кораблей. Теперь «Летучий голландец» в виде парусного судна исчез с морей и океанов, поскольку парусные суда стали редкостью. Увидеть же миражи судов, плывущих за видимым горизонтом, можно довольно часто. *(Из книги С. В. Зверевой «В мире солнечного света».)*

Оптические приборы в медицине (Ц. Б. Кац)

Для осмотра носоглотки, трахеи, бронхов, желудка и др. применяют приборы (общее название — эндоскопы), которые состоят из источника света и смотровой трубки, представляющей собой сложный оптический прибор с разным числом линз и призм. В современных эндоскопах применяется волоконная оптика. В них используется до нескольких тысяч стекловолокон толщиной до 10 мк, скрепленных на концах, благодаря чему создается большая гибкость аппарата. Передача света по стекловолокну основана на явлении внутреннего отражения света от стенок, благодаря чему изгиб светопроводящего жгута не нарушает условий светопередачи и не происходит искажения изображения даже при значительном сгибании фиброскопа. С помощью этого прибора получают разнообразную информацию о состоянии органов, производят фотографирование, осуществляют и оперативные вмешательства. Прибор помогает останавливать кровотечения и вводить лекарственные вещества непосредственно в орган, а также удалять инородные тела.

Интересная информация о глазе

Показатель преломления в разных частях глаза меняется от 1,33 до 1,41. Преломляющая сила роговицы — 43 Дптр, хрусталика — 19—23 Дптр в зависимости от аккомодации. Поле зрения неподвижного глаза — около 160 градусов по горизонтали и около 130 градусов по вертикали.

Сетчатка, на которой формируется изображение объекта, содержит около 130 миллионов светочувствительных клеток (125 миллионов палочек и 5—7 миллионов колбочек), преобразующих падающее световое излучение в электромагнитные импульсы.

Колбочки работают при дневном освещении и обеспечивают центральное цветное зрение. Палочковый аппарат обладает меньшей остротой зрения, но зато большей чувствительностью.

Заря

Заря — одно из наиболее красочных световых явлений природы, воспетое поэтами всех времен и народов. С зарей связано много легенд, сказаний, мифов. Зарю обожествляли. Древние греки считали, что заря наступает, когда розовоперстая Эос мчится на колеснице, запряженной белыми лошадьми, возвещая появление своего брата Гелиоса — бога Солнца. Римляне называли богиню утренней зари Авророй.

Образ зари всегда был популярен в искусстве, он нашел отражение в скульптуре, живописи, музыке.

Опускаясь к горизонту, Солнце быстро теряет свою яркость и начинает менять свой цвет. Золотисто-желтый переходит в желтый, оранжевый, и у самого горизонта Солнце становится темно-красным. Одновременно окрашивается и западная часть небосвода

у горизонта. Когда Солнце находится уже близко к горизонту, небо вокруг него становится золотисто-желтым, ниже оранжевым и у самого горизонта красным или темно-красным. Это заря или сияние зари в узком смысле этого слова. Заря наиболее красива сразу после захода Солнца. При большой прозрачности воздуха краски зари наиболее чистые в ее верхней части, где золотисто-желтый цвет переходит в зеленоватый и зеленый.

Гало

Наблюдение гало может служить местным признаком погоды. Гало всегда наблюдается в перисто-слоистых облаках, которые обычно входят в систему облаков теплого фронта. Поэтому появление гало говорит о приближении теплого фронта.

Какие же изменения погоды следует ожидать в связи с прохождением теплого фронта? Прежде всего — снижение и уплотнение облаков и выпадение осадков обложного характера: дождя, снега, мокрого снега.

Летом при установившейся погодехождение теплого фронта, сопровождающееся низкой облачностью и дождями, обычно воспринимается как ухудшение погоды.

Зимой при установившейся погоде появление гало предвещает снижение морозов, потепление в связи со снижением и уплотнением облаков и переход к осадкам.

Ввиду того, что венцы образуются на более мелких элементах облака (каплях или кристаллах), чем гало, можно сделать следующие заключения: если сначала наблюдались венцы, затем они пропали, и через некоторое время появилось гало, то это говорит об

укрупнении кристаллов облака и об увеличении вероятности выпадения осадков. Наоборот, если после гало появились венцы, значит, элементы облака испаряются, уменьшаются в размерах. Следовательно, уменьшается вероятность выпадения осадков.

Радиационный фон Земли складывается из трех компонентов:

- ◆ излучения, обусловленные космическим излучением;
- ◆ излучения от рассеянных в земной коре, почве, воздухе, воде и других объектах внешней среды естественных радионуклидов, из которых основной вклад в дозу облучения человека вносят калий-40, уран-238, торий-232 вместе с продуктами распада и тория;
- ◆ излучения от искусственных радионуклидов, образовавшихся при испытаниях ядерного оружия и выпавших на поверхность Земли в виде локальных, тропосферных, глобальных радиоактивных осадков или поступающих во внешнюю среду при удалении радиоактивных отходов предприятиями атомной промышленности, предприятиями ядерного топливного цикла, предприятиями и учреждениями, работающими с радиоактивными веществами и использующими их в медицине, науке, технике или сельском хозяйстве.

Крупнейшая АЭС в мире

Чем мощнее блоки АЭС, тем они экономичнее. Не случайно во Франции они уже дают больше 60% всей производимой в стране энергии. Количество промышленных реакторов в США перевалило за сотню. После

«энергетического кризиса» начала семидесятых годов, когда цена на нефть на международном рынке буквально взвилась вверх, ядерная энергетика доказала, что из всех альтернативных источников она наиболее подготовлена к вытеснению топлива из электроэнергетики ведущих западных стран. Именно это привело там к быстрому увеличению числа АЭС. Крупнейшая АЭС мира находится в Японии: 10 энергоблоков Фукусимы имеют мощность 9,1 млн. кВт.

Экологические катастрофы на АЭС

- ♦ Близость атомной электростанции повышает естественный радиационный фон меньше чем на 0,01. За год человек, живущий неподалеку от АЭС, получит дополнительно ничуть не большую дозу облучения, чем та, что ему достается каждый день, когда он смотрит телевизор. Для сравнения: эта годовая доза вдвое меньше получаемой пассажиром авиалайнера при перелете из Москвы в Якутск или из Москвы в Нью-Йорк.
- ♦ В ночь на 26 апреля 1986 года на четвертом блоке Чернобыльской АЭС на Украине в момент плановой остановки реактора начали эксперимент с турбиной. Мощности реактора была около 7%, когда она снова начала расти. Чтобы беспрепятственно завершить эксперимент, дежурный отключил аварийное охлаждение реактора. Мощность то снижали, то поднимали. Началось интенсивное образование пара. Реактор стал неуправляем. Активизировалось взаимодействие пара с циркониевыми оболочками твэлов. Стал скапливаться водород. Последовал его взрыв. За ним — второй. Разворотило реактор. Разрушило здание четвертого блока, начался пожар.

Правда, цепная реакция прекратилась. К счастью.

- ♦ По данным главного счетного управления конгресса США, с 1971 по 1984 годы в ряде стран произошла 151 авария на АЭС, причем в понятие аварии входит «значительный выброс радиоактивных материалов или воздействие их на людей». Некоторые из этих аварий произошли в США.

В октябре 1966 года произошло частичное расплавление активной зоны после выхода из строя охлаждения реактора неподалеку от Детройта. Ноябрь 1971 года — почти 200 тысяч литров загрязненной радиоактивными веществами воды из переполненного хранилища отходов реактора в Монтиселло вытекло в реку. Март 1979 года — крупнейшая авария на АЭС «Тримайл айленд» в Пенсильвании близ Гаррисберга: перестала действовать система охлаждения второго реактора, начал скапливаться водород, затем он взорвался; последовал выброс в атмосферу радиоактивного газа, следы которого были зарегистрированы на значительной территории, вплоть до штата Мэн на северо-востоке страны, т. е. примерно в 900 км от аварийной станции, а тем временем частично расплавился защитный слой реактора; на другой день в реку Саскуханну было выпущено около 1,5 миллионов литров зараженной радиоактивной воды; серьезной угрозе подвергалось здоровье 630 тысяч американцев. Январь 1982 года — в результате разрыва трубы парогенератора на реакторе близ Рочестера произошел выброс радиоактивного пара в атмосферу..

- ♦ Страшная авария произошла в Канаде в 1983 году на АЭС недалеко от Торонто. Вышел из строя ре-

актор, и в озеро Онтарио 20 минут продолжалась утечка радиоактивной воды — по тонне в минуту. Все это время цепная ядерная реакция в реакторе продолжалась, так как он не был оснащен автоматической компьютерной системой отключения.

- ◆ В октябре 1957 года произошел пожар реактора ядерного комплекса Уиндскейл на северо-западе Великобритании. Реактор пришлось одеть в бетонный «саркофаг». Радиоактивное облако повисло над северной Англией и Шотландией, затем его понесло на Скандинавию. В том же году пожар вспыхнул в реакторе ядерного завода в Селлафилде на берегу Ирландского моря; произошел сильный выброс радиации в юго-восточном направлении — на Лондон и Западную Европу; с той поры на этом заводе было зарегистрировано более 300 различных аварий. В марте 1986 года в графстве Кент на АЭС в Дангинессе произошел внезапный взрыв и выброс в атмосферу радиоактивного газа.
- ◆ В Германии в мае 1986 года на АЭС в Хамме (северный Рейн-Вестфалия) произошел выброс радиоактивного газа в атмосферу. На АЭС Японии было зарегистрировано 16 пожаров. В январе 1988 года в Футаба, префектуре Фукусима, произошел страшный пожар, уже второй пожар на этой станции...
- ◆ В Советском Союзе промышленная АЭС на быстрых нейтронах была пущена еще в начале 70-х годов в городе Шевченко на Мангышлаке. Она обеспечивала пустынный полуостров электричеством и каспийской водой, опресняя ее по 120 тысяч тонн в сутки. В этом реакторе три контура отвода тепла. Прямой контакт радиоактивного натрия с водой турбинного цикла исключается введением промежуточного натриевого

контура, где циркулирующий металл нерадиоактивен. В корпусе реактора — активная зона. Туда помещают твэлы. А вокруг как бы экраном расположена зона воспроизводства из двуокиси бедного урана.

О зрении в живой природе

- ◆ Глаза насекомых получают четкое изображение предмета с расстояния 10 см, но на чужие движения реагируют с расстояния 2 м.
- ◆ Глаз таракана (*Blatella*) лучше всего реагирует на зеленый цвет, длина волны которого 510 нм, и ультрафиолетовый цвет, длина волны которого 360 нм.
- ◆ Глаза рыбы могут видеть только на близком расстоянии из-за шарообразного хрусталика, приближенного к роговице, что является приспособлением к зрению в водной среде. Обычно глаза рыбы «установлены» для зрения на расстояние 1 м, но благодаря сокращению гладких мышечных волокон хрусталик может оттягиваться назад, чем достигается аккомодация на расстояние до 10—12 м.

Некоторые сведения из термодинамики живой природы

- ◆ Меньше всего боятся холода утки и гуси. Они способны выдерживать температуры до -110°C , тогда как белые медведи и тюлени — только до 80°C ниже нуля.
- ◆ Холод действует на физическую активность и работоспособность человека. Цепенеют не только мышцы, но и мозг, воля, без которой любая борьба обречена на поражение. Поэтому в зоне низких температур, например в Арктике, деятельность человека начинается

с мер по защите от холода: строительства убежищ, разведения костра, приготовления горячей пищи.

- ♦ Высокая температура окружающей среды, в особенности прямая солнечная радиация, вызывает в организме человека значительные изменения, иногда за относительно короткое время. Перегрев организма нарушает функции органов и систем, ослабляет физическую и психическую деятельность. Особенно опасно воздействие высоких температур при недостатке питьевой воды, ибо в этом случае наряду с перегревом развивается обезвоживание организма.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Меры жидких тел, применяемых в мире

- ♦ 1 баррель нефти = 158,988 л
- ♦ 1 литр = 0,001 м³
- ♦ 1 британский галлон = 4,546 л
- ♦ 1 галлон США = 3,785 л
- ♦ 1 британская кварта = 1,1365 л
- ♦ 1 кварта США = 0,94625 л
- ♦ 1 британская пинта = 0,5682 л
- ♦ 1 пинта США = 0,47312 л
- ♦ 1 британский гилл = 0,1377 л
- ♦ 1 гилл США = 0,1183 л

Размеры животных (средние значения)

Название	Длина, м	Название	Длина, м
Белуга	4—5	Анаконда, самая длинная змея	11,43
Обезьяний угорь	0,5	Комодский варан	3
Голнаф, самая крупная лягушка	0,8		

Крупнейшие озера мира (площадь озера)

Крупнейшие озера Южной Америки	Площадь озера, м ²
Маракайбо	16
Титикака	8
Крупнейшие озера Австралии	
Эйр	15
Торренс	6

Крупнейшие озера Евразии	
Онежское	10
Ладожское	18
Каспийское	376
Аральское	34
Балхаш	22
Байкал	31
Крупнейшие озера Африки	
Виктория	68
Танганьика	34
Ньяса	31
Крупнейшие озера Северной Америки	
Большое Медвежье	30
Большое Невольничье	29
Атабаска	8
Виннипег	24
Верхнее	82
Гурон	60
Мичиган	58
Онтарио	20
Эри	26

Длина крупнейших рек мира

Название	Длина, км	Название	Длина, км
Меконг	4500	Макензи	4250
Парана	4380	(с Пис-Ривер)	
Салуин	3200	Енисей	4102
Инд	3120	Обь	5410
Муррей	3490	(с Иртышом)	
(с Дарлинггом)		Нил (с Кагерой)	6671
Конго	4320	Лена	4400
(с Луалабой)		Амазонка	7000
Юкон	3700	(с Укаяли)	

Продолжение таблицы

Название	Длина, км	Название	Длина, км
Волга	3531	Амур	4440
Миссисипи (с Миссури)	6420	(с Аргунью) Хуанхэ Янцзы	4845 5800

**Температуры, встречающиеся в природе
и технике (°C)**

Наиболее высокая температура воздуха, зарегистрированная на Земле (Триполи, Северная Африка, 1922)	58
Температура горения соломы	800
Температура обшивки фюзеляжа самолета при скорости полета 3200 км/ч	230—260
Температура поверхности самой «холодной» звезды, изученной до сих пор (χ Лебеда)	1600
Температура фотосферы Солнца	6000
Наиболее низкая температура воздуха, зарегистрированная на Земле (Антарктика, научная станция «Восток», 1960)	—88,3
Температура кипения водорода	—252,87

Температурные шкалы

°C	K	°F	°Ra
100	373,15	212	671,6
0	273,15	32	491,67
—273,15	0	—459,67	0

Физические параметры, характеризующие организм человека

Приводимые данные являются усредненными и ориентировочными.

Сила, развиваемая сердцем при сокращении	Н	70—90
Работа сердца при одном сокращении	Дж	1
Средняя мощность, развиваемая сердцем	Вт	2,2
Объем крови, выбрасываемой сердцем за одно сокращение	см ³	60—80
Объем крови, выбрасываемой сердцем за 1 мин (70 сокращений)	л	4,2—5,6
Плотность крови (при 20°C)	кг/м ³	1050
Средняя плотность тела человека	кг/м ³	1036
Поверхностное натяжение крови	мН/м	60
Скорость распространения раздражения по двигательным и чувствительным нервам	м/с	40—100
Звуковая мощность голоса — обычная речь — предельная громкость	мВт	0,007 2
Частоты, к которым ухо имеет наибольшую чувствительность	кГц	1,5—4,0
Удельная теплоемкость крови	Дж/(кг К)	3900
Удельная теплоемкость тела в целом	Дж/(кг К)	3350
Температура плавления крови	°С	—0,57

Продолжение таблицы

Количество воды, испаряемой с поверхности кожи и легких в сутки	кг	0,8—2,0
Наиболее благоприятная для жизни человека относительная влажность воздуха	%	30—60
Электрическое сопротивление тела от конца одной руки до конца другой (при сухой неповрежденной коже рук)	кОм	1,5
Сила тока через тело человека, считающаяся безопасной	мА	до 1
Сила тока, приводящая к серьезным поражениям организма	мА	100
Безопасное электрическое напряжение	В	
— сухое помещение		36
— сырое помещение		12

**Затраты энергии при спортивных соревнованиях
(ориентировочные значения)**

Вид соревнований	Дистанция, м	Затрата энергии	
		кДж	ккал
Бег	100	150	35
	200	290	70
	400	420	100
	5000	1880	450
	10000	3140	750
	42195	10500	2500

Продолжение таблицы

Вид соревнований	Дистанция, м	Затрата энергии	
		кДж	ккал
Плавание	100	420	100
	200	590	140
	400	840	200
Лыжные гонки	10 000	3800	900
	20 000	7100	1700
	30 000	10 000	2400
	50 000	16 700	4000

Характеристики тепловых двигателей,

Название	Мощность, кВт	КПД, %
ДВС карбюраторный	1—200	~25
ДВС дизельный	15—2200	~35
Паровая турбина	300 000—1 200 000	~30
Газовая турбина		~27
Турбореактивный двигатель		~30
Реактивный двигатель	30 000 000	~80

Энергия фотонов рентгеновского излучения,
используемого в медицине

	фДж	кэВ
При диагностике	9,6—19,2	60—120
При глубокой терапии тканей	24—32	150—200

Дозы излучения

	Гр	бэр
Доза излучения, получаемая человеком при рентгеноскопии грудной клетки	0,00015	0,015

Продолжение таблицы

	<i>Гр</i>	<i>бэр</i>
Доза излучения, получаемая человеком при рентгенографии грудной клетки	0,000016	0,0016
Одноразовая доза гамма-или коротковолнового рентгеновского облучения всего организма человека, вызывающая смертельный исход в 50% случаев	4—5	400—500
Одноразовая доза гамма—или коротковолнового рентгеновского облучения всего организма человека, вызывающая смертельный исход в 100% случаев	5,5—7,5	550—750

Плотность жидкостей
(значения даны при температуре 20°С)

Жидкость	<i>кг/м³</i>
Белок куриного яйца	1045
Вода морская	1010—1050
Желток куриного яйца	1028
Масло подсолнечное рафинированное (при 0°С)	940
Масло соевое	919
Масло хлопковое	921
Мед	1435
Молоко обезжиренное (при 15°С)	1036
Молоко цельное	1029
Рыбий жир	945

Плотность древесины

В таблицах приводятся средние значения плотностей древесины (в $\text{кг}/\text{м}^3$) при влажности 15% ρ_{15} , абсолютно сухой ρ_0 и свежесрубленной ρ_s .

Древесная порода	ρ_0	ρ_{15}
Акация белая	630	810
Бальза		110—120
Бакаут (железное дерево)		1300
Бамбук		400
Береза	500	640
Бук	530	680
Вяз	520	660
Граб	630	810
Груша	570	720
Дуб	550	700
Ель	360	450
Кедр	350	440
Клен	550	700
Красное дерево		540
Липа	400	500
Лиственница	520	670
Ольха	420	530
Орех грецкий	470	600
Осина	400	500
Пихта сибирская	300	380
Пробковое дерево		127
Сосна обыкновенная	400	510
Тополь	360	460
Черное дерево		1160
Ясень	550	690

Древесная порода	ρ_0	Древесная порода	ρ_{15}
Береза	880	Липа	790
Дуб	1020	Сосна	860
Ель	800	Тополь	750
Клен	960	Ясень	920

Скорости движения в животном мире

Приведены ориентировочные максимальные значения.

	Скорость, км/ч		Скорость, км/ч
Акула	40	Бабочка-	54
Дельфин-	54	бразжник	
афалина		Майский жук	11
Кит-	38—40	Муха	18
полосатик		Муха-слепень	54
Лосось	27	Пчела	25
Меч-рыба	80	Стрекоза	36
Тунец	80	Шмель	18
Воробей	35	Антилопа гну	80
Ворона	25—32	Борзая	58
Галка	46—60	Волк	55—60
Голубь	60—70	Газель	95
Грач	41	монгольская	
Ласточка	54—63	(джейран)	
Скворец	45	Гепард	112
Сокол	64—77	Жираф	51
Страус	80	Заяц-	60
африканский		русак	
Ястреб-	31—45	Кенгуру	48
перепелятник		Лев	65
		Лось	47
		Лошадь	46
		скаковая	40

Изменение температуры в Арктике при различной силе ветра

Сила ветра, м/с	Температура, °С												
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Штиль	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
2-3	9	3	-2	-7	-12	-17	-23	-28	-33	-38	-44	-49	-54
4-5	4	-2	-8	-14	-21	-27	-34	-38	-44	-51	-57	-63	-69
6-7	2	-5	-12	-19	-26	-32	-39	-44	-51	-58	-65	-72	-80
8-9	0	-7	-14	-22	-29	-36	-43	-49	-56	-64	-71	-78	-86
10	-1	-8	-16	-23	-31	-37	-45	-51	-58	-66	-74	-80	-88
11	-1	-9	-17	-24	-32	-38	-46	-52	-60	-67	-76	-83	-91
12													
13	-2	-10	-18	-26	-34	-40	-49	-54	-63	-71	-78	-87	-94
14													
15	-3	-11	-19	-27	-35	-42	-51	-57	-64	-73	-81	-89	-97
16													
17	-4	-12	-20	-28	-36	-43	-52	-58	-68	-74	-82	-91	-99
18													
Свыше 18 м/с, дополнительный эффект ветра незначителен	Умеренная зона					Зона нарастающей опасности				Опасная зона			

Продолжение таблицы

	Скорость, км/ч		Скорость, км/ч
Медведь	0,5	Слон африканский	0,5
		Черепаша эму	50

**Единицы массы,
применяемые в зарубежных странах**

- ♦ 1 британская тонна («длинная») = 1,016 т;
- ♦ 1 британский центнер («длинный») = 50,8 кг;
- ♦ 1 тонна США («короткая») = 0,907 т;
- ♦ 1 центнер США («короткий») = 45,36 кг;
- ♦ 1 стоун = 14 фунтам = 6,35 кг;
- ♦ 1 фунт = 16 унций = 453,6 г;
- ♦ 1 унция = 16 драхм = 437,5 грана = 28,35 г;
- ♦ 1 драхм = 27,34 грана = 1,772 г;
- ♦ 1 гран = 64,8 мг.

**Ориентировочные коэффициенты
трения скольжения**

Трущиеся материалы	Коэффициент трения	
	покоя	при движении
Дерево по дереву	0,65	0,33
Дерево по камню	0,46—0,60	—
Железо по железу	0,15	0,14
Металл по дереву	0,60	0,4
Металл по камню	0,42—0,50	—
Резина по чугуно	0,83	0,8
Олово по свинцу	2,25	—
Полосья деревянные по льду	0,035	0,035
Полосья деревянные (обитые железом) по льду	0,02	0,02

Давление атмосферы на различной высоте над Землей

Данные таблицы соответствуют стандартной атмосфере.

h, м	p	
	Па	мм рт ст
0	101325	760
50	100720	755,51
100	100129	751,03
150	99536	746,58
200	98945	742,15
300	977773	733,36
400	96611	724,64
500	95461	716,02
600	94322	707,48
700	93194	699,02
800	92077	690,64
900	90972	682,34
1000	89876	674,13
2000	79501	596,31
3000	70121	525,95
4000	61660	462,49
5000	54048	405,39
6000	47218	354,16
7000	41105	308,31
8000	35652	267,41
9000	30801	231,02
10000	26500	198,76
20000	5529	41,49
40000	296	2,22
60000	21,2	0,16
80000	1,05	0,0082
100000	0,032	0,00024
120000	0,026	0,000019

Слуховой аппарат человека

Характеристика	
Частотный диапазон звуков, воспринимаемых ухом, Гц	16—20 до 20000
Частотный диапазон речи, Гц	1200—9000
Частота звуковых колебаний, к которым наиболее чувствительно ухо, Гц	1500—3000
Расстояние между правым и левым ухом у взрослого человека, см	около 18
Форма барабанной перепонки	овальная
Масса молоточка, мг	около 23
Масса наковальни, мг	около 25
Масса стремечка, мг	около 3
Площадь наружного отверстия слухового канала уха, см ²	0,3—0,5
Площадь барабанной перепонки, см ²	0,1

Модуль упругости и предел прочности древесины

Средние значения модуля упругости E и предела прочности при растяжении и сжатии (вдоль волокон) некоторых пород древесины (при влажности 15%).

Древесная порода	E , ГПа		$\sigma_{чм}$, ГПа	
	при растяжении	при сжатии	при растяжении	при сжатии
Береза	18,1	15,8	161,0	46,5
Дуб	14,1	14,0	113,5	51,0
Ель	14,3	14,2	100,5	39,0
Лиственница	14,5	14,0	122,5	55,0
Ольха	11,9	12,8	96,5	38,5

Продолжение таблицы

Древесная порода	E, ГПа		σ _{пч} , ГПа	
	при растяжении	при сжатии	при растяжении	при сжатии
Осина	15,4	12,6	120,0	37,5
Сосна	11,7	11,7	101,0	41,5
Тополь	12,2	13,7	87,0	34,5
Ясень	14,0	15,0	139,0	50,0

Твердость древесины

Твердость — сопротивление материала вдавливанию — определяется различными методами и измеряется числом твердости. Приведены ориентировочные числа твердости НВ некоторых пород деревьев влажностью 15%. Твердость древесины вдоль и поперек волокон неодинакова, буквами «тц» и «бк» обозначены соответственно торцевая и боковая твердость.

Древесная порода	Число твердости НВ	Древесная порода	Число твердости НВ	Древесная порода	Число твердости НВ
Береза тц	4,1	Ель тц	2,2	Рябина тц	5,6
Береза бк	3,0	Ель бк	1,8	Сосна тц	2,5
Граб тц	8,0	Железное		Сосна бк	2,3
Граб бк	6,2	дерево тц	9,0	Тополь тц	2,0
Груша тц	7,3	Каштан	3,0	Тополь бк	1,7
Груша бк	5,3	тц		Яблоня тц	6,3
Дуб бц	6,2	Осина тц	2,5	Ясень тц	7,6
Дуб бк	4,9	Осина бк	1,8		

Время переносимости человеком перегрузок, с

Перегрузка	Направление действия перегрузки			
	Голова— ноги	Ноги— голова	Грудь— спина	Спина— грудь
3	900—1500	5—20	1200	300—420
4	600—900	5—6	900	60—180
5	120—240	—	600	60—120
6	30—120	—	300	60—120
7	30—40	—	180	60
8	10—12	—	90	60
9	—	—	—	20
12	—	—	30	3—6
14	—	—	18	—

Перегрузки, испытываемые человеком

Выход летчика из пикирования	8—9
Баллистический спуск в атмосфере Земли космического корабля	8—10
Катапультирование пилота	16
Приземление парашютиста при скорости приземления 6 м/с	1,8
Максимальная перегрузка спускаемого аппарата АМС «Венера-10»	167
При выполнении на самолете виража	3—5
При выполнении на самолете петли Нестерова	3—6

**Частотный диапазон голосов певцов и певиц
(средние значения при температуре 20°C)**

Женский голос	Частотный диапазон голоса, Гц	Мужской голос	Частотный диапазон голоса, Гц
Контральто	70—780	Бас	80—350
Меццо-сопрано	200—900	Баритон	100—400
Сопрано	250—1000	Тенор	130—500
Колоратурное сопрано	260—1400		

Поверхностное натяжение жидкостей

Значение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей указаны при температуре 20°C на границе жидкости и воздуха.

Жидкость	σ , мН/м	Жидкость	σ , мН/м
Белок куриного яйца	52,7	Нефть	30
Вода	72,75	Бензин авиационный	21
Воск расплавленный (при температуре 68°C)	33,3	(при температуре 10°C)	
Молоко цельное (при температуре 5°C)	47,2	Сливки, жирность 22%	45,4
		Кровь (при температуре 37°C)	45,4

Скорость звука в твердых телах

(значения даны при температуре 20°C)

Скорость звука указана для воздушно-сухой древесины вдоль волокон. Скорость звука в древесине поперек волокон в четыре раза меньше, чем вдоль волокон.

Порода древесины	c , м/с	Порода древесины	c , м/с
Береза	3625	Ольха	5060
Дуб	4175	Сосна	5030
Ель	5000	Ясень	5065
Клен	4450		

Наибольшая глубина крупнейших озер мира

Крупнейшие озера Южной Америки	Глубина, м
Маракайбо	250
Титикака	340
Крупнейшие озера Австралии	
Эйр	20
Торренс	8

Продолжение таблицы

Крупнейшие озера Южной Америки		Глубина, м
Крупнейшие озера Евразии		
Онежское		27
Ладожское		230
Каспийское		1025
Аральское		61
Балхаш		26
Байкал		1620
Крупнейшие озера Африки		
Виктория		80
Таньганьика		1470
Ньяса		706
Крупнейшие озера Северной Америки		
Большое Медвежье		137
Большое Невольничье		150
Атабаска		60
Виннипег		28
Верхнее		393
Гурон		208
Мичиган		281
Онтарио		236
Эри		64

**Температура атмосферы
на различной высоте над Землей**

Данные таблицы соответствуют стандартной атмосфере.

h, м	Температура		h, м	Температура	
	К	°С		К	°С
0	288,15	15	3000	268,66	-4,49
50	287,82	14,67	4000	262,17	-10,98
100	287,50	14,35	5000	255,68	-17,47

Продолжение таблицы

h, м	Температура		h, м	Температура	
	К	°С		К	°С
150	287,17	14,02	6000	249,19	-23,96
200	286,85	13,70	7000	242,70	-30,45
300	286,20	13,05	8000	236,22	-36,93
400	285,55	12,40	9000	229,73	-43,42
500	284,90	11,75	10000	223,25	-49,90
600	284,25	11,10	20000	216,65	-56,50
700	283,60	10,45	40000	250,35	-22,80
800	282,95	9,80	60000	247,02	-26,13
900	282,30	9,15	80000	198,64	-74,51
1000	281,65	8,50	100000	196,60	-76,55
2000	275,15	2,00	120000	334,42	61,27

Удельная теплоемкость жидкостей

Жидкость	Температура, °С	Удельная теплоемкость, с	
		КДж/(кг×К)	Ккал/(кг×°С)
Вода морская	17	3,936	0,940
Кефир	20	3,77	0,90
Масло кукурузное	20	1,733	0,414
Масло подсолнечное рафинированное	20	1,755	0,424
Масло хлопковое рафинированное	20	1,737	0,415
Мед	20	2,428	0,580
Молоко снятое	20	3,977	0,950
Молоко цельное	20	3,936	0,940
Сливки, жирность 35%	20	3,517	0,840
Сметана	20	3,01	0,72
Сыворотка	15	4,082	0,975

Удельная теплоемкость различных твердых веществ

В таблице приведены средние значения удельной теплоемкости твердых веществ при температуре 20°C.

Вещество	Удельная теплоемкость, с	
	КДж/(кг×К)	Ккал/(кг×°С)
Глина	0,84—1,05	0,2—0,25
Гранит	0,8	0,2
Дерево		
— дуб	2,39	0,57
— ель	2,72	0,65
— сосна	2,72	0,65
Камень	0,8	0,2
Лед		
— при —20°C	2,22	0,43
— при —10°C	2,122	0,53
— при 0°C	2,09	0,507
Песок	0,79	0,19
Снег	2,1	0,5
Торф	1,88	0,45

Мощность тепловых двигателей некоторых машин и установок

	кВт		кВт
Мотоцикл «Ява-350»	14,7	Автобус ЛАЗ-4202	122
Автомобиль «Ока»	22	Самолет Ил-62	44100
Автомобиль ВАЗ-2108	47	Тепловоз ТЭП 70	2940
Грузовой автомобиль ГАЗ-53	88	Ракеты-носители «Энергия»	12500000
Грузовой автомобиль БелАЗ-7519	1690	Танк Т-72	570
		Атомные реакторы (тепловая мощность)	3000000
		ВВЭР-1000	

КПД в технике

	КПД, %		КПД, %
Паровая машина	15	Паротурбинная установка	36,6
Дизельный двигатель	36	Карбюраторный двигатель	25
Двигатель (поршневой) самолета	25—27	Турбовинтовой двигатель	30
Турбореактивный двигатель	20—30	Паровоз	8
Атомная электростанция	25—35	Тепловоз	28
		Выстрел из орудия	25—40

КПД некоторых биологических процессов

Биологический процесс	КПД, %
Свечение бактерий	До 90
Сокращение мышц	30
Фотосинтез	75

Энергетические затраты

при различных видах деятельности человека

В таблице приведены ориентировочные значения энергозатрат человека при различных видах деятельности.

Вид деятельности	Энергозатраты	
	кДж	ккал
Управление грузовой автомашиной	590—1090	140—260
Работа токаря, слесаря, фрезеровщика, строгальщика	670—1550	60—370
Работа плотника-строителя	1470—1550	350—370
— штукатурка	920—1260	220—300

Продолжение таблицы

Вид деятельности	Энергозатраты	
	кДж	ккал
— маляра	960	230
— столяра	880—1050	210—250
— машиниста локомотива	670—800	160—190
— тракториста	540—1050	130—250
— комбайнера	800—1200	170—200
Косьба вручную	1800—2900	440—700
Езда на велосипеде	2260	540
Езда на лошади рысью	1550	370
Ходьба по ровной местности	960—1130	230—270
Сон	270	65
Сидение (в покое)	420	100
Спокойное лежание	320	77
Физическая зарядка	1000—1420	240—340
Шитье	420—670	100—160
Мытье посуды	590	140
Мытье полов	840—1130	200—270
Подготовка к урокам	380—460	90—110

Энергетические затраты при различных видах деятельности человека

Ориентировочные значения за 1 час для человека массой 70 кг.

Вид деятельности	Энергозатраты	
	кДж	ккал
Подготовка к урокам	380—460	90—110
Чтение про себя	380	90
Стирка белья, мытье полов	840—1130	200—270
Мытье посуды	590	140
Стойка вольно	440	105

Затраты энергии при спортивных соревнованиях (ориентировочные значения)

Вид соревнований	Длина дистанции, м	Затрата энергии	
		кДж	ккал
Бег	100	150	35
	200	290	70
	400	420	100
	5000	1880	450
	10000	3140	750
	42195	10500	2500
Плавание	100	420	100
	200	590	140
	400	840	200
	800	1090	280
	1500	1860	440
Лыжные гонки	10000	3800	900
	20000	7100	1700
	30000	1000	2400
	50000	16700	4000

Ориентировочные значения модуля упругости E при растяжении и предела прочности тканей

Ткань	E , МПа	Предел прочности МПа	
		на растяжение	на сжатие
Сухожилия и связки	1000—1500	50—70	—
Мышцы		0,5—1	—
Кость	8—10	100—120	120—160
Дерево	23000	80—100	40—50
(для сравнения)	10000		

Физические параметры молнии

Параметр	Значение
Длительность (средняя) вспышки (разряда) молнии, <i>с</i>	0,2
Длительность отдельных импульсов, <i>мкс</i>	50—100
Диаметр канала молнии, <i>см</i>	16
Заряд, протекающий по каналу молнии, <i>Кл</i>	20
Сила тока, <i>А</i>	20000
Скорость лидера молнии, <i>км/с</i>	100—2000
Средняя длина молнии (между облаком и Землей), <i>км</i>	2—3
Средняя длина молнии (между облаками), <i>км</i>	15—20
Расстояние, на котором слышен гром, <i>км</i>	15
Разность потенциалов при возникновении молнии, <i>ГВ</i>	4
Число грозовых разрядов над Землей в <i>1 с</i>	100

Характер воздействия тока на человека

Сила тока, <i>мА</i>	Переменный ток, частотой 50 Гц	Постоянный ток
До 0,5	Не ощущается	Не ощущается
0,6—1,5	Легкое дрожание пальцев	Не ощущается
2—3	Сильное дрожание пальцев	Не ощущается
5—10	Судороги в руках	Зуд, ощущение нагрева

Продолжение таблицы

Сила тока, мА	Переменный ток, частотой 50 Гц	Постоянный ток
12—15	Руки трудно оторвать от электродов. Сильная боль	Ускоренное нагревание
20—25	Мгновенная судорога мышц. Затрудняется дыхание	Сокращение мышц рук
50—80	Паралич дыхания, «мнимая смерть»	Судорога в руках, затруднение дыхания
90—100	Паралич дыхания. При действии более 3 с паралич сердца	Паралич дыхания

Удельное электрическое сопротивление тканей организма

Электрическое сопротивление отдельных участков тканей зависит преимущественно от сопротивления слоя кожи. Через кожу ток проходит, главным образом, по каналам потовых и отчасти сальных желез, сила тока зависит от толщины и состояния поверхностного слоя кожи.

Название ткани организма человека	Удельное сопротивление, Ом·м
Мышцы	1,5
Кровь	1,8
Кожа сухая	100 000
Кость без надкостницы	2 000 000

Электрическое сопротивление тела человека

Цель	Сопротивление, $\kappa\Omega$ При напряжении сети, В		
	127	220	Более 220
От ладони к тыльной части кисти руки	2,5	0,8	0,65
От ладони к ногам	3,4	1,6	1
От ладони одной руки к ладони другой руки	3,4	1,6	1
От плеча к ноге	2,8	1,2	0,8

Применение рентгеновского излучения

Пределы рабочего напряжения, кВ	Область применения рентгеновского излучения
5—15	Медицина (для кожной поверхностной терапии). Просвечивание очень тонких и слабо поглощающих излучение материалов
30—60	Просвечивание неметаллических изделий (например, пластмасс), легких сплавов (алюминиевых, магниевых толщиной до 6—30 мм). При просвечивании материалов (рентгенодефектоскопия) рассматриваются теневые картины исследуемых изделий. Путем просвечивания можно обнаружить без разрушения объекта наличие в нем внутренних неоднородностей и дефектов (раковины, трещины и т. п.) Рентгеноструктурный анализ проводится для определения атомных структурных минералов, неорганических соединений, сплавов, органических соединений (например белков, антибиотиков, ДНК и др.)

Продолжение таблицы

Пределы рабочего напряжения, кВ	Область применения рентгеновского излучения
200—250	В медицине стационарные установки для диагностики и поверхностной терапии. В медицине для глубокой терапии

Данные о строении глаза

Диаметр глазного яблока у взрослого человека, мм	23—24
Диаметр глазного яблока у новорожденного, мм	около 16
Объем глазного яблока, см ³	6,5
Масса, г	15
Число палочек в сетчатке глаза, млн. шт	около 7
Число колбочек в сетчатке глаза, млн. шт	около 100
Показатель преломления роговицы	1,38
Показатель преломления водянистой влаги и стекловидного тела	1,34
Показатель преломления вещества хрусталика	1,44
Показатель преломления вещества хрусталика	40
Оптическая сила роговицы, Дптр	69,9
Фокусное расстояние хрусталика, мм	17,06
Фокусное расстояние (переднее) полной системы глаза, мм	22,78
Фокусное расстояние (заднее) полной системы глаза, мм	58,64
Оптическая сила полной системы глаза, Дптр	до 2
Диаметр зрачка при очень больших яркостях, мм	6—8
Диаметр зрачка при очень малых яркостях, мм	

Биологическое действие ионизирующего излучения на человека

Доза излучения		Последствия облучения
<i>Зв</i>	<i>Бэр</i>	
До 0,25	25	Никаких изменений в органах и тканях человека не обнаруживается
0,5	50	Временное снижение количества лейкоцитов
0,75	75	Незначительное изменение состава крови
1	100	Нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни (тошнота, рвота и др.)
1,5	150	Смертность 5%
2	200	Долговременное снижение количества лейкоцитов
4	400	Лучевая болезнь средней тяжести, смертность до 60%
4,5	450	Тяжелая степень лучевой болезни
6	600	
более 6	более 600	Крайне тяжелая форма лучевой болезни, смертность — до 90% Смертность 100%

Полулетальная поглощенная доза для некоторых живых организмов

Организм	<i>Гр</i>	<i>рад</i>
Овца	1,5—2,0	150—200
Собака	2,5—3,0	250—300
Свинья	2,75	275
Обезьяна	2,5—4,0	250—400
Мышь	6—13	600—1300
Лягушка	7	700

Продолжение таблицы

Организм	Гр	рад
Крыса	7—9	700—900
Кролик	9—10	900—1000
Птицы	8—12	800—1200
Рыбы, змеи	8—20	800—2000
Черепаша	15	1500
Улитка	100	10000
Дрозофила	600	60000
Амеба	1000	100000
Насекомые	1000—3000	100000—300000

Уровень радиационного облучения

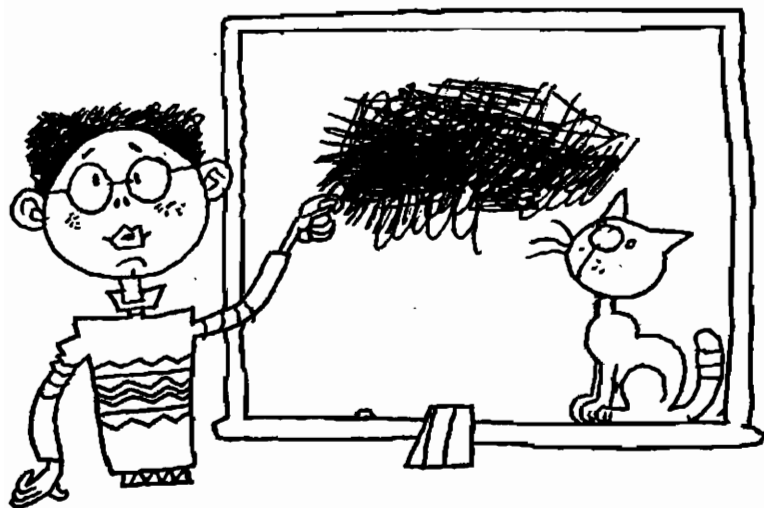
Источник облучения	Эквивалентная доза	
	мкЗв/год	мбэр/год
Природные источники (естественный радиационный фон):		
— внешние	620	62
— внутренние	380	38
Строительные материалы минерального происхождения (облучение за счет пребывания в зданиях)	1050	105
Медицинская рентгенодиагностика (рентгенография, флюорография и др.)	1400	140
Радиоактивные продукты ядерных взрывов	23	2,3
Теплоэлектростанция на угле мощностью 1000 МВт (на расстоянии до 20 км)	6—60	0,6—6
Атомная электростанция мощностью 1000 МВт (на расстоянии до 20 км)	0,1—1	0,01—0,1

Продолжение таблицы

Источник облучения	Эквивалентная доза	
	мкЗв/год	мбэр/год
Телевидение (4 ч. в день)	10	1
Полет на самолете (на расстоянии 2000 км)	5	0,5

**Характер действия на организм человека
разных доз радиоактивного излучения**

Действие на человека	Доза, Р
Отсутствие явных признаков	0—25
Возможное изменение состава крови	25—50
Изменение состава крови	50—100
Возможна потеря трудоспособности	100—200
Нетрудоспособность. Возможна смерть	200—400
Смертность 50 %	400—600
Смертельная доза	600



ВЕСЕЛАЯ ПЕРЕМЕНКА

1. Из ответа школьника:
«На елке горели цветные лампочки, Дед Мороз и Снегурочка».
2. Темы для школьных рефератов.
 - ♦ «Транспортировка жидкостей в сосудах с переменной структурой плотности». (*Как носить воду в решетке.*)
 - ♦ «Применение несмычковых инструментов лицами духовного звания». (*Для чего попу гармонь.*)
 - ♦ «Влияние рассеянного немонаохроматического излучения в диапазоне длин волн... низкой интенсивности на углеродистые стали». (*Воздействие лунного света на рельсы.*)
 - ♦ «Повышение мелкодисперсионности оксида двухатомного водорода механическим путем». (*Толочь воду в ступе.*)

- ♦ «Сепарация сложных органических смесей по калорийности». (*Отделить зерна от плевел или котлеты от мух.*)

3. Принимает старый учитель с комиссией экзамен по физике. Входит ученик, берет билет.

— Можно взять другой билет?

— Пожалуйста.

Ученик берет другой билет, внимательно смотрит.

— А можно я еще возьму билет?

— Пожалуйста.

Ученик берет еще один билет. И это продолжается до тех пор, пока студент не перебрал половину билетов. Учитель ставит ученику тройку и отпускает.

Представители комиссии возмущаются:

— Почему вы поставили ему тройку, он же ничего не знает?!

— Раз что-то ищет, значит, что-то знает!

4. В школе идут выпускные экзамены. На подоконнике сидит девушка и что-то напряженно зубрит. Мимо нее проходит двоечник. Поравнявшись с ней, останавливается, медленно вглядывается в учебник и так же медленно, с умным видом:

— А-а-а, Физика. Знаю, знаю, ее убьют в конце.

5. — Почему у слонов ноги круглые?

— Чтобы в квадратные ямы не проваливаться.

6. — Из пункта А в пункт Б вышел поезд со скоростью 100 км/час, а из пункта Б в пункт А по тому же пути вышел другой поезд со скоростью 80 км/час. Почему они не столкнулись?

— Не судьба.

7. Знаете ли вы, что люди разных профессий перед смертью произносят, как правило, одни и те же фразы. Вот, например, последние слова...

- ◆ инструктора по альпинизму: «В пятый раз показываю: по-настоящему надежные узлы завязываются вот так...»;
- ◆ экипажа аэробуса: «Там лампочка замигала, ну и ладно...»;
- ◆ астронавта: «Все в порядке! Воздуха хватит еще часа на три...»;
- ◆ машиниста экскаватора: «Что там за цилиндр мы скребанули? Посмотрим...»;
- ◆ автослесаря: «Опусти чуть платформу...»;
- ◆ автоинструктора: «Хорошо, теперь попробуй самостоятельно...»;
- ◆ прыгуна с тарзанки: «Красота...»;
- ◆ водителя грузовика: «Эти старые мосты простоят еще вечность...»;
- ◆ сына президента: «Папа, а для чего эта красная кнопка...?»;
- ◆ физика-атомщика: «Критическая масса — не критические дни, дело поправимое...».

8. Исаак Ньютон был избран в палату общин. Пустопорожние парламентские речи мало занимали великого ученого, и он обычно сидел молча. Но вот однажды во время бурных дебатов Ньютон встал. Все взоры обратились к нему.

— Я прося бы закрыть окно, — сказал Ньютон. — Тут сильно дует.

Это была единственная речь Ньютона в парламенте.

9. Однажды Эйнштейна спросили, как появляются изобретения, которые преобразуют мир. Великий физик ответил:
— Очень просто. Все знают, что сделать это невозможно. Случайно находится один невежда, который этого не знает. Он-то и делает изобретение.
10. Древнегреческий философ Платон сказал:
— Очень плох человек, ничего не знающий и не пытающийся что-нибудь узнать: ведь в нем соединились два порока.
11. Великий русский ученый П. Н. Лебедев был врагом бесплодной эрудиции. «Мой книжный шкаф, — говорил он, — знает гораздо больше меня, однако он не физик, а я физик».
12. Однажды известный физик Вуд заметил, что его большая оптическая труба заросла внутри паутиной. Как очистить ее?
Недолго думая, Вуд схватил кошку и сунул в трубу. Кошка сопротивлялась, но вынуждена была ползти по трубе и вылезла из нее вся в паутине. Таким образом, труба была очищена.
Вот так животные помогают научному миру открывать чудеса природы.
13. Однажды французский физик Пьер Кюри занимался в лаборатории со своими студентами. Все так увлеклись, что не заметили, как наступила ночь. Неожиданно оказалось, что лаборатория заперта снаружи, а сторож ушел.

Телефонов тогда не было, но Кюри не растерялся. Он открыл окно и пригласил своих слушателей спуститься со второго этажа по водосточной трубе. Веселым путешествием по трубе и закончились в этот день занятия профессора Кюри.

14. Как-то вечером Резерфорд, английский физик, зашел в лабораторию. Несмотря на позднее время, там склонялся над приборами один из его многочисленных учеников.

— Что вы делаете так поздно? — спросил Резерфорд.

— Работаю, — последовал ответ.

— А что вы делаете днем?

— Конечно, работаю, — ответил ученик.

— И рано утром тоже работаете?

— Да, профессор, и утром работаю, — смиренно подтвердил ученик, рассчитывая на похвалу знаменитого ученого.

Резерфорд помрачнел и коротко бросил:

— Послушайте, а когда же вы думаете?

15. Однажды знаменитый астроном Струве, директор Пулковской обсерватории, признался, что ему было не по себе, когда царь со свитой, увешанной орденами, посетили Пулково.

— Понимаете, — говорил Струве, — вижу массу звезд, и все не на своих местах.

16. Придворный генерал обратился как-то с вопросом к поэту Сумарокову:

— Скажите, пожалуйста, что с точки зрения тяжелее: ум или глупость?

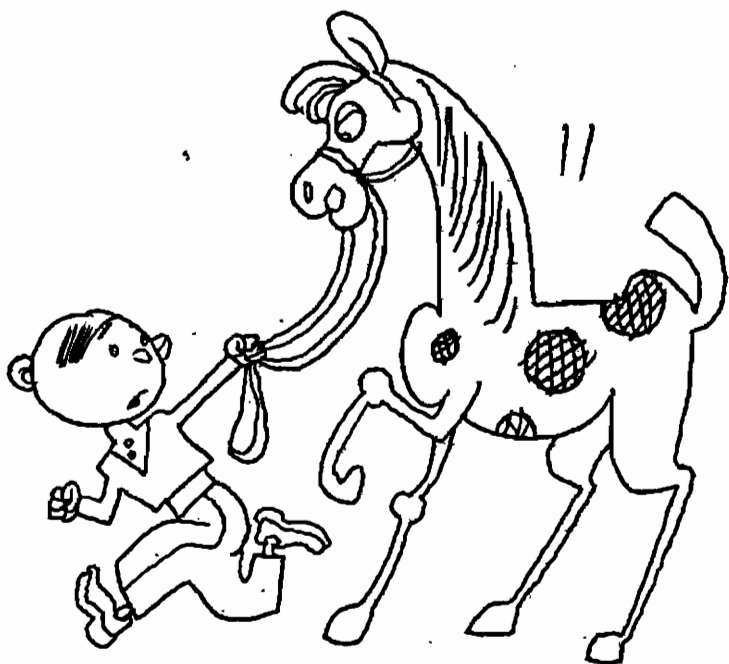
— Конечно глупость, — немедленно ответил Сумароков. — Мне, например, хватает одной лошади, а тебя возит сразу четыре.

17. Преподаватель спрашивает ученика:

— Что называется лошадиной силой?

Ученик, немного подумав, отвечает:

— Лошадиная сила — это сила одной здоровой лошади.



ЛИТЕРАТУРА

Алексеев В. А. 300 вопросов и ответов о животных. Ярославль: Академия развития, 1997.

Алексеев В. А. 300 вопросов и ответов о насекомых. Ярославль: Академия развития, 1998.

Анашкина Е. Н. 300 вопросов и ответов о домашних животных. Ярославль: Академия развития, 1997.

Анашкина Е. Н. 300 вопросов и ответов о птицах. Ярославль: Академия развития, 1998.

Арабаджи В. И. Загадки простой воды. М.: Знание, 1973.

Беляев А. Человек—амфибия. Подводные земледельцы. Элиста: Калмыцкое книжное издательство, 1977.

Беркемблит М. Б., Глаголева Е. Электричество в живых организмах. М.: Наука, 1988.

Бионика. М.: Наука, 1965.

Богданов К. Ю. Физик в гостях у биолога. М.: Наука, 1986.

Большаков А. П. Биология. Занимательные факты и тесты. Спб.: Паритет, 1999.

Волович В. Человек в экстремальных условиях природной среды. М.: Мысль, 1980.

Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология в 3-х т. М.: Мир, 1990.

Даль В. И. Толковый словарь живого великорусского языка. В 4-х т. М.: Русский язык, 1979.

Демкович В. П. Сборник вопросов и задач по физике. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1963.

Емельянов А. С. 300 вопросов и ответов по странам и континентам. Ярославль: Академия развития, 1997.

Европейский эпос античности и средних веков. М.: Детская литература, 1984.

Енохович А. С. Справочник по физике. М.: Просвещение, 1990.

Ильченко В. Р. Перекрестки физики, химии и биологии. М.: Просвещение, 1986.

Камышанова З. А., Камышанов К. А. 300 вопросов и ответов по истории и культуре древнего мира. Ярославль: Академия развития, 1998.

Кац Ц. Б. Биофизика на уроках физики. М.: Просвещение, 1988.

Константинов А. И., Мовчан В. Н. Звуки в жизни зверей. Л.: изд. Ленинградского университета, 1985.

Кочнев С. А. 300 вопросов и ответов о Земле и Вселенной. Ярославль: Академия развития, 1997.

Лукашик. Задачник по физике 7—8 кл. М.: Просвещение, 1993.

Максаковский В. П. Экономическая и социальная география мира. М.: Просвещение, 2000.

Мезенцев В. Чудеса. Популярная энциклопедия в 2-х томах. Алма-Ата, 1990.

Носов Н. Незнайка на Луне. Кшишев: Литература артистикэ, 1990.

Остер Г. Физика. М.: Росмен 1997.

Соколова Е. И., Тарабарина Т. И. Загадки лесной опушки. Ярославль, 2000.

Соколова Е. И., Ларина Т. И. Загадки мудрой совы. Ярославль, 2000.

Соколова Е. И., Тарабарина Т. И. Загадки веселых мастеров. Ярославль, 2000.

Садовников Д. Н. Загадки русского народа. Спб.: Просвещение, 1988.

Хочу все знать. Л.: Детская литература, 1970.

Шустов С. Б., Шустова Л. В. Химические основы экологии. М.: Просвещение, 1995.

Энциклопедия Техника. М.: Аванта +, 1999.

Энциклопедия Физика. М.: Аванта +, 1999.

Энциклопедический словарь юного натуралиста. М.: Педагогика, 1981.

Андрей Иванович СЕМКЕ

**НЕСТАНДАРТНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ
ДЛЯ КЛАССОВ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ПРОФИЛЯ**

Редактор Т.В. Чушина
Художественный редактор В.Н. Куров
Технический редактор Е.В. Клименко
Корректор Т.В. Чушина

Дизайн обложки В.Х. Янаев

Подписано в печать 25.09.2006. Формат 84х108/32.
Гарнитура Литературная. Усл. п. л. 16,8.
Тираж 5000 экз. Заказ № 5515.

Издательство Академия развития,
150063, г. Ярославль, ул. Республиканская, 3.
E-mail: redactor@academya.ru

Подготовлено при участии:
ООО «Издательство АСТ» и ООО «Издательство Астрель»

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.02.953.Д.003857.05.06 от 05.05.06

ОАО «Владимирская книжная типография»,
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7.

Качество печати соответствует качеству предоставленных диапозитивов

Реализация	г. Москва	(495)	615-01-01
Для рукописей	150000, Ярославль, а/я 659	(4852)	58-17-81
			58-17-82