

Межпредметные уроки **ФИЗИКА** в **БИОЛОГИИ**

Парфентьева Наталия Андреевна,
кандидат физико-математических наук, профессор,
учитель физики

Площук Наталья Геннадьевна, учитель биологии,
Международная Гимназия в Новых Вешках

2020


ПРОСВЕЩЕНИЕ

Мыслящий ум не чувствует себя счастливым,
пока ему не удастся связать воедино разрозненные факты,
им наблюдаемые.

Д. Хевеш

Главная цель естественных наук – раскрыть единство
сил Природы.

Л. Больцман

Беги от учений таких умозрителей, доводы которых
не подкрепляются опытом!

Леонардо да Винчи

Биология	Физика
Строение глаза	оптика
Зрительный анализатор	физическая и химическая связь между нейронами, понятия потенциалов покоя и действия, электрический ток, диффузия и осмос
Кровеносная система Сердце	период колебаний, упругая деформация
Движение крови по сосудам	скорость, давление, законы Паскаля и Бернулли, вязкость жидкости, два характера течения жидкости
Обогащение крови кислородом	диффузия и осмос
Эритроциты в крови	заряд, разность потенциалов между симметричными точками тела
Роль кровеносной системы в выравнивании температуры тела	законы теплопередачи
Орган растения – капилляр	подъем жидкости в капиллярах, осмос



Немного истории отношений

Основной вопрос: достаточны ли открытые физикой законы для научного объяснения того, что происходит с живой материей?

Виталисты (17 век и дальше) утверждали, что живое отделено от неживого непреодолимым барьером и подчиняется ненаблюдаемым в природе закономерностям, а «жизненной силе», которая управляет, поэтому непостижимо для человека. Процессы, происходящие в организме не могут объяснить физика и химия.

Н. Бор применил принцип дополнительности – дополнительность применяемых в биологии соображений физико-химического характера к понятиям, связанным с целостностью организма.

Э. Шредингер – ответы на вопросы: 1) чем поддерживается неравновесное состояние организма; 2) почему клетка состоит из большого числа атомов; 3) чем определяется высокая устойчивость генов, состоящих из легких атомов.

В настоящее время считается, что **жизнь есть особое проявление физических и химических процессов, протекающих в сложных молекулярных системах, взаимодействующих с другими системами путем обмена энергией и веществом, что изучает термодинамика открытых систем.**



Особенности биологических объектов (отличие от тел неживой природы): **самовоспроизводство и адаптация** к изменяющимся внешним условиям, тончайшая **регуляция и самосогласование** всех биологических процессов, происходящих в живых системах и обеспечивающих их жизнедеятельность.

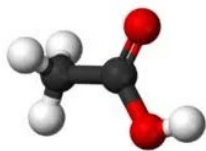
Из органических веществ клетки на первом месте по количеству и значению стоят белки.

Особенности:

Белкам присуща громадная молекулярная масса и поэтому их называют макромолекулами (с греч. “макрос” - большой, гигантский)



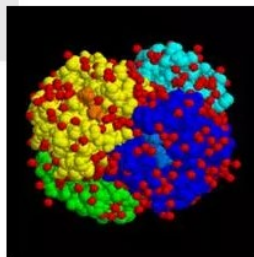
Спирт - 46



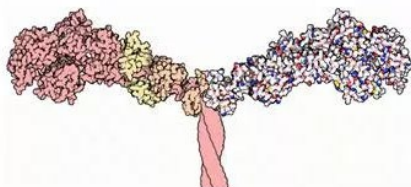
уксусная кислота -
60



Альбумин (один из
белков яйца) - 36000



гемоглобин - 152000



миозин(белок мышц) - 500000

Молекулы, входящие в состав живых организмов, необычайно велики, многообразны и сложны. Самыми сложными и разнообразными из всех молекул, входящих в состав клеток, являются белковые молекулы. Их молекулярные массы находятся в пределах от нескольких десятков тысяч до нескольких миллионов — макромолекулы.



Макро- молекулы

Жиры

Белки

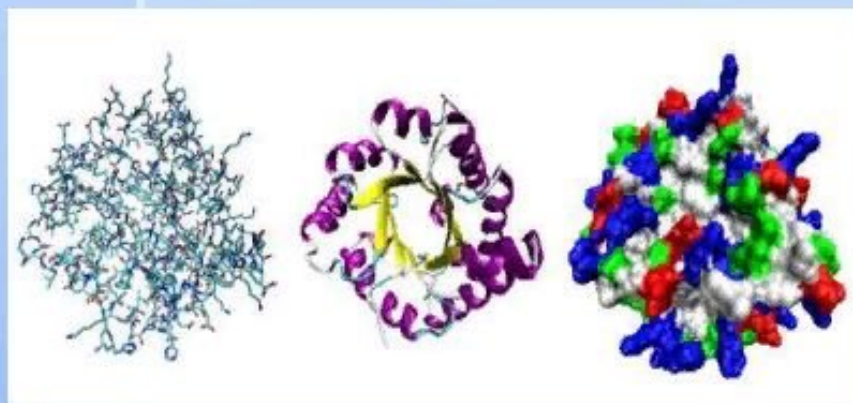
Углеводы

Нуклеиновые
кислоты

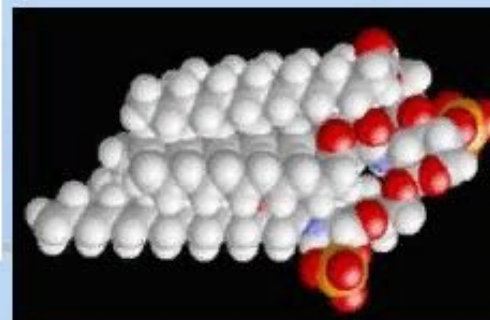


Обеспечивает явление наследственности и изменчивости и самовоспроизведение.

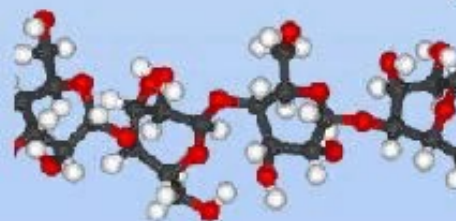
Источники энергии, компоненты мембран клеток



Основные структурные компоненты и биологические катализаторы - белки



Целлюлоза – углевод.



ФУНКЦИИ БЕЛКОВ

Функция	Определение	Пример	Место нахождения
1. Строительная	Материал клетки	Коллаген, ПМ	Волосы, ногти, кожа, клетки
2. Транспортная	Переносят различные вещества	Гемоглобин , альбумин	В эритроцитах; в крови
3. Защитная	Обезвреживают инородные организмы; физич.защита свертываемость крови	Иммуноглобулин, Интерферон, антитела коллаген фибриноген	В органах иммунной системы, лейкоциты шерсть, волосы плазма крови
4. Каталитическая (ферментативная)	Ускоряют протекание хим. реакций в организме	Ферменты: амилаза, пепсин , липаза	В пищеварит. системе
5. Двигательная	Выполняют все виды движений	Миозин, актин	В мышцах
6. Регуляторная	Регулируют обменные процессы	Гормоны: инсулин , соматотропин, пролактин	Поджелудочная железа, гипофиз, молочные железы
7. Энергетическая	Обеспечивает клетки энергией	Все белки (1грамм = 17,6 кДж)	В клетках, в пищеварительной системе



Разнообразие живых организмов определяется многочисленными комбинациями **одних и тех же соединений и атомных групп.**

Белки состоят в основном из 20 остатков аминокислот.

Молекулы ДНК строятся из четырех типов нуклеотидов, которые представляют собой комбинации атомов фосфора, азота, водорода и кислорода.

По мере увеличения числа атомов в системе появляются новые качества и свойства.

Звуковые волны, температура, давление вводятся только для ансамбля атомов и молекул.

Все своеобразие живых организмов, отличающее их от тел неживой природы, возникает в результате особой организации сложных молекулярных систем, в основе которых лежат те же **элементарные законы**, которые определяют свойства атомов и молекул и построенных из них тел неживой природы.

В настоящее время **никто не отрицает** применимость законов физики и химии к исследованию биологических явлений. Разнообразные проявления жизни в конечном счете можно объяснить на основании тех же физических и химических законов, которым подчиняются неживые системы.

Однако требуется развитие новой, еще не созданной физики.



Теоретическая биофизика должна учитывать существенное отличие биологических объектов от тел неживой природы. Основные процессы в живых организмах происходят при неперенной затрате энергии. Эта энергия поставляется продуктами питания.

Все биологические объекты являются **открытыми системами**.

Их жизнедеятельность возможна только при обмене с окружающей средой энергией и веществом.

Задача. Человек массой 70 кг съедает небольшой кусок торта энергетическая ценность которого равна 150 ккал. На какую высоту он должен подняться, чтобы не потолстеть?

Решение.

$$Q = mgh$$

$$h = \frac{Q}{mg}$$

$$1 \text{ ккал} \approx 4,2 \text{ кДж}$$

$$h = \frac{150 \cdot 4,2}{70 \cdot 9,8} \text{ км} \approx 0,92 \text{ км.}$$



Задача. Флейтист, чтобы сыграть свою партию в опере «Дон Жуан», должен за 6 мин взять $n = 5420$ нот. Средняя сила, с которой он нажимает на клавиши $F = 0,644$ Н, при этом палец перемещается на $d = 1$ см. Время его игры за спектакль равно $t = 1$ час. Определите, какой должен быть масса пирога, который он должен съесть после спектакля, чтобы компенсировать потери энергии при игре? Калорийность пирога $q = 16$ кДж/г.

Решение.

$$Q = A$$

$$q \cdot m = F \cdot d \cdot n \cdot t$$

$$m = \frac{F \cdot d \cdot n \cdot t}{q}$$

$$m = \frac{0,644 \cdot 10^{-2} \cdot 5420 \cdot 60}{16} \text{ Г} \approx 314 \text{ Г}.$$



Число мышц человека порядка 600. Если бы все мышцы напряглись, они бы вызвали усилие, равное подъему груза 25 т. В нормальных условиях работы мощность человека 70-80 Вт. Однако в случаях прыжка, толкания ядра работа мышц происходит за малый промежуток времени.

Средняя мощность мужчины при прыжке в высоту равна 3700 Вт, а длительность отталкивания 0,1 с, женщин – 2600 Вт.

Высота, на которую может прыгнуть мужчина массой 70 кг, равна 5,4 м. Мировой рекорд прыжка в высоту 2,41 м.

Потеря энергии равна 56%.

Вопрос. У человека КПД равно 20%.

Подсчитайте потери энергии при прыжке на высоту 1 м.



Богдан Бондаренко. Мировой рекорд по прыжкам в высоту.



Энергозатраты при физических нагрузках

- * Оптимальные энергозатраты для здорового человека со средним физическим развитием должны составлять 2700 – 3800 ккал в сутки, из которых 1200 – 2000 ккал должны затрачиваться на мышечную работу.
- * Достаточно точной формулой определения энергозатрат при выполнении физических упражнений является:

$$Э_{\text{(ккал/мин)}} = (0,2 \times \text{ЧСС} - 11,3) / 2$$

где ЧСС определяется за одну минуту во время или сразу после нагрузки.



Примерный расход энергии при различных видах физических упражнений

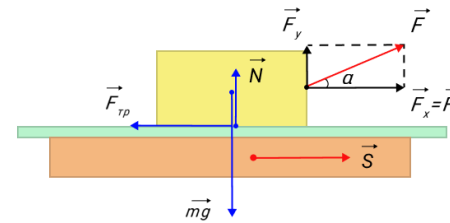
Физическое упражнение	Скорость, км/час	Расход энергии, ккал/час
Ходьба	3,0 – 4,0	200 – 240
	5,0 – 6,0	300 – 350
Бег	6,0 – 6,5	480 – 500
	9,0 – 10,0	600 – 650
	11,0 – 13,0	800 – 1000
Бег на лыжах	7,0 – 8,0	450 – 500
	9,0 – 10,0	600 – 700
	10,0 – 15,0	700 – 1100
Волейбол	-	250 – 300
Баскетбол	-	550 – 600
Футбол	-	450 – 500
Теннис	-	400 – 450
Утренняя гимнастика	-	40 – 50
Комплексные занятия по ФК 80 мин	-	350 - 400

В биологических системах совершаются различные формы работы: механическая работа, выполняемая против механических сил; осмотическая работа, состоящая в транспорте различных веществ благодаря разности их концентраций; электрическая работа, заключающаяся в ионном транспорте в электрическом поле и т.п.



Работа в физике

$$A = F s \cos \alpha$$



Если построение белков из аминокислот в клетках живых организмов требует затраты энергии, то их распад в водной среде клетки может происходить самопроизвольно с выделением энергии. По некоторым данным, период полураспада белков сердечной мышцы равен примерно 30 дням. Организм должен непрерывно заменять распадающиеся белковые молекулы новыми.

Все белки и, следовательно, все живые организмы находятся в метастабильном (неустойчивом) состоянии. Жизнь возможна только потому, что переход от такого неустойчивого состояния к устойчивому, соответствующему полному термодинамическому равновесию, требует очень большого времени.

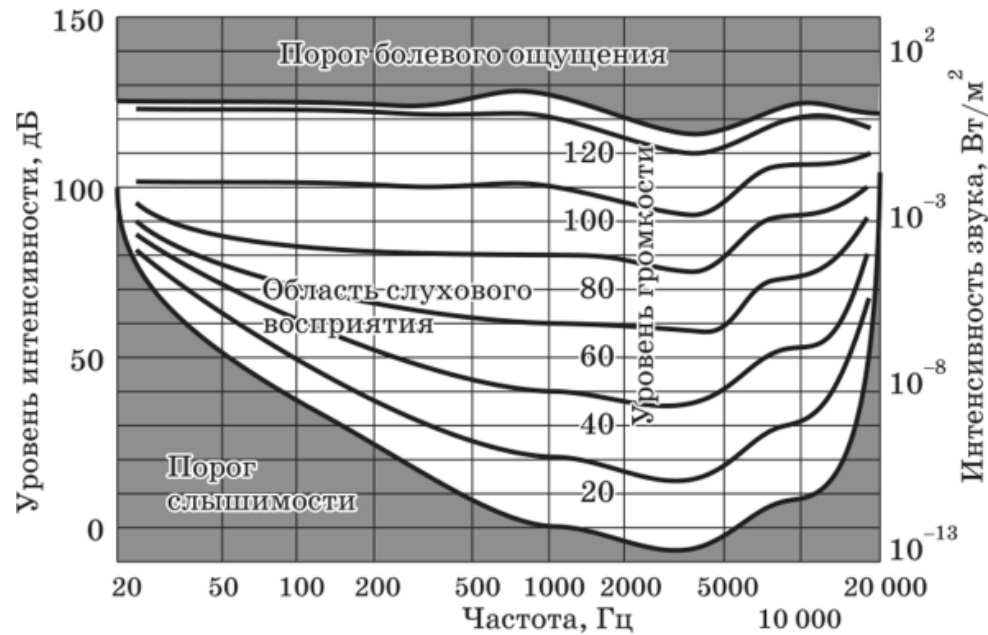


Если бы этот переход был быстрым, то уменьшалась бы продолжительность жизни?



Звук. Его восприятие. Звуковые волны

Звуковое поле



Между источником звука и приемником звуковые волны.

Механические волны – продольные и поперечные.

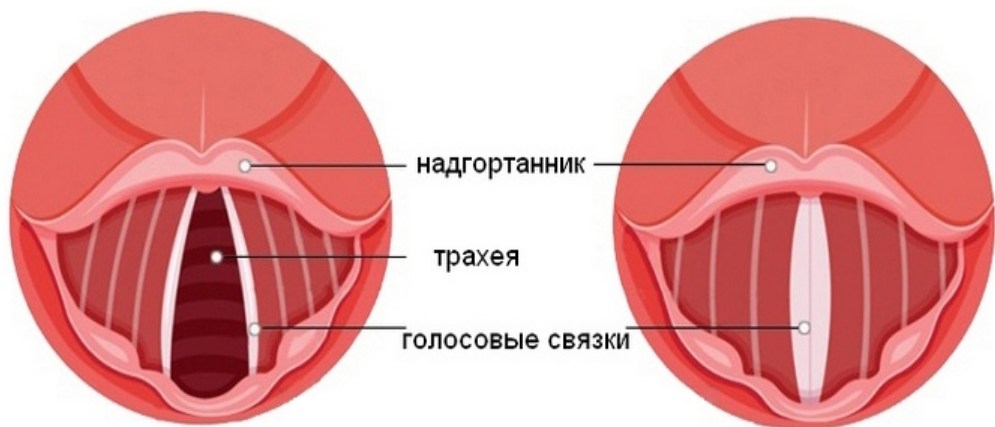
Объективные	Субъективные
Амплитуда колебаний	Громкость
Частота	Высота тона
Набор частот	Тембр, окраска звука



Звук возникает при прохождении воздуха через голосовые связки, которые находятся между хрящами гортани и образованы складками слизистой оболочки.

Пространство между голосовыми связками называют голосовой щелью.

Когда человек молчит, голосовые связки расходятся и голосовая щель имеет вид равнобедренного треугольника.



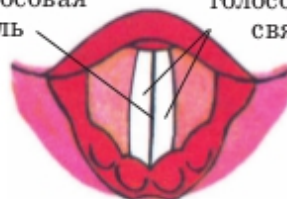
Положение голосовых связок

при молчании



голосовая щель голосовые связки

при разговоре



голосовая щель голосовые связки

при шёпоте



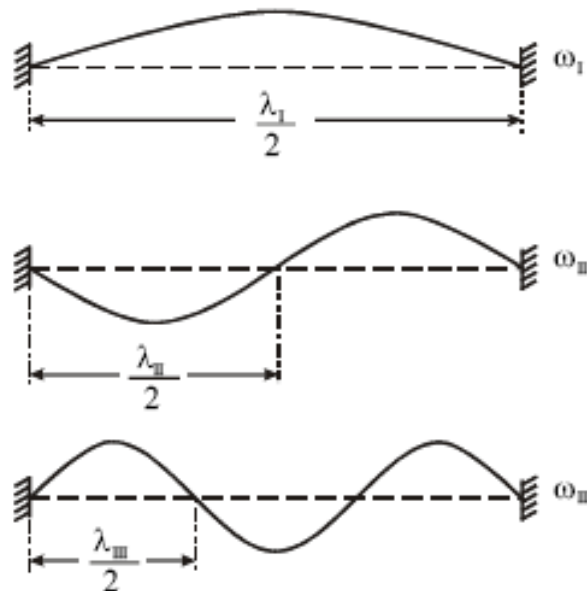
Голосовыми связками управляет головной мозг, посылая по нервам соответствующие сигналы.



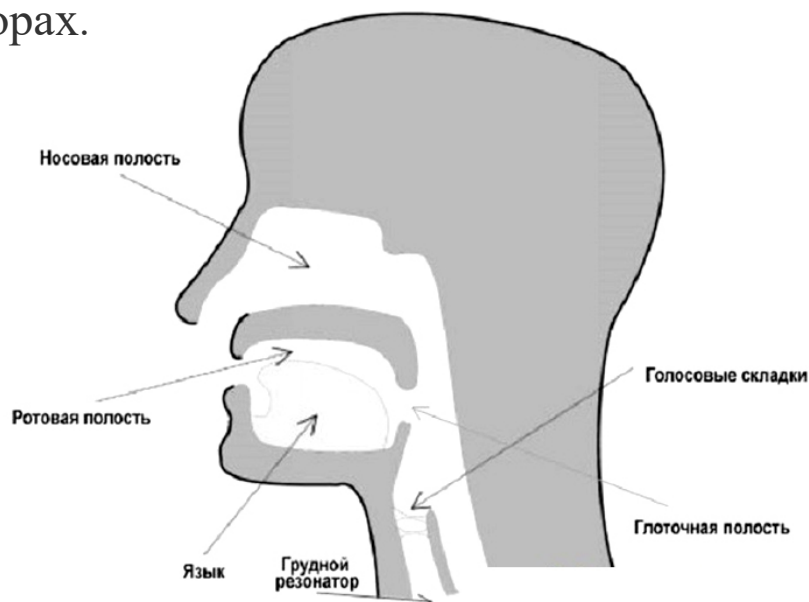
Высота голоса человека связана с длиной голосовых связок: чем короче голосовые связки, тем больше частота их колебаний и тем выше голос. У женского пола голосовые связки короче, чем у мужских особей, поэтому женский голос выше. Голосовые связки могут совершать от 80 – 10 000 колебаний в секунду.

Голосовые связки – это струна, закрепленная с двух концов.

$$L = \lambda/2, \quad \lambda = c/v \rightarrow v = c/2L$$



Окончательное формирование звука происходит в полостях носоглотки – своеобразных резонаторах.

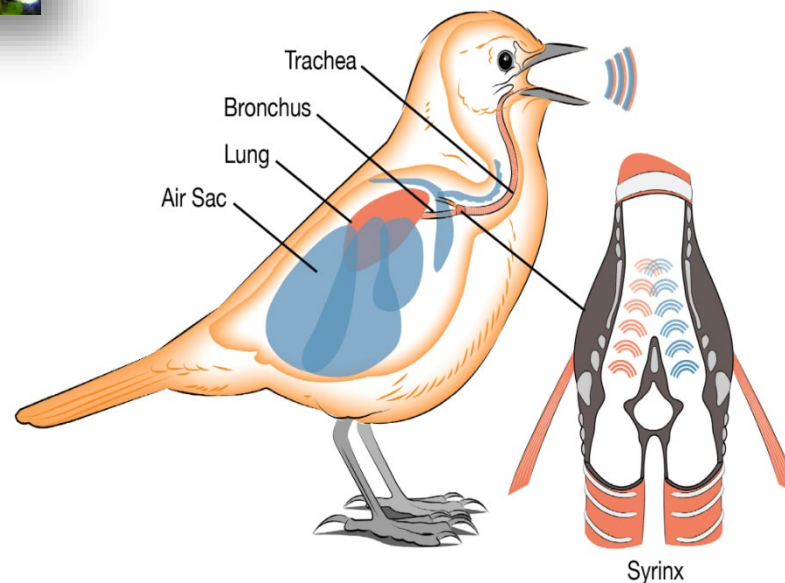
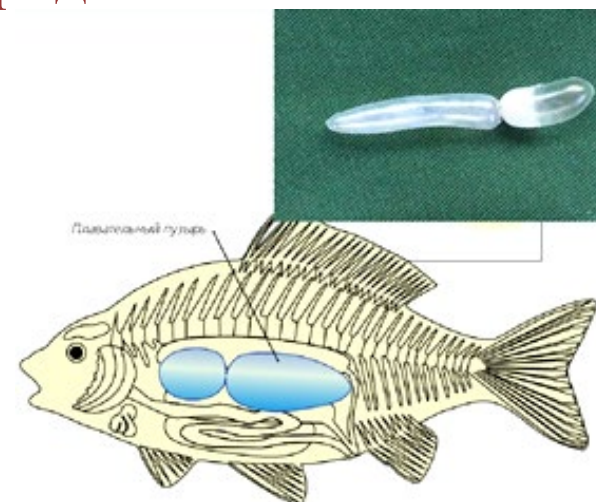


Резо́натор — колебательная система, в которой происходит увеличение энергии колебаний за счёт резонанса с вынуждающей силой. Обычно резонаторы обладают дискретным набором резонансных частот.

Звуки, которые издают голосовые связки можно сравнить с камертоном. После удара камертон подносят к уху, чтобы услышать, так как камертон звучит очень тихо. Но если к камертону поднести резонатор, например, стеклянную банку, то звук усилится. Этот пример можно перенести на звучание голоса: связки – камертон, а в роли резонаторов выступают голова и грудная клетка.



Источники звука в природе



Приемник звука – слуховой аппарат, или орган слуха.

Орган слуха у человека состоит из трех отделов: наружного уха, среднего уха, и внутреннего уха. Наружное ухо – ушная раковина, слуховой проход и барабанная перепонка. Его функция – улавливание звука и его проведение.

Среднее ухо – заполненная воздухом камера объемом 1-2 мл. В камере три подвижные косточки: молоточек, наковальня, и стремечко. Молоточек соединен с барабанной перепонкой, а стремечко через овальное окошко с внутренним ухом.

Среднее ухо через евстахиеву трубу соединяется с носоглоткой.



Строение уха



Вопрос. Почему при резких перепадах давления (взлет и посадка самолета, подъем подводной лодки) рекомендуется разговаривать, открыть рот, совершать глотательные движения.

Ответ: при этих действиях открывается евстахиева труба, и давление на барабанную перепонку с обеих сторон выравнивается.



Внутреннее ухо находится в толще височной кости внутри которого находится перепончатый лабиринт. Внутреннее ухо заполнено жидкостью.

Состав – три полукружных канала – это вестибулярный аппарат, не имеющий отношения к восприятию звука, и улитка, имеющая вид спирального канала.

Вдоль улиткового канала – основная мембрана, поперек которой наподобие лестницы натянута мембрана. На этих мембранах расположены клетки

цилиндрического эпителия, которые образуют кортиев орган. На эпителиальных клетках оканчиваются чувствительные волокна слухового нерва.

В улитке звуковая энергия преобразуется в энергию нервных импульсов, которая по слуховому нерву передается в слуховой центр, находящийся в височной доле коры больших полушарий головного мозга.



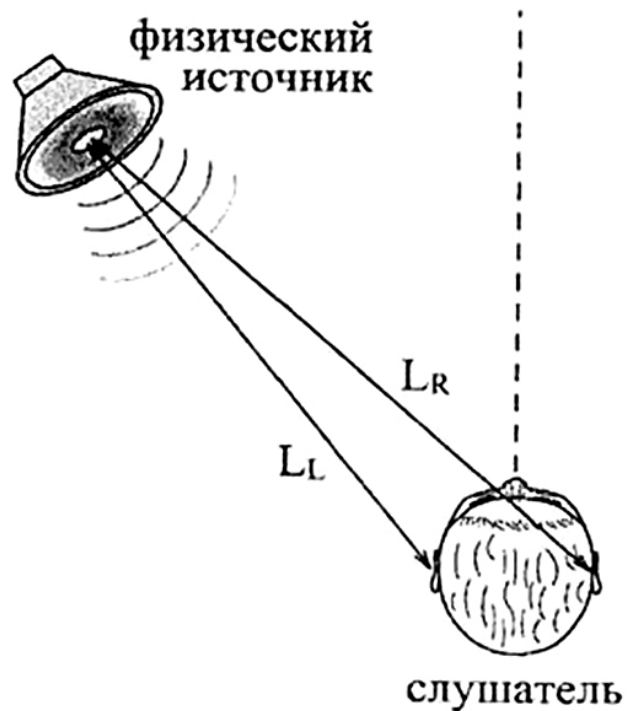
Звуковые колебания воздуха вызывают колебания барабанной перепонки, соответствующей мембране микрофона, и через слуховые косточки передаются к внутреннему уху, где вызывают колебания жидкости, заполняющей канал улитки. При этом начинают колебаться волокна основной мембраны и так называемые волосковые клетки кортиева органа. При каждом подъеме они волосками упираются в покровную мембрану, волоски при этом сгибаются, мембранный потенциал клеток изменяется и в нервных волокнах возникает возбуждение.

Головной мозг постоянно обрабатывает поступающие импульсы, в результате чего создаются звуковые ощущения.



Вопрос. Почему человеку нужны два уха?

Ответ: Чтобы определить место источника звуковых волн.



Бинауральный эффект



Значение диффузии в биологических процессах

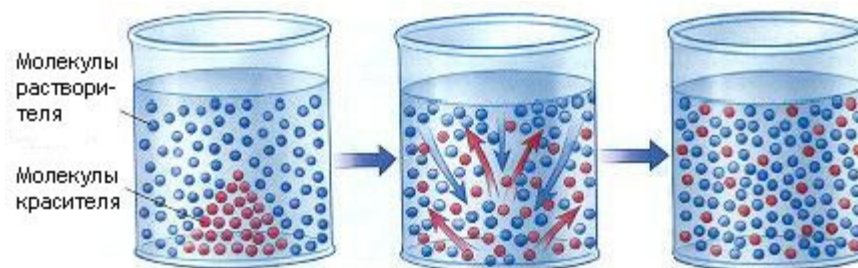
Диффузия – процесс проникновения молекул одного вещества между молекулами другого вещества вследствие их теплового движения.

Закон Фика:

$$q = -D \frac{\Delta n}{\Delta x}$$

Коэффициент диффузии зависит от молекул вещества и температуры

Диффузия – одно из доказательств молекулярного строения вещества.



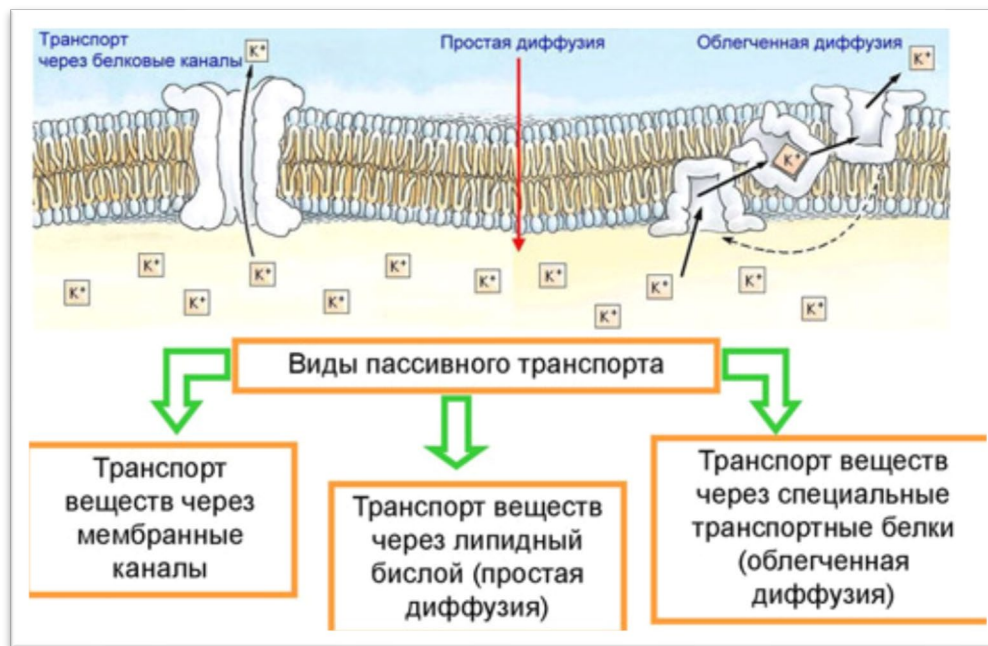
Диффузия обеспечивает перемещение различных питательных веществ и продуктов обмена в тканевых жидкостях благодаря низкой вязкости воды.

Скорость физико-химических процессов в живых организмах определяется скоростью диффузии реагирующих веществ, так как диффузия реагентов, как правило, является наиболее медленной стадией процесса, в то время как биохимические реакции при участии ферментов протекают очень быстро.



Диффузия играет роль при движении вещества в межклеточном пространстве, в явлениях газообмена, в деятельности мембран клеток и т. п.

Количество вещества, перенесенное за единицу времени через мембрану, пропорционально не только градиенту концентрации и поперечному сечению, но и коэффициенту N , называемому константой проницаемости и зависящему от индивидуальных свойств мембраны.



Коэффициент проницаемости в технике вводится и для строительных материалов.

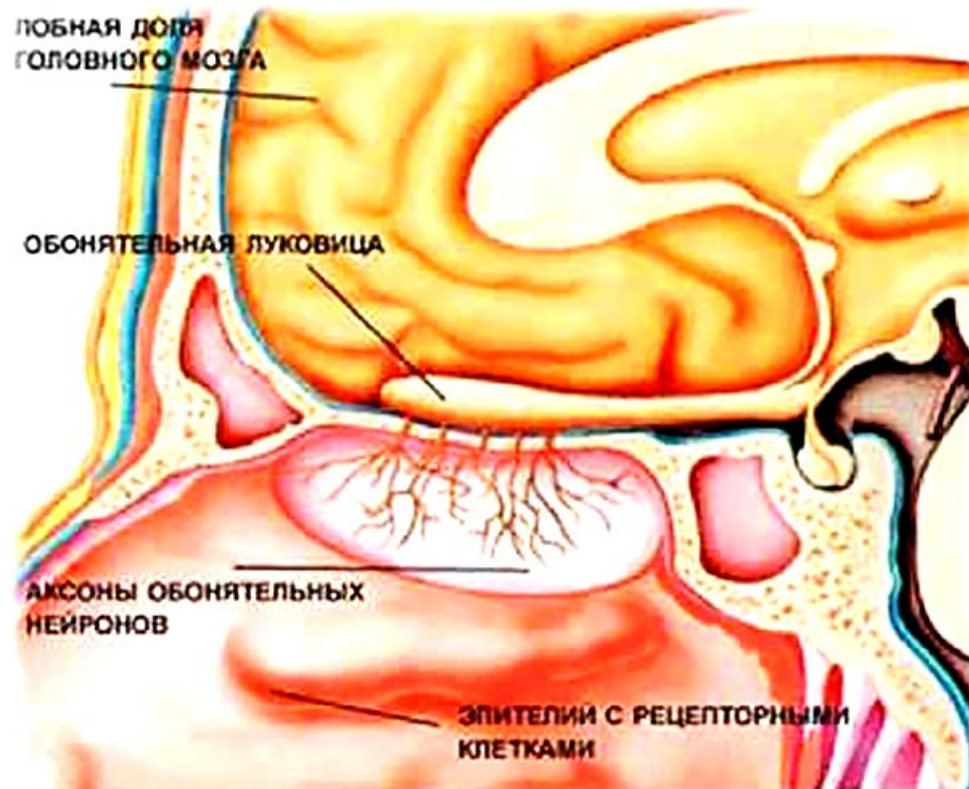
Обоняние

«физика располагает приборами во много раз чувствительнее наших органов чувств. Только... обоняние... у животных более совершенно...»

П.Л. Капица

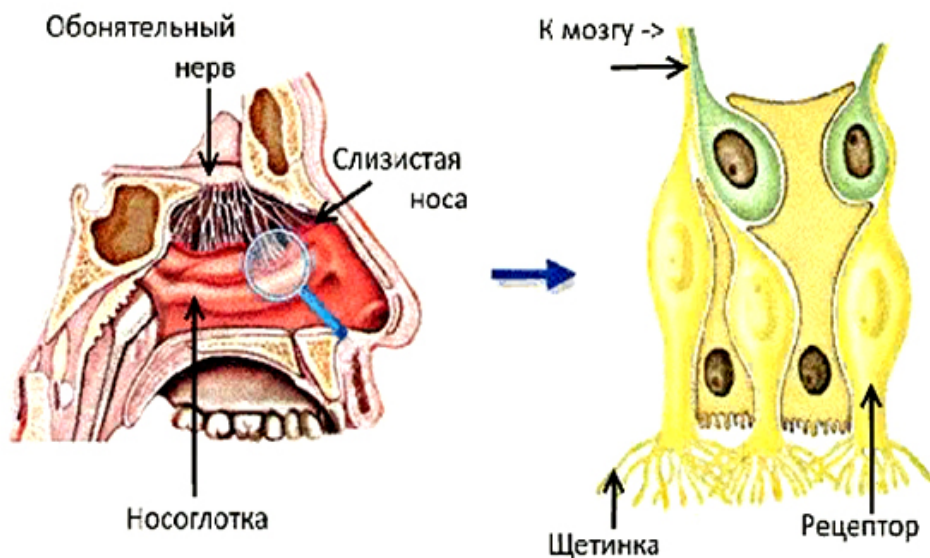


Органы обоняния человека



Пути передачи информации о запахах в головной мозг





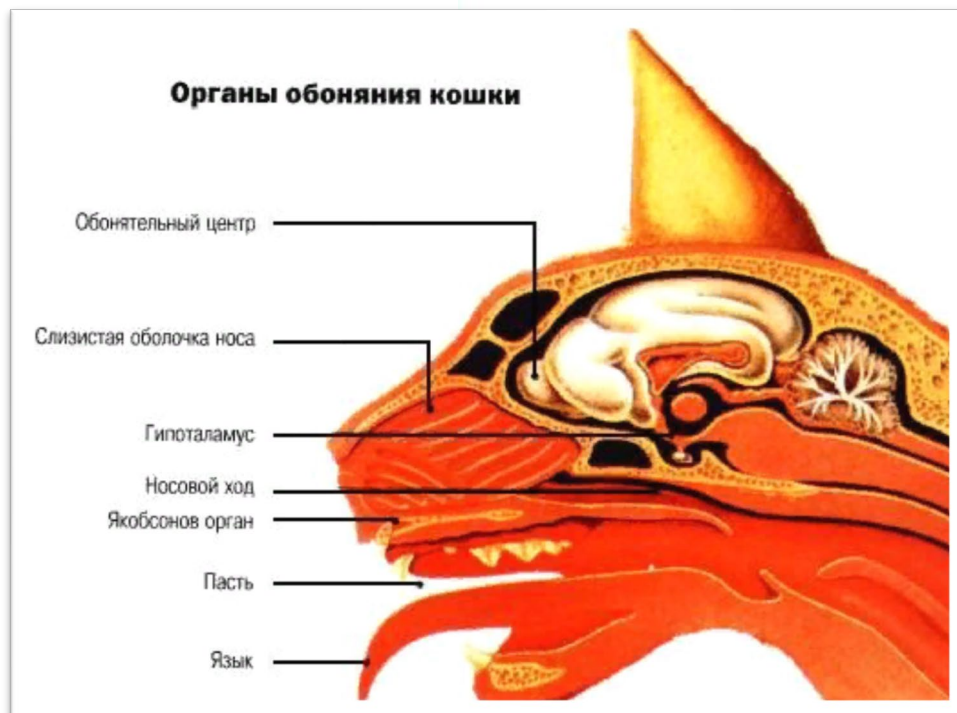
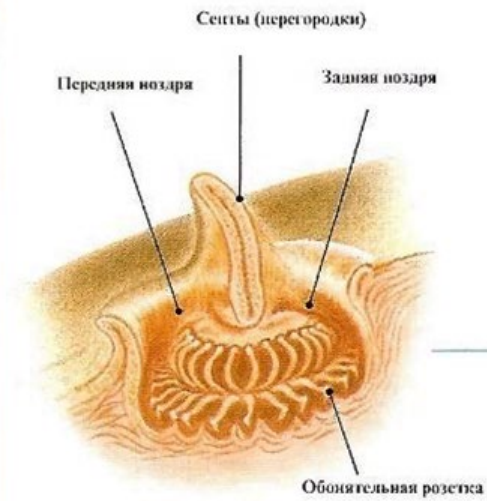
У позвоночных органом обоняния является обонятельный эпителий, расположенный в носовой полости.

Вещества, перешедшие из воздуха на поверхность рецепторов — клеток обонятельного эпителия, вызывают их возбуждение.

Нервные импульсы по обонятельным нервам поступают в обонятельные луковицы, а затем в подкорковые центры (миндалину и др.) и, наконец, в корковый центр обоняния мозга и там обрабатываются.

Обонятельный эпителий, нервы и центры обоняния мозга объединяют в обонятельный анализатор.





Квантовая физика – объяснение обоняния

Обоняние – результат квантовой вибрации молекул.

Эти колебания обнаружены с помощью спектроскопа.

Молекулы можно рассмотреть как собрание атомов на пружинках. Таким образом атомы могут перемещаться относительно друг друга. Квант определенной частоты может заставить «пружинки» вибрировать.

Запах зависит от структуры молекулы, но, в основном, от их колебания – квантовый эффект. Поэтому синтезирование запаха – сложный процесс.



Вопрос. Почему трудно подходить ближе к диким животным незамеченным?

Ответ: У диких животных очень развито чувство обоняния. Собственный запах человека через диффузию распространяется по воздуху и доходит до животных.

Вопрос. Чем определяется сложность создания нового аромата?

Возрастная динамика атрофии волокон обонятельного нерва у человека	
Возраст (годы)	Количество атрофированных волокон
0-15	8
16-30	20
31-45	33
46-60	57
61-75	68
76-91	73



Ядерная физика и лучевая болезнь

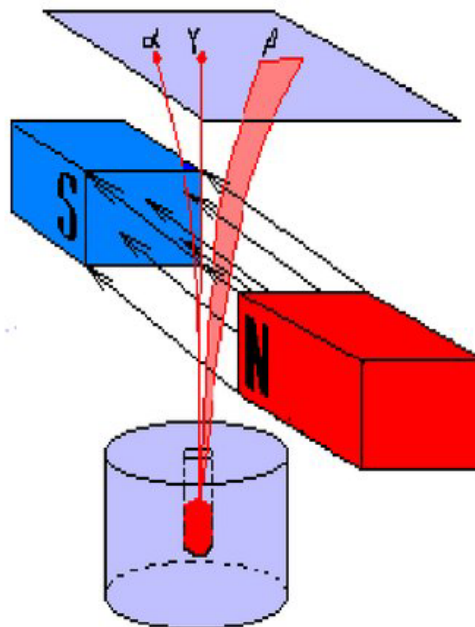
3 основных вида излучения – α , β и γ излучение.

Виды радиоактивного излучения:

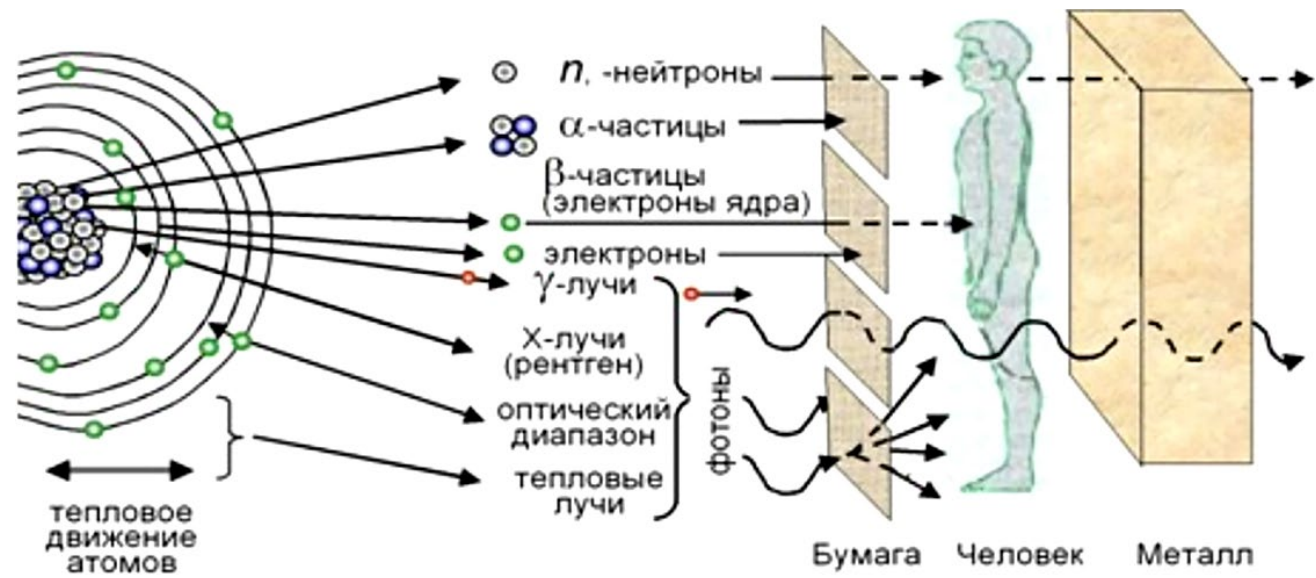
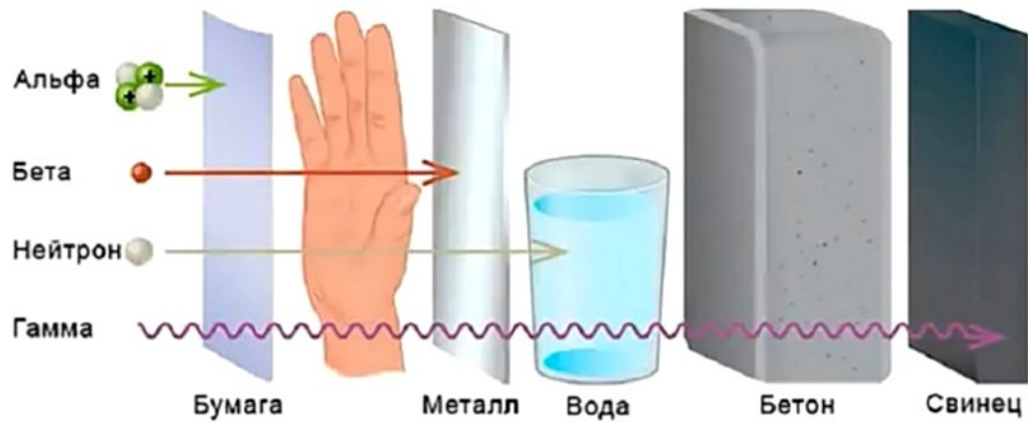
α -излучение – ядра атома гелия;

β -излучение – электроны;

γ -излучение – электромагнитные волны большой частоты.



Радиоактивные излучения:

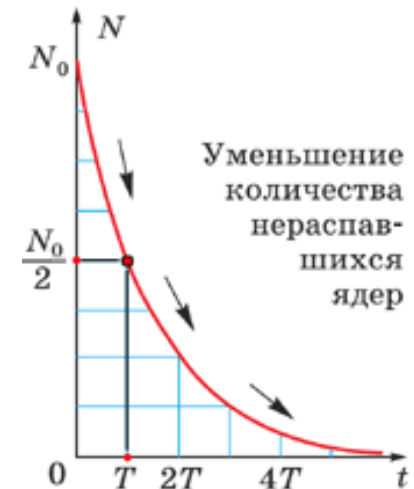


Свойства радиоактивного излучения

1. Ионизация воздуха
2. Засвечивают фотопластинку
3. Проникающая способность
4. Энергия излучения прямо пропорциональна количеству радиоактивных изотопов
5. Вызывает возбуждение атомов, приводящее к свечению
6. Нет зависимости скорости распада от температуры, электромагнитного поля, освещенности, давления, химической связи и т.д.

Закон радиоактивного распада:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$



В Международной системе единиц (СИ) единицей поглощённой дозы является **грей (Гр)**. 1 Гр численно равен поглощённой энергии в 1 Дж на 1 кг массы вещества.

$$D = E/m$$

Эквивалентная доза ионизирующего излучения, численно равная произведению поглощённой дозы на коэффициент качества.

Для рентгеновского, гамма- и бета-излучений коэффициент принят за 1.

$$H = D \cdot k$$

Единица эквивалентной дозы – зиверт (Зв). 1 Зв – эквивалентная доза, при которой доза поглощенного гамма-излучения равна 1 Гр. $H_{\max} = 0,5 \text{ Зв}$

1 рентген равен экспозиционной дозе фотонного излучения, при которой в 1 см³ воздуха, находящегося при нормальном атмосферном давлении и 0 °С, образуются ионы, несущие заряд, равный 1 ($\approx 3,33564 \cdot 10^{-10}$ Кл) каждого знака. При дозе рентгеновского или гамма-излучения, равной 1 Р, в 1 см³ воздуха образуется $2,082 \cdot 10^9$ пар ионов.

1 Р приблизительно равен 0,0098 Зв.



В нашем организме непрерывно продолжают два противоположных процесса – гибель и регенерация клеток.

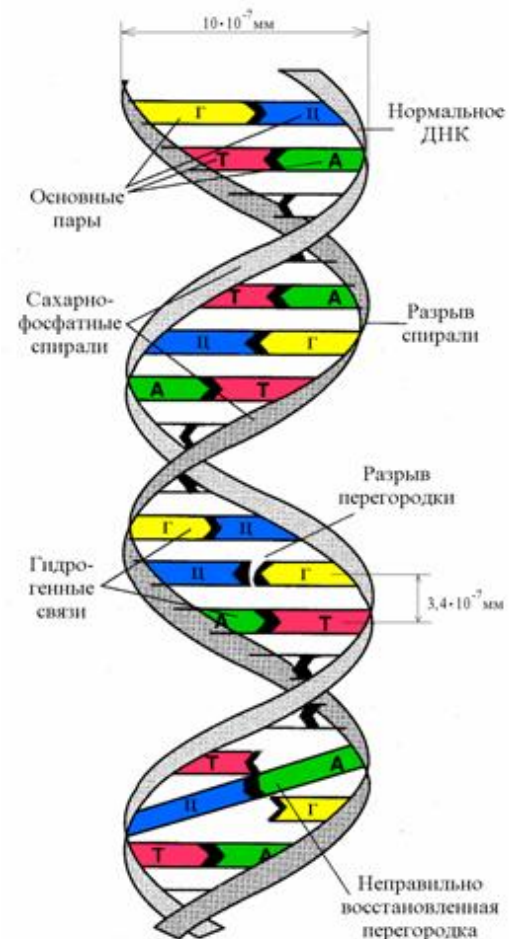
В нормальных условиях радиоактивные частицы повреждают в молекулах ДНК до 8 тысяч различных соединений за час, которые организм потом самостоятельно восстанавливает.

Медики считают: малые дозы радиации активизируют систему биологической защиты организма, большие – разрушают и убивают.

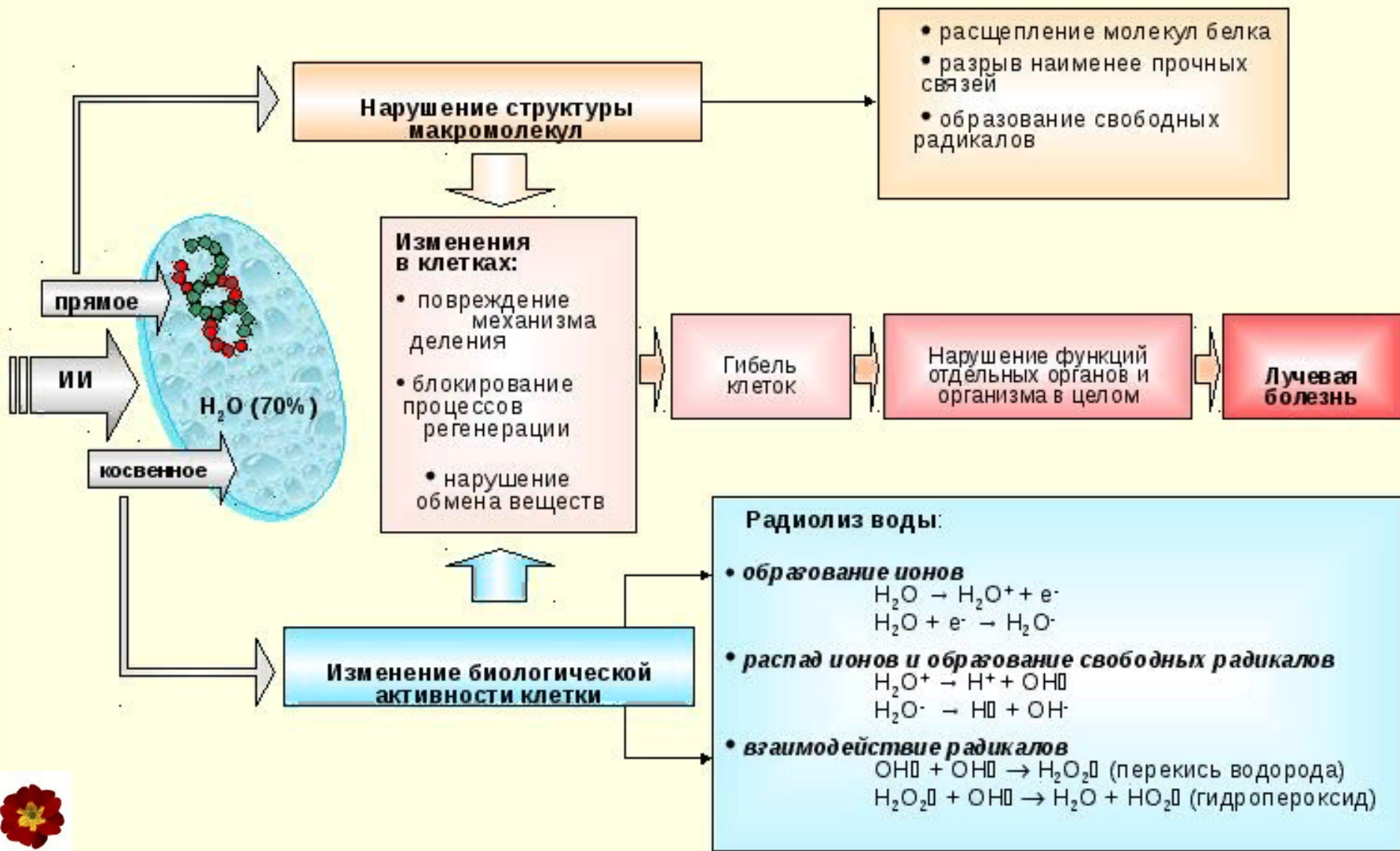
Лучевая болезнь начинается уже при получении 1-2 Зв, когда врачи фиксируют ее 1-ую степень. В этом случае необходимы наблюдения, регулярные последующие обследования на предмет онкологических заболеваний.

Доза 2-4 Зв означает уже 2-ую степень лучевой болезни, при которой требуется лечение. Если помощь поступает вовремя, летального исхода не будет.

Смертельной считается доза от 6 Зв, когда даже после пересадки костного мозга удается спасти лишь 10-ую часть больных.



БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ



Воздействие радиоактивного излучения на живые организмы

- Разрушение хромосом
- Нарушение способности к делению
- Изменение проницаемости клеточных мембран
- Разбухание клеток



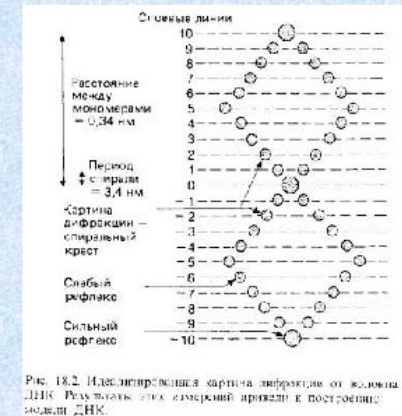
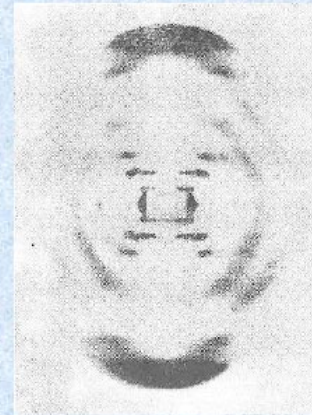
Физические методы исследования в биологии

В настоящее время биологи получили ряд физических методов, позволяющих изучать структуру молекул с разным пространственным разрешением: от размера, соответствующего размерам целой молекулы, до размера, соответствующего расстояниям между отдельными атомами в молекуле.

1. Дифракция рентгеновских лучей, получение рентгенограмм.

Эти рентгенограммы прямо не доказывали существование двойной спирали, а лишь свидетельствовали о наличии спирали с постоянным шагом и диаметром.

Рентгенограмма ДНК



Рентгенограмма дала очень важную информацию для построения двойной спирали. Идеализированная дифракционная картина имеет вид креста из рефлексов (пятен), образующегося из-за регулярности структуры ДНК. Расстояние между слоевыми линиями отвечает периоду 3,4 нм, т.е. шагу двойной спирали, а сильный рефлекс на 10-й слоевой линии – периоду 0,34 нм, т.е. расстоянию между парами оснований.



2. Гидродинамический метод основан на анализе диффузии, седиментации (оседание частиц) и вязкости. Этими методами впервые были определены размеры белков. При сочетании методов седиментации и диффузии можно определять молекулярные массы белков.

Определение трения, действующего на молекулу при вращательном движении, основано на опытах по измерению характеристической вязкости биологических макромолекул.

Ориентация в гидродинамическом поле (эффект Максвелла) и электрическом поле (эффект Керра), позволяет определить объем макромолекул.

3. Методы рассеивания света, микроскопии, калориметрии, ядерный магнитный резонанс.

Главные два физических метода: **рентгеновской кристаллографии** и **ядерный магнитный резонанс**.

Пример:

Модель нейронных связей мозга дрозофилы.

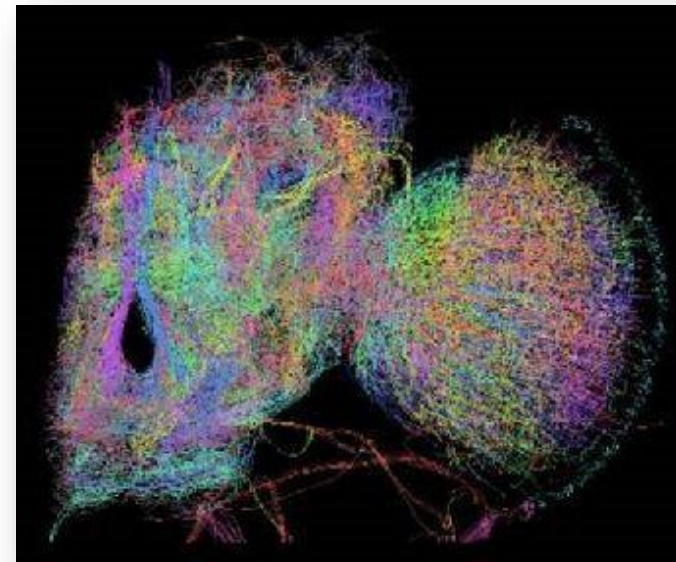
Трёхмерная каркасная модель (2016 г.),

разрешение около 600 нанометров и включает

примерно 100 тысяч нейронов. Выделено

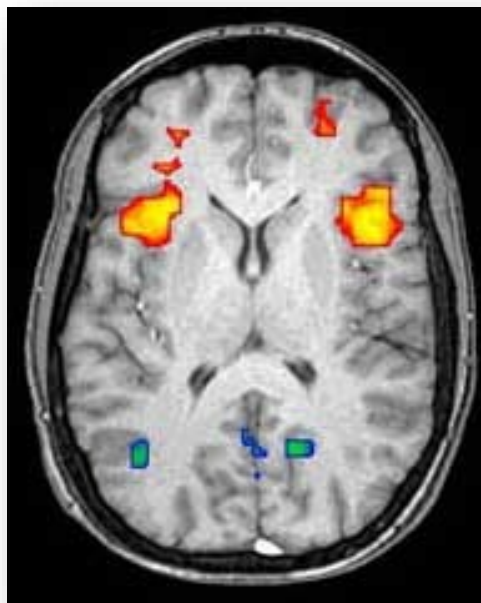
362 сети нейронов с известными функциями,

а также ряд неизвестных структур из нервных клеток.



Распределение таких структур сочетается с распределением контактов между отростками нейронов, а это, в свою очередь, может свидетельствовать об их важной роли в работе мозга.

Пример применения ядерного магнитного резонанса



Функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) дает возможность увидеть изменения кровообращения головного мозга в зависимости от его активности. Такие изображения показывают, какие участки мозга активированы при выполнении определённых заданий.

Перед физикой в XXI веке стоят фантастической сложности задачи получения знаний об объемной, пространственной структуре все большего числа биологических макромолекул, структурных изменений в процессе функционирования отдельной макромолекулы, переноса этих знаний на уровень клетки, а в последующем – на уровень целого организма.

Выяснены

- 1) структура дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) – основного носителя наследственной информации,
- 2) структура молекул миоглобина, запасующих кислород в мышцах животных, структура молекул гемоглобина, входящих в состав красных кровяных телец и переносящих кислород из легких к тканям,
- 3) строение поперечнополосатых мышц и белковых молекул, входящих их состав, структура некоторых ферментов, витаминов и ряда других важных биологических молекул.



Вопросы и задачи

Задача 1. Электрические клетки электрической рыбы состоят из пластинок толщиной 10 мкм, длиной 10 мм. Каждая из них может развивать потенциал от 90 до 150 мВ. А количество таких пластинок достигает до 250. Эти рыбы при защите могут создавать электрический заряд определяющий напряжение 30 В или электрический ток силой 10 А. Как это можно объяснить?

Задача 2. Почему маленькие капли росы на листьях некоторых растений имеют форму шариков, тогда как листья других растений роса покрывает тонким слоем?

Ответ: Это объясняется смачиваемостью поверхности листа водой.

Задача 3. Каким образом вода поднимается по стволам дерева вверх?

Ответ: Молекулы воды испаряются с поверхности листьев, на их место приходят другие молекулы. Мощные межмолекулярные силы поднимают воду по стволу от корней вверх.

Задача 4. Почему перед дождем ломят суставы?

Ответ: С уменьшением атмосферного давления кровеносные сосуды расширяются, нарушается кровообращение.

Задача 5. У стрекоз, жуков и др. крылья имеют радужные оттенки. Почему так?

Ответ: Крылья этих насекомых тонкие и покрыты прозрачным покрытием различной толщины. Наблюдается явление интерференции на тонких пленках.

Биология в учебниках физики.

Издательство «Просвещение»



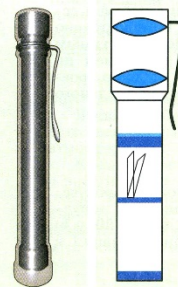
Биологическое действие ионизирующих излучений. Физическое воздействие ядерных излучений на любое вещество заключается в основном в ионизации и возбуждении атомов и молекул. В клетках живых организмов эти процессы оказываются опасными для живого существа при очень малых значениях энергии, переданной организму от излучения. Поглощённая доза гамма-излучения 7 Гр при облучении всего тела человека приводит к возникновению лучевой болезни и смерти человека. При такой дозе облучения в организме человека массой 70 кг выделяется энергия 490 Дж. Эта энергия равна количеству теплоты, получаемому всего от одной чайной ложки горячей воды. Каким образом при таком малом количестве переданной энергии ионизирующая радиация приводит к гибели человека?

Биологическое воздействие ионизирующей радиации на живой организм обусловлено химическими процессами, происходящими в живых клетках после их облучения. При дозе 6 Гр в 1 см^2 ткани происходит ионизация примерно 10^8 молекул. Возникновение положительных и отрицательных ионов (в первую очередь молекул воды) за миллионные доли секунды приводит к осуществлению различных химических реакций с образованием химических веществ, вредных для живой клетки. Некоторые отрицательные воздействия произошедших биохимических изменений в клетках проявляются уже через несколько секунд после облучения, другие могут привести к гибели клетки или её раковому перерождению через десятилетия.

При эквивалентной дозе общего облучения менее 0,25 Зв никаких клинических признаков заболевания человека не обнаруживается. Но установлено, что любые дозы облучения увеличивают вероятность раковых заболеваний и генетических дефектов у детей облучённых родителей. Поэтому общим правилом работы с источниками ионизирующей радиации является снижение уровня радиации до возможно малого значения.

При дозе облучения 0,5 Зв обнаруживается временное изменение состава крови. При облучении всего организма человека дозой 3–5 Зв около 50% облучённых умирают от лучевой болезни. Основной причиной смерти людей при лучевой болезни является поражение клеток костного мозга, вырабатывающего лейкоциты крови. Из-за резкого снижения их количества организм человека становится беззащитным перед любыми болезнетворными микроорганизмами.

Измерение доз излучения. В приборе для измерения доз излучения, называемом ионизационной камерой, на два электрода подаётся постоянное напряжение. При облучении камеры ионизирующей радиацией в воздухе между её электродами образуются положительные и отрицательные ионы и возникает электрический ток. Сила тока в ионизационной камере пропорциональна мощности дозы излучения.



Карманный дозиметр. В карманном дозиметре используется маленькая ионизационная камера в форме авторучки. Измерение поглощённой дозы излучения таким дозиметром производится с помощью миниатюрного электрометра, за показаниями которого можно наблюдать в небольшой микроскоп (рис. 28.1). Электрометр заряжается, и его нить отклоняется. При облучении дозиметра ионизирующей радиацией вследствие ионизации воздуха электрометр постепенно разряжается. Его показания пропорциональны поглощённой дозе.

Измерение мощности дозы внешнего облучения. Доза внешнего облучения человека рентгеновским или гамма-излучением может быть измерена с помощью ионизационной камеры по ионизирующему воздействию на воздух. Это воздействие измеряется в *рентгенах* (1 Р). При дозе 1 Р в 1 см^2 воздуха образуется $2 \cdot 10^9$ пар ионов. Дозе гамма-излучения 1 Р соответствует эквивалентная доза 8,8 мЗв. Отсюда допустимой для населения мощности эквивалентной дозы 0,6 мкЗв/ч соответствует мощность дозы в рентгенах примерно 0,07 мР/ч.

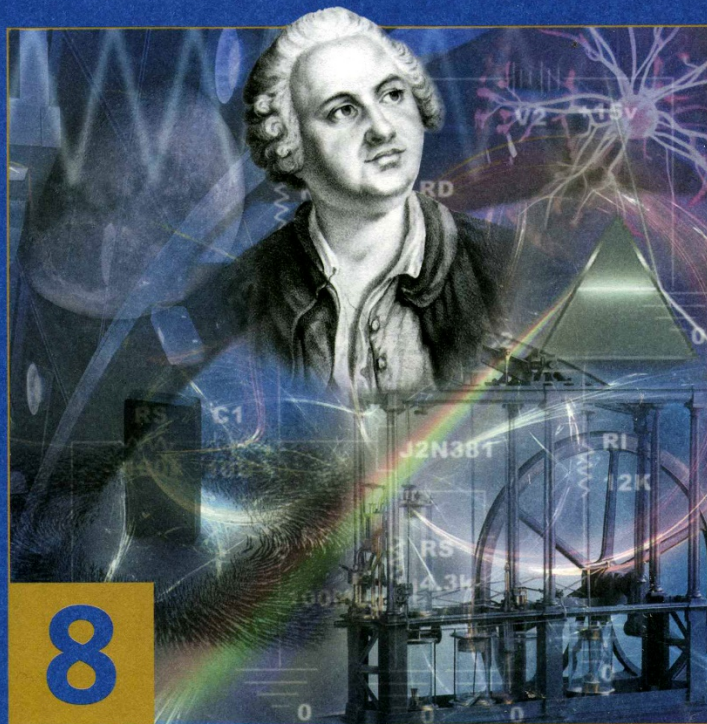
Рис. 28.1



С. В. Громов
Н. А. Родина

Классический курс

физика



увидим линию, т. е. будем воспринимать их слитно. Чтобы точки воспринимались раздельно, их изображения должны попадать на две рецепторные клетки, разделённые хотя бы ещё одной.

Остротой зрения называют способность различать границы и детали видимых объектов. Острота зрения определяется по минимальному угловому расстоянию между двумя точками, при котором они воспринимаются раздельно (рис. 5.31). За норму, соответствующую остроте зрения 1.0, принимается такая различительная способность

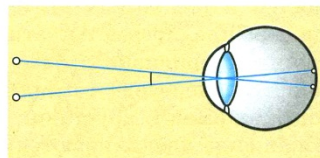


Рис. 5.31

глаза, при которой две точки видны как раздельные, если угол между лучами, идущими от них в глаз, равен 1° (1 градус = 60 минут).

При такой остроте зрения изображение на сетчатке равно 0,004 мм, что соответствует диаметру колбочки. Чем меньше диаметр колбочки, тем больше разрешающая способность глаза.



Для того чтобы проверить остроту зрения, можно воспользоваться звездой Сименса (рис. 5.32). Если чёткость зрения неидеальна, то, не доходя до центра, лучи расплываются и начинают перекрываться между собой. На очень коротком участке они могут как бы слиться с фоном. Однако по мере дальнейшего продвижения к центру лучи вдруг снова оказываются чётко видны. При этом изображение превращается как бы в свой негатив. На месте чёрного луча оказывается белый фон, а на месте белого фона — чёрный луч.

Люди с хорошим зрением могут наблюдать этот эффект, если поднесут картинку очень близко к глазам. Однако на большом расстоянии от картинку лучи для них будут сливаться в сплошную серую массу.

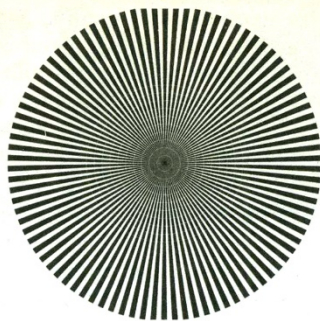


Рис. 5.32

Бинокулярное зрение. Какое преимущество даёт зрение двумя глазами?

Именно благодаря наличию двух глаз мы можем различать, какой из предметов находится ближе, какой дальше от нас. Дело в том, что на сетчатках правого и левого глаза получаются отличающиеся друг от друга изображения (соответствующие взгляду на предмет как бы справа и слева). Чем ближе предмет, тем заметнее это различие. Оно и создаёт впечатление разницы в расстояниях. Эта же способность зрения позволяет видеть предмет объёмным, а не плоским.

Проводящие пути зрительной системы устроены так, что в левое полушарие головного мозга попадает информация о том, что справа от нас, а в правое полушарие — о том, что слева от нас. Затем две части изображения — правую и левую — головной мозг соединяет воедино.

У большинства животных глаза расположены по разные стороны головы, поэтому они видят каждым глазом свою картину. Видимые ими предметы не отличаются рельефностью, к которой мы привыкли, но поле зрения гораздо обширнее. У человека и приматов глаза эволюционировали и «перешли» на переднюю часть головы. Учёные считают, что такое расположение глаз даёт два преимущества: объёмное видение окружающего пространства и способность видеть «сквозь предметы». Для проверки этой способности достаточно провести простой эксперимент. Надо взять карандаш и, держа его вертикально, посмотреть на панораму прямо за ним. Если закрыть один глаз, а затем второй, то легко увидеть, что карандаш в любом случае закрывает какую-то область пространства. Но если посмотреть обоими глазами, то всё, что ранее было «спрятано», теперь вполне обозримо.

Поле зрения человека изображено на рисунке 5.33, а. Для сравнения рядом с ним показаны поля зрения лошади (рис. 5.33, б) и зайца (рис. 5.33, в). Глядя на эти рисунки, легко понять, почему хищникам так трудно подкрасться к этим животным, не выдав себя.

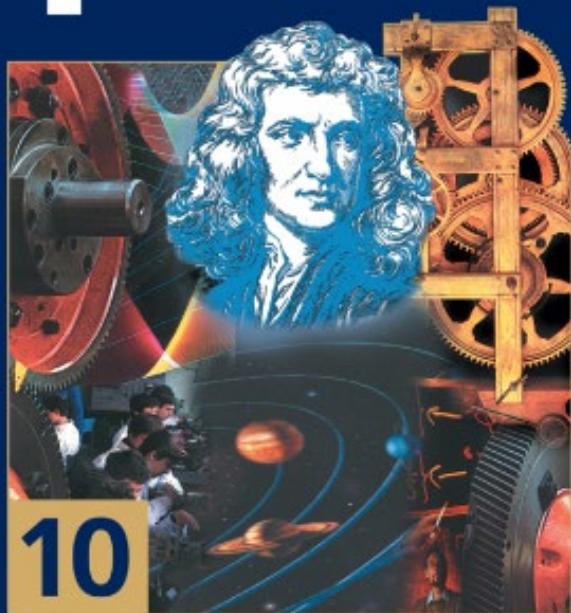
Можно ли стать невидимым. Зрение позволяет людям видеть друг друга. Возможно ли самому видеть, но для других быть невидимым? Впервые на этот вопрос попытался ответить в своём романе «Человек-невидимка» английский писатель Герберт Уэллс (1866–1946). Человек окажется невидимым после того, как его вещество станет прозрачным и обладающим той же оптической плотностью, что и окружающий воздух. Тогда отражения и преломления света на границе человеческого тела с воздухом не будет, и он превратится в невидимку. Так, например, толчёное стекло, имеющее на



Г. Я. Мякишев
Б. Б. Буховцев
Н. Н. Сотский

Классический курс

физика



10

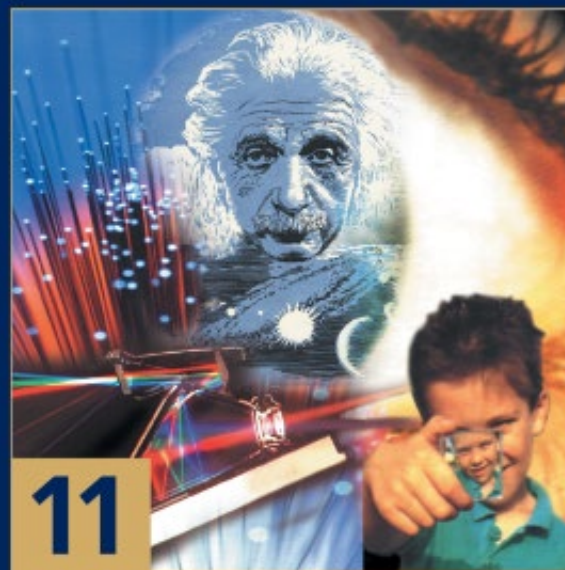
БАЗОВЫЙ И
УГЛУБЛЕННЫЙ
УРОВНИ



Г. Я. Мякишев
Б. Б. Буховцев
В. М. Чаругин

Классический курс

физика



11

БАЗОВЫЙ И
УГЛУБЛЕННЫЙ
УРОВНИ

§ 73 ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Вспомните, что такое пар и каковы его основные свойства. Можно ли считать воздух газом? Применимы ли законы идеального газа для воздуха?

Интересно Вода занимает около 70,8% поверхности земного шара. Живые организмы содержат от 50 до 99,7% воды. Образно говоря, живые организмы — это одушевлённая вода. В атмосфере находится около 13—15 тыс. км³ воды в виде капель, кристаллов снега и водяного пара. Атмосферный водяной пар влияет на погоду и климат Земли.

Водяной пар в атмосфере. Водяной пар в воздухе, несмотря на огромные поверхности океанов, морей, озёр и рек, далеко не всегда является насыщенным. Перемещение воздушных масс приводит к тому, что в одних местах нашей планеты в данный момент испарение воды преобладает над конденсацией, а в других, наоборот, преобладает конденсация. Но в воздухе практически всегда имеется некоторое количество водяного пара.

Содержание водяного пара в воздухе, т. е. его влажность, можно характеризовать несколькими величинами.

Запомни Плотность водяного пара в воздухе называется **абсолютной влажностью**.

Абсолютная влажность выражается, следовательно, в килограммах на метр кубический (кг/м³).

Парциальное давление водяного пара. Атмосферный воздух представляет собой смесь различных газов и водяного пара. Каждый из газов вносит свой вклад в суммарное давление, производимое воздухом на находящиеся в нём тела.

Запомни Давление, которое производил бы водяной пар, если бы все остальные газы отсутствовали, называют **парциальным давлением водяного пара**.

Парциальное давление водяного пара принимают за один из показателей влажности воздуха. Его выражают в единицах давления — паскалях или миллиметрах ртутного столба.

Подумайте, что определяет парциальное давление одного из компонентов смеси газов в данном сосуде.

Так как воздух представляет собой смесь газов, то атмосферное давление определяется суммой парциальных давлений всех компонентов сухого воздуха (кислорода, азота, углекислого газа и т. д.) и водяного пара.

Относительная влажность. По парциальному давлению водяного пара и абсолютной влажности ещё нельзя судить о том, насколько водяной пар в данных условиях близок к насыщению. А именно от этого зависит интенсивность испарения воды и потеря влаги живыми организмами. Вот почему вводят величину, показывающую, насколько водяной пар при данной температуре близок к насыщению, — *относительную влажность*.

Запомни **Относительной влажностью воздуха** называют отношение парциального давления p водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению $p_{н.п}$ насыщенного пара при той же температуре, выраженное в процентах:

$$\varphi = \frac{p}{p_{н.п}} \cdot 100 \% . \quad (11.2)$$

Относительная влажность воздуха обычно меньше 100%.

При понижении температуры парциальное давление паров воды в воздухе может стать равным давлению насыщенного пара. Пар начинает конденсироваться, и выпадает роса.

Запомни Температура, при которой водяной пар становится насыщенным, называется **точкой росы**.

По точке росы можно определить относительную влажность воздуха.

Психрометр. Влажность воздуха измеряют с помощью специальных приборов. Мы расскажем об одном из них — *психрометре*.

Психрометр состоит из двух термометров (рис. 11.4). Резервуар одного из них остаётся сухим, и он показывает температуру воздуха. Резервуар другого окружён полоской ткани, конец которой опущен в воду. Вода испаряется, и благодаря этому термометр охлаждается. Чем больше относительная влажность, тем менее интенсивно идёт испарение и температура, показываемая термометром, окружённым влажной тканью, ближе к температуре, показываемой сухим термометром.

При относительной влажности, равной 100%, вода вообще не будет испаряться и показания обоих термометров будут одинаковы. По разности температур этих термометров с помощью специальных таблиц можно определить влажность воздуха.

Значение влажности. От влажности зависит интенсивность испарения влаги с поверхности кожи человека.

А испарение влаги имеет большое значение для поддержания температуры тела постоянной. В космических кораблях поддерживается наиболее благоприятная для человека относительная влажность воздуха (40—60%).

Очень важно знать влажность в метеорологии — в связи с предсказанием погоды. Хотя относительное количество водяного пара в атмосфере сравнительно невелико (около

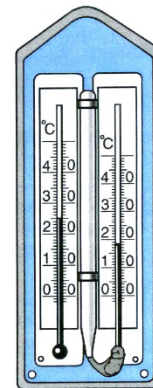


Рис. 11.4

Как вы думаете, при каких условиях выпадает роса? Почему перед дождливым днём вечером на траве нет росы?

Повесьте в классной комнате психрометр и наблюдайте за изменением влажности. Постройте график изменения влажности на протяжении учебного дня. Объясните, чем определяется это изменение.

Спасибо за внимание!