Томский межвузовский центр дистанционного образования

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Контрольная работа

по дисциплине «Концепция современного естествознания»

Выполнила

Афонина Юлия Владимировна

Г. Нефтеюганск

**1. Как происходит обмен веществ и энергией в живой клетке? Чем он отличается от обменных процессов в неживой природе?**

Обмен веществ (метаболизм) — это совокупность изменений и превращений вещества и энергии в организмах, обеспечивающих их рост, развитие, жизнедеятельность, самовоспроизведение и самосохранение. Процесс метаболизма — это непрерывно протекающие реакции потребления и усвоения поступающих веществ, превращения их в собственное тело организма (ассимиляции), а также противоположные реакции — разрушения некоторых веществ (диссимиляции). Ассимиляция может быть автотрофной (фотосинтез у зеленых растений) и гетеротрофной (пищеварение у животных). При химическом разложении молекул выделяется энергия, скрытая в форме химических связей в исходном соединении, и становится доступной для живой клетки. Примеры диссимиляции — дыхание, брожение. Пищеварение включает в себя процессы расщепления. Реакции между органическими соединениями идут очень медленно. В живой клетке выработались ускорители реакций — ферменты: биологические катализаторы, присутствующие во всех клетках и имеющие белковую природу. Их активность зависит от условий окружающей среды, определенной рН, и отсутствия ингибиторов. Они не изменяются и не расходуются в ходе реакций, как и катализаторы. Огромна их производительность — одна молекула фермента может за 1 мин разложить до 5 млн молекул субстрата — вещества, на которое действует фермент.

В центре этих превращений в клетке находится АТФ, которая синтезируется из АДФ и Н3Р04 за счет световой энергии или энергии, выделяемой при гликолизе, брожении или дыхании. При гликолизе АТФ выделяется энергия, необходимая для совершения всей работы живого организма — от создания градиентов концентрации ионов и сокращения мышц до синтеза белка. Углеродные остовы для синтеза метаболитов поставляет процесс распада липидов (рис. 1).

Обменные процессы в неживой природе характеризуются круговоротом веществ, цикличностью. В круговорот втянуты все геосферы, в них происходят процессы переноса веществ, меняющие их локальную концентрацию. С появлением жизни в обменные процессы, происходящие в неживой природе, стали втягиваться и процессы биосферы, которая представляет единство живого и минеральных элементов, вовлеченных в сферу жизни

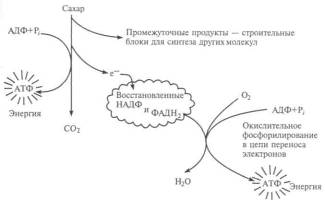


Рис. 1. Распад липидов, поставляющий углеродные скелеты для синтеза сахарозы и пр. (часть реакций происходит в глиоксисомах, а часть — в митохондриях и цитоплазме)

В обменных процессах, происходящих в неживой природе, нельзя выделить взаимосвязанных процессов ассимиляции и диссимиляции. Хотя все эти процессы происходят циклически во всех геосферах, они не направлены на цели роста, самосохранения, воспроизводства, адаптации и других характеристик, свойственных живым организмам. Согласно концепции Вернадского, «миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере, в целом осуществляется или при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция), или же она протекает в среде, геохимические особенности которой (кислород, углекислый газ, водород и др.) обусловлены живым веществом, как тем, которое в настоящее время населяет биосферу, так и тем, которое действовало на Землю в течение всей геологической истории».

Структурную основу метаболизма обеспечивает клеточный матрице, определяющий пространственное размещение молекулярных компонентов клетки, занятых в процессе жизнедеятельности. Среди клеточных органелл особую роль играют хлоропласты клеток зеленых растений и митохондрии любых организмов. В хлоропластах происходит связывание энергии солнечного света в процессе фотосинтеза. В митохондриях же извлекается энергия, заключенная в химических связях, поступающих в клетку питательных веществ.

**2. Дайте представление о фазовых переходах, приведите примеры фазовых переходов разных типов. Поясните суть явлений сверхпроводимости и сверхтекучести**

Фазы — это различные однородные части физико-химических систем. Вещество однородно, когда все параметры состояния вещества одинаковы во всех его элементарных объемах, размеры которых велики по сравнению с межатомными состояниями. Смеси различных газов всегда составляют одну фазу, если во всем объеме они находятся в одинаковых концентрациях. Одно и то же вещество в зависимости от внешних условий может быть в одном из трех агрегатных состояний — жидком, твердом или газообразном. Фазы — это устойчивые состояния определенного агрегатного состояния. Понятие фазы более широкое, чем понятие агрегатного состояния.

В зависимости от внешних условий система может находиться в равновесии либо в одной фазе, либо сразу в нескольких фазах. Их равновесное существование называется фазовым равновесием.

Испарение и конденсация — часто наблюдаемые фазовые переходы воды в окружающей природе. При переходе воды в пар происходит сначала испарение — переход поверхностного слоя жидкости в пар, при этом в пар переходят только самые быстрые молекулы: они должны преодолеть притяжение окружающих молекул, поэтому уменьшаются их средняя кинетическая энергия и соответственно температура жидкости. Наблюдается в быту и обратный процесс — конденсация. Оба эти процесса зависят от внешних условий. В некоторых случаях между ними устанавливается динамическое равновесие, когда число молекул, покидающих жидкость, становится равным числу молекул, возвращающихся в нее. Молекулы в жидкости связаны силами притяжения, которые удерживают их внутри жидкости. Если молекулы, имеющие скорости, которые превышают среднюю, находятся вблизи поверхности, они могут ее покинуть. Тогда средняя скорость оставшихся молекул понизится и температура жидкости уменьшится. Для испарения при постоянной температуре нужно сообщить жидкости некоторое количество теплоты: Q = rт, где r — удельная теплота парообразования, которая уменьшается с ростом температуры. При комнатной температуре для одной молекулы воды теплота парообразования составляет 10-20 Дж, тогда как средняя энергия теплового движения равна 6,06 • 10-21 Дж. Это значит, что в пар переходят молекулы с энергией, которая в 10 раз больше энергии теплового движения. При переходе через поверхность жидкости потенциальная энергия быстрой молекулы растет, а кинетическая уменьшается. Поэтому средние кинетические энергии молекул пара и жидкости при тепловом равновесии равны.

Исследования показали, что с поверхности Мирового океана, составляющего 94 % земной гидросферы, за сутки испаряется около 7 000 км3 воды и примерно столько же выпадает в виде осадков. Водяной пар, увлекаемый конвекционным движением воздуха, поднимается вверх и попадает в холодные слои тропосферы. По мере подъема пар становится все более насыщенным, затем конденсируется, образуя дождевые капли. В процессе конденсации пара в тропосфере за сутки выделяется около 1,6-1022 Дж теплоты, что в десятки тысяч раз превосходит вырабатываемую человечеством энергию за то же время.

Кипение — процесс перехода жидкости в пар в результате всплывания пузырьков, наполненных паром. Кипение происходит во всем объеме. Разрыв пузырьков у поверхности кипящей жидкости свидетельствует о том, что давление пара в них превышает давление над поверхностью жидкости. При температуре 100 °С давление насыщенных паров равно давлению воздуха над поверхностью жидкости (так была выбрана эта точка на шкале). На высоте 5 км давление воздуха вдвое меньше и вода закипает там при 82 °С, а на границе тропосферы (17 км) — приблизительно при 65 °С. Поэтому точка кипения жидкости соответствует той температуре, при которой давление ее насыщенных паров равно внешнему. Слабое поле тяготения Луны (ускорение свободного падения у ее поверхности равно всего 1,7 м/с2) не способно удержать атмосферу, а при отсутствии атмосферного давления жидкость мгновенно выкипает, поэтому лунные «моря» безводны и образованы застывшей лавой. По той же причине безводны и марсианские «каналы».

Вещество может находиться в равновесии и в разных фазах. Так, при сжижении газа в состоянии равновесия фаз объем может быть каким угодно, а температура перехода связана с давлением насыщенного пара. Кривая равновесия фаз может быть получена при проекции на плоскость (р, Т) области перехода в жидкое состояние. Аналитически кривая равновесия двух фаз определяется из решения дифференциального уравнения Клаузиуса—Клапейрона. Аналогично можно получить кривые плавления и возгонки, которые соединяются в одной точке плоскости (р, Г), в тройной точке (см. рис. 7.1), где в определенных пропорциях находятся в равновесии все три фазы. Тройной точке воды соответствует давление 569,24 Па и температура -0,0075 °С; углекислоты — 5,18 • 105 Па и 56,6 °С соответственно. Поэтому при атмосферном давлении р, равном 101,3 кПа, углекислота может быть в твердом или газообразном состоянии. При критической температуре физические свойства жидкости и пара становятся одинаковыми. При температурах выше критической вещество может быть только в газообразном состоянии. Для воды — Т= 374,2 °С, р = 22,12 МПа; для хлора — 144 °С и 7,71 МПа соответственно.

Фазовые переходы бывают нескольких родов. Во время фазового перехода температура не меняется, но меняется объем системы.

Фазовыми переходами первого рода называют изменения агрегатных состояний вещества, если: температура постоянна во время всего перехода; меняется объем системы; меняется энтропия системы. Чтобы произошел такой фазовый переход, нужно данной массе вещества сообщить определенное количество теплоты, соответствующее скрытой теплоте превращения.

В самом деле, при переходе из более конденсированной фазы в фазу с меньшей плотностью нужно сообщить некоторое количество энергии в форме теплоты, которое пойдет на разрушение кристаллической решетки (при плавлении) или на удаление молекул жидкости друг от друга (при парообразовании). Во время преобразования скрытая теплота расходуется на преодоление сил сцепления, интенсивность теплового движения не изменяется, в результате температура остается постоянной. При таком переходе степень беспорядка, а следовательно, и энтропия возрастают. Если процесс идет в обратном направлении, то скрытая теплота выделяется.

Фазовые переходы второго рода связаны с изменением симметрии системы: выше точки перехода система, как правило, обладает более высокой симметрией, как показал в 1937 г. Л.Д. Ландау. Например, в магнетике спиновые моменты выше точки перехода ориентированы хаотически, и одновременное вращение всех спинов вокруг одной оси на одинаковый угол не изменяет свойств системы. Ниже точки перехода спины имеют некоторую преимущественную ориентацию, и одновременный их поворот меняет направление магнитного момента системы. Ландау ввел коэффициент упорядочения и разложил термодинамический потенциал в точке перехода по степеням этого коэффициента, на основе чего построил классификацию всех возможных типов переходов, а также теорию явлений сверхтекучести и сверхпроводимости. На этой основе Ландау и Лифшиц рассмотрели много важных задач — переход сегнетоэлектрика в параэлектрик, ферромагнетика — в парамагнетик, поглощение звука в точке перехода, переход металлов и сплавов в сверхпроводящее состояние и др.

Фазовые переходы второго, третьего и т.д. родов связаны с порядком тех производных термодинамического потенциала Ф, которые испытывают конечные изменения в точке перехода. Такая классификация фазовых превращений связана с работами физика-теоретика П. Эренфеста. В случае фазового перехода второго рода в точке перехода испытывают скачки производные второго порядка: теплоемкость при постоянном давлении Ср = , сжимаемость , коэффициент теплового расширения, тогда как первые производные остаются непрерывными. Это означает отсутствие выделения (поглощения) теплоты и изменения удельного объема.



Сверхтекучесть и сверхпроводимость.

Стремление к беспорядку приводит к увеличению, (в среднем) расстояния между частицами, часть кинетической энергии частиц переходит в потенциальную, и по мере уменьшения средней кинетической энергии уменьшается и температура газа. Эффект Джоуля—Томсона используют для понижения температуры на порядок по сравнению с нормальной. При каждом процессе охлаждения температура падает незначительно, но система работает циклами, и в конце процесса сжиженный газ капает из сопла в колбу. Дьюар изобрел сосуд для хранения сжиженных газов, который сейчас широко распространен (сосуд Дьюара).

Системы с последовательным сжатием и расширением газа широко используют для сжижения газа. Гелий превращается в жидкость при Т = 4,2 К. Впервые жидкий гелий получил нидерландский физик X. Камерлинг-Оннес в Лейдене путем охлаждения гелия ниже точки его инверсии с помощью жидкого водорода, кипящего под пониженным давлением (1908). Так он достиг температуры 1 К.

Из теоремы Нернста, называемой третьим началом термодинамики, следует, что при приближении температуры к нулю теплоемкости тоже стремятся к нулю, т. е. начинают зависеть от температуры (Т). По классической теории этого быть не должно. Значит, в рамках классической физики теорема Нернста не может быть объяснена. Кроме того, из уравнения Клапейрона следует, что коэффициент теплового расширения и термический коэффициент давления не должны зависеть от температуры, а из теоремы Нернста получается, что они тоже обращаются в нуль при Т= 0. Это значит, что при низких температурах перестает выполняться и уравнение Клапейрона—Менделеева.

Посколькуи по третьему началу термодинамики при Т= 0 левые части обращаются в нуль, то в нуль должны обратиться и правые части, т.е. при Т= 0 давление газа не зависит от температуры, а определяется только плотностью, газ находится в состоянии вырождения. Пример такого газа — газ свободных электронов в металлах при обычных температурах.



К вырожденным газам не применима статистика Больцмана, поэтому разработана квантовая статистика Бозе—Эйнштейна (для бозонов). Из приведенных соотношений получается, что и внутренняя энергия перестает зависеть от температуры, определяясь только плотностью. Поэтому и газ свободных электронов в металлах не вносит заметного вклада в теплоемкость.

Охлаждение от 30 до 3 К совершается при использовании гелия. Сначала гелий охлаждают путем контакта его с жидким азотом или воздухом, затем — при адиабатическом расширении, когда его заставляют совершить работу. После этого охлажденный гелий многократно пропускают через установку Джоуля—Томсона, и через несколько циклов начинает капать уже жидкий гелий с точкой кипения 4,2 К. Температура 3 К имеет более общее значение, поскольку такой температурой обладает окружающее нас космическое пространство. Это слабое излучение, обнаруженное американскими учеными (радио- и астрофизиком А. Пензиасом и радиоастрономом Р. Вильсоном), является также космическим микроволновым фоновым излучением. В нем присутствует целый набор длин волн, но максимум интенсивности лежит около длины 3 см. Оно обладает всеми свойствами излучения, которыми бы обладало тело, нагретое до температуры 2,7 К. Считается, что это излучение было порождено в результате Большого Взрыва, и потому И. С. Шкловский предложил его назвать реликтовым. По теории Большого Взрыва, предложенной Г. Гаммовым, в ранней Вселенной излучение и вещество находились в очень тесном тепловом контакте, и только через 700 тыс. лет после Большого Взрыва произошло их разделение, при этом температура Вселенной понизилась на 3000 К. Вселенная и далее продолжала расширяться, соответственно увеличивались и длины волн излучения, поэтому большая часть излучения сейчас имеет длину волны порядка 3 см. Вещество, лишившись контакта с излучением, остывало медленней.

Если добиться испарения жидкого гелия, можно достичь температур порядка 1 К. Для получения более низких температур используют магнитные свойства веществ, обусловленные наличием спина электрона. Движущиеся электроны, так как каждый электрически заряжен, порождают магнитные поля, а наличие спина приводит к возникновению магнитного поля, и каждый электрон подобен маленькому полосовому магниту. Но в отличие от него электрон во внешнем магнитном поле может иметь только две ориентации («вверх» и «вниз») как объект квантовой природы. У большинства веществ спины электронов скомпенсированы и не создают магнитного поля, у парамагнитных — они не скомпенсированы, но без магнитного поля имеют одинаковое число спинов, ориентированных «вверх» и «вниз». Различным ориентациям полосового магнита во внешнем поле сопоставляют определенное значение энергии, то же — и для двояко ориентированных спинов. Пусть в присутствии поля ориентации «вверх» соответствует большая энергия. Если с увеличением магнитного поля отношение чисел электронов со спинами «вверх» и «вниз» осталось неизменным, значит, система обладает бесконечно высокой температурой. Итак, если два состояния отличаются по энергиям и одинаково «заселены», можно сказать, что система обладает бесконечной температурой.

Зафиксировав этот общий вывод, приложим внешнее магнитное поле к парамагнитному образцу, находящемуся в контакте с термостатом. Возникает отличие между по-разному ориентированными спинами, так как система была «бесконечно нагрета» и «перевороту» спинов вниз будет соответствовать переход части энергии в термостат. В результате число спинов, ориентированных «вниз», возрастет, они не будут скомпенсированы, система приобретет магнитный момент. Этот процесс, соответствующий стремлению к рассеянию энергии, называют изотермическим намагничиванием. Если теперь нарушить тепловой контакт с окружающей средой и повести процесс на следующем этапе адиабатически, потери энергии уже не будет. Приступим к адиабатическому размагничиванию образца. В отсутствие внешнего магнитного поля спины электронов практически с равными вероятностями могут быть ориентированы как по полю («вниз»), так и против него («вверх»). Энтропия системы спинов растет, хотя у образца в целом она не меняется, т.е. у системы атомов, находящихся в тепловом движении, энтропия понизилась, тепловое движение стало более упорядоченным, снизилась интенсивность теплового движения атомов (Т). Внешний наблюдатель отметил понижение температуры, а система электронных спинов выступила «холодильником», откачав под действием магнитного поля энергию от атомов в окружающее пространство.

Явление сверхтекучести наблюдали и раньше, отмечая странное поведение гелия при температурах около 2 К, но только П.Л. Капица подробно исследовал и описал его. Эту «странность» в поведении гелия объяснил Л.Д. Ландау (1941) — необычность гелия в том, что жидкий гелий существует в двух формах. В области температур от 4,2 до 2,18 К (так называемая -точка) он ведет себя как классическая жидкость — это гелий-I. Ниже-точки он состоит как бы из двух жидкостей: одна ведет себя как обычная (гелий-I), другая проявляет свойства сверхтекучести — проводит теплоту без потерь, т.е. ее теплопроводность равна бесконечности, не оказывает сопротивления течению, или имеет нулевую вязкость, — это гелий-П. В -точке происходит фазовый переход между двумя состояниями гелия. Относительное количество каждой из компонент гелия можно определить измерением силы, действующей на предмет, движущийся в жидкости. Оно зависит от температуры, и опыты показали, что при температурах ниже 1 К практически весь гелий находится в сверхтекучем состоянии.



Итак, атомы сверхтекучего гелия ведут себя согласованно, как единое целое, беспорядка в этой системе нет, энтропия равна нулю. Невозможно сообщить какой-то части сверхтекучего гелия теплоту — все его атомы одинаково подвержены воздействию. Невозможен и обмен энергией между атомами — все они в самом низком состоянии, и вязкость среды равна нулю.

Явление сверхпроводимости было открыто при исследованиях в области низких температур, первоначально имевших чисто практическую направленность и приведших к многим крупным открытиям. В 1911 г. Камерлинг-Оннес обнаружил, что при температуре 7,2 К сопротивление свинцового проводника внезапно снизилось в миллионы раз и практически исчезло. Затем он открыл удивительный макроэффект скачкообразного исчезновения электрического сопротивления ртути, охлажденной до температуры 4,15 К.

Это странное явление и получило название сверхпроводимости. В одном из экспериментов в сделанном из чистого свинца кольце был наведен ток в несколько сотен ампер. Через год оказалось, что ток все еще продолжает идти в кольце, и величина его не изменилась, т. е. сопротивление свинца было равно нулю! Этот макроэффект возникновения сверхпроводимости долгое время оставался не объясненным, но постепенно расширялся круг веществ, способных к нему при низких температурах. Среди них — свинец, ниобий, ванадий, алюминий, олово, титан, молибден и ряд других металлов. Сейчас известны многие элементы и сплавы, которые при низких температурах обладают сверхпроводящими свойствами. Электротехников такое открытие сначала окрылило, но надежды на создание электрических машин без сопротивления оказались преждевременными. Проблема была не только в сложности охлаждения до столь низких температур, но и в возникновении вокруг проводника с большим током сильного магнитного поля, стремящегося нарушить сверхпроводимость. Подбирали специальные сплавы, на которые бы магнитное поле не влияло. Более того, в 30-е гг. немецкие физики В.Мейснер и Р.Оксенфельд нашли, что вещество, приобретающее свойства сверхпроводимости, способно вытеснять образующееся в нем магнитное поле. Но и вытесненное магнитное поле остается помехой сверхпроводимости. Выяснилось, что состояния сверхпроводимости и магнитной проницаемости являются взаимно исключающими. Эффект Мейснера был использован в 1945 г. в знаменитом опыте Аркадьева — над чашей, изготовленной из сверхпроводящего вещества и охлажденной до температуры ниже критической, парил магнит. Он поддерживался в таком необычном состоянии, так как вытесненное магнитное поле из сверхпроводника уравновешивало вес обычного магнита.

**3. Опишите модель реального газа. К каким состояниям газа она применяется? Какая температура и плотность называется критической? Каковы особенности сжижения газов в естественных и искусственных условиях?**

Модель реального газа, предложенная Ван-дер-Ваальсом (1873), отличалась от модели идеального газа учетом объема самих молекул и их взаимодействия. Последний фактор несколько уменьшает давление — каждая молекула при столкновении как бы тормозится притяжением соседних. Так появилось новое уравнение состояния, которое получило имя автора.

При низких абсолютных температурах газы уже не похожи на газы, их свойства определяются квантовыми законами. В этих условиях используют квантовые функции распределения, которые переходят в классические с повышением температуры. Области, в которых наступают отклонения от закона распределения, называют областями вырождения газа (для водорода, например, эта область находится при Т = 1 К, для других газов — еще ниже).

Получение сжиженных газов, необходимых в промышленности, требовало разработки методов получения низких температур. Многое в этом направлении сделано академиком П.Л. Капицей (1938), которому открытие сверхтекучести жидкого гелия принесло мировую славу. Через несколько лет Ландау построил теорию сверхтекучести жидкого гелия. В предвоенные годы проблема сверхтекучести была одной из центральных проблем теоретической физики.

Установление понятия критической точки оказалось решающим в разработке методики и техники сжижения газов. В 1877 г. в Париже, в химической лаборатории Нормальной школы, Л. Кальете провел опыт по сжижению кислорода: предварительно кислород был охлажден и сжат до 303,9 • 105 Па, затем резко расширен, в результате его температура упала до 90 К, и в этот момент в стеклянном приемнике возник туман — мельчайшие капельки жидкого кислорода. Вскоре Кальете тем же способом превратил в жидкость азот и водород. В Женеве в том же году Р. П. Пикте получил уже несколько кубических сантиметров жидкого кислорода и водорода. В еще больших количествах их удалось получить польским физикам 3. Врублевскому и К. Ольшевскому, когда они понизили температуру еще на 20 К путем испарения жидкого воздуха в пустоту (1885). Используя эффект Джоуля—Томсона, отличающийся от охлаждения при адиабатическом расширении тем, что газ охлаждается без совершения работы, за счет сил взаимного притяжения, английский физико-химик Дж. Дьюар сумел получить уже несколько литров жидкого водорода (1893).

Стремление к беспорядку приводит к увеличению (в среднем) расстояния между частицами, часть кинетической энергии частиц переходит в потенциальную, и по мере уменьшения средней кинетической энергии уменьшается и температура газа. Эффект Джоуля—Томсона используют для понижения температуры на порядок по сравнению с нормальной. При каждом процессе охлаждения температура падает незначительно, но система работает циклами, и в конце процесса сжиженный газ капает из сопла в колбу. Дьюар изобрел сосуд для хранения сжиженных газов, который сейчас широко распространен (сосуд Дьюара).

Системы с последовательным сжатием и расширением газа широко используют для сжижения газа. Гелий превращается в жидкость при Т = 4,2 К. Впервые жидкий гелий получил нидерландский физик X. Камерлинг-Оннес в Лейдене путем охлаждения гелия ниже точки его инверсии с помощью жидкого водорода, кипящего под пониженным давлением (1908). Так он достиг температуры 1 К.

Из теоремы Нернста, называемой третьим началом термодинамики, следует, что при приближении температуры к нулю теплоемкости тоже стремятся к нулю, т. е. начинают зависеть от температуры (Т). По классической теории этого быть не должно. Значит, в рамках классической физики теорема Нернста не может быть объяснена. Кроме того, из уравнения Клапейрона следует, что коэффициент теплового расширения и термический коэффициент давления не должны зависеть от температуры, а из теоремы Нернста получается, что они тоже обращаются в нуль при Т= 0. Это значит, что при низких температурах перестает выполняться и уравнение Клапейрона—Менделеева.

Посколькуи по третьему началу термодинамики при Т= 0 левые части обращаются в нуль, то в нуль должны обратиться и правые части, т.е. при Т= 0 давление газа не зависит от температуры, а определяется только плотностью, газ находится в состоянии вырождения. Пример такого газа — газ свободных электронов в металлах при обычных температурах.



К вырожденным газам не применима статистика Больцмана, поэтому разработана квантовая статистика Бозе—Эйнштейна (для бозонов). Из приведенных соотношений получается, что и внутренняя энергия перестает зависеть от температуры, определяясь только плотностью. Поэтому и газ свободных электронов в металлах не вносит заметного вклада в теплоемкость.

**4. Поясните суть гипотезы Луи де Бройля. Как она была экспериментально подтверждена, какое значение для естествознания имеет использование корпускулярно-волновых свойств вещества? Что узнали о живой материи с помощью электронного микроскопа и на каких принципах он работает?**

Это было увлекательное время для физиков, когда загадки возникали буквально на каждом шагу. В XIX в. классическая физика достигла столь больших успехов, что некоторые ученые начали сомневаться, остались ли нерешенными хотя бы какие-то принципиальные научные проблемы. И лишь в самые последние годы столетия были сделаны такие поразительные открытия, как рентгеновское излучение, радиоактивность и электрон. В 1900 г. Макс Планк предложил свою революционную квантовую теорию для объяснения соотношения между температурой тела и испускаемым им излучением. Вопреки освященному веками представлению о том, что свет распространяется непрерывными волнами, Планк высказал предположение о том, что электромагнитное излучение (всего лишь за несколько десятилетий до этого было доказано, что свет представляет собой электромагнитное излучение) состоит из неделимых порций, энергия которых пропорциональна частоте излучения. Новая теория позволила Планку разрешить проблему, над которой он работал, но она оказалась слишком непривычной, чтобы стать общепринятой. В 1905 г. Альберт Эйнштейн показал, что теория Планка - не математический трюк. Используя квантовую теорию, он предложил замечательное объяснение фотоэлектрического эффекта (испускание электронов поверхностью металла под действием падающего на нее излучения). Было известно, что с увеличением интенсивности излучения число испущенных с поверхности электронов возрастает, но их скорость никогда не превосходит некоторого максимума. Согласно предложенному Эйнштейном объяснению, каждый квант передает свою энергию одному электрону, вырывая его с поверхности металла: чем интенсивнее излучение, тем больше фотонов, которые высвобождают больше электронов; энергия же каждого фотона определяется его частотой и задает предел скорости вылета электрона. Заслуга Эйнштейна не только в том, что он расширил область применения квантовой теории, но и в подтверждении им ее справедливости. Свет, несомненно обладающий волновыми свойствами, в ряде явлений проявляет себя как поток частиц.

Новое подтверждение квантовой теории последовало в 1913 г., когда Нильс Бор предложил модель атома, которая соединила концепцию Эрнста Резерфорда о плотном центральном ядре, вокруг которого обращаются электроны, с определенными ограничениями на электронные орбиты. Эти ограничения позволили Бору объяснить линейчатые спектры атомов, которые можно наблюдать, если свет, испущенный веществом, находящимся в возбужденном состоянии при горении или электрическом разряде, пропустить через узкую щель, а затем через спектроскоп - оптический прибор, пространственно разделяющий компоненты сигнала, соответствующие различным частотам или длинам волн (различным цветам). В результате возникает серия линий (изображений щели), или спектр. Положение каждой спектральной линии зависит от частоты определенной компоненты. Спектр целиком определяется излучением атомов или молекул светящегося вещества. Бор объяснял возникновение спектральных линий "перескоком" электронов в атомах с одной "разрешенной" орбиты на другую, с более низкой энергией. Разность энергий между орбитами, теряемая электроном при переходе, испускается в виде кванта, или фотона - излучения с частотой, пропорциональной разности энергий. Спектр представляет собой своего рода кодированную запись энергетических состояний электронов. Модель Бора, таким образом, подкрепила и концепцию дуальной природы света как волны и потока частиц.

Несмотря на большое число экспериментальных подтверждений, мысль о двойственном характере электромагнитного излучения у многих физиков продолжала вызывать сомнения. К тому же в новой теории обнаружились уязвимые места. Например, модель Бора "разрешенные" электронные орбиты ставила в соответствии наблюдаемым спектральным линиям. Орбиты не следовали из теории, а подгонялись, исходя из экспериментальных данных.

Де Бройль первым понял, что если волны могут вести себя как частицы, то и частицы могут вести себя как волны. Он применил теорию Эйнштейна - Бора о дуализме волна-частица к материальным объектам. Волна и материя считались совершенно различными. Материя обладает массой покоя. Она может покоиться или двигаться с какой-либо скоростью. Свет же не имеет массы покоя: он либо движется с определенной скоростью (которая может изменяться в зависимости от среды), либо не существует. По аналогии с соотношением между длиной волны света и энергией фотона де Бройль высказал гипотезу о существовании соотношения между длиной волны и импульсом частицы (массы, умноженной на скорость частицы). Импульс непосредственно связан с кинетической энергией. Таким образом, быстрый электрон соответствует волне с более высокой частотой (более короткой длиной волны), чем медленный электрон. В каком обличье (волны или частицы) проявляет себя материальный объект зависит от условий наблюдения.

С необычайной смелостью де Бройль применил свою идею к модели атома Бора. Отрицательный электрон притягивается к положительно заряженному ядру. Для того чтобы обращаться вокруг ядра на определенном расстоянии, электрон должен двигаться с определенной скоростью. Если скорость электрона изменяется, то изменяется и положение орбиты. В таком случае центробежная сила уравновешивается центростремительной. Скорость электрона на определенной орбите, находящейся на определенном расстоянии от ядра, соответствует определенному импульсу (скорости, умноженной на массу электрона) и, следовательно, по гипотезе де Бройля, определенной длине волны электрона. По утверждению де Бройля, "разрешенные" орбиты отличаются тем, что на них укладывается целое число длин волн электрона. Только на таких орбитах волны электронов находятся в фазе (в определенной точке частотного цикла) с самими собой и не разрушаются собственной интерференцией.

В 1924 г. де Бройль представил свою работу "Исследования по квантовой теории" ("Researches on the Quantum Theory") в качестве докторской диссертации факультету естественных наук Парижского университета. Его оппоненты и члены ученого совета были поражены, но настроены весьма скептически. Они рассматривали идеи де Бройля как теоретические измышления, лишенные экспериментальной основы. Однако по настоянию Эйнштейна докторская степень ему все же была присуждена. В следующем году де Бройля опубликовал свою работу в виде обширной статьи, которая была встречена с почтительным вниманием. С 1926 г. он стал лектором по физике Парижского университета, а через два года был назначен профессором теоретической физики Института Анри Пуанкаре при том же университете.

На Эйнштейна работа де Бройля произвела большое впечатление, и он советовал многим физикам тщательно изучить ее. Эрвин Шредингер последовал совету Эйнштейна и положил идеи де Бройля в основу волновой механики, обобщившей квантовую теорию. В 1927 г. волновое поведение материи получило экспериментальное подтверждение в исследованиях Клинтона Дж. Дэвиссона и Лестера Х. Джермера, работавших с низкоэнергетическими электронами в Соединенных Штатах, и Джорджа П. Томсона, использовавшего электроны большой энергии в Англии. Открытие связанных с электронами волн, которые можно отклонять в нужную сторону и фокусировать, привело в 1933 г. к созданию Эрнстом Руской электронного микроскопа. Волны, связанные с материальными частицами, теперь принято называть волнами де Бройля.

В 1929 г. "за открытие волновой природы электронов" де Бройль был удостоен Нобелевской премии по физике.

Де Бройль продолжил свои исследования природы электронов и фотонов. Вместе с Эйнштейном и Шредингером он в течение многих лет пытался найти такую формулировку квантовой механики, которая подчинялась бы обычным причинно-следственным законам. Однако усилия этих выдающихся ученых не увенчались успехом, а экспериментально было доказано, что такие теории неверны. В квантовой механике возобладала статистическая интерпретация, основанная на работах Нильса Бора, Макса Борна и Вернера Гейзенберга. Эту концепцию часто называют копенгагенской интерпретацией в честь Бора, который разрабатывал ее в Копенгагене.

В 1933 г. де Бройль был избран членом Французской академии наук, а в 1942 г. стал ее постоянным секретарем. В следующем году он основал Центр исследований по прикладной математике при Институте Анри Пуанкаре для укрепления связей между физикой и прикладной математикой. В 1945 г., после окончания второй мировой войны, Луи де Бройль и его брат Морис были назначены советниками при французской Высшей комиссии по атомной энергии. После успешного обнаружения волновых свойств у электронов были проведены сложнейшие опыты по их обнаружению у атомов и молекул (Германия). Так как длина волны де Бройля равна, то у больших частиц она существенно меньше, но Штерн ее измерил. Впоследствии дифракционные, а значит, и волновые свойства были обнаружены у атомных и молекулярных пучков.



**5. Какова специфика микромира по сравнению с изучением мега – и макромира. Поясните принципы соответствия и дополнительности?**

Микромир — невидимый мир микрообъектов: атомов, электронов, нейтронов, протонов и пр. Он не может быть описан понятиями и принципами классической физики, которые в некоторой мере соответствуют наглядным представлениям (как в гл. 5). Классическая физика признает наличие материи как в виде вещества, так и поля. Но она не допускает объектов, обладающих свойствами и поля, и вещества. Подчеркивая кажущуюся противоречивость свойств микрообъектов, у которых эти свойства дополняют друг друга, Н. Бор выдвинул принцип дополнительности (1927).

Естествознание исследует органическую и неорганическую природу на Земле и во Вселенной. Сфера исследования включает объекты микро-, макро- и мегамиров

Границы применимости существуют у каждой теории. Так, классическая механика описывает движение макроскопических тел при скоростях, существенно меньших скорости света. Эти границы выяснились только после создания СТО — релятивистская механика расширила классическую на случай больших скоростей. Ценность механики Ньютона при этом не уменьшилась — для малых скоростей тел (по сравнению со скоростью света) поправки малы. При создании квантовой механики было важно строить новую теорию так, чтобы соотношения между величинами были аналогичны классическим, т. е. каждой классической величине нужно было поставить в соответствие квантовую, а потом найти соотношение между квантовыми величинами, пользуясь классическими законами. Такие соответствия можно было найти только из операций измерения.

Принцип соответствия — новая теория не может быть справедливой, если не будет содержать в качестве предельного случая старую теорию, относящуюся к тем же явлениям, если она уже подтверждена опытом в этой области. Этот принцип построения новых теорий в других областях, сформулированный Н. Бором (1923), отражает диалектику соотношения абсолютной и относительной истин. Смена теорий (относительных истин) есть шаг на пути приближения к абсолютной истине, тем самым принцип соответствия отражает объективную ценность физических теорий — новые теории не отрицают старых именно потому, что старые теории с определенной степенью приближения отражают объективные закономерности природы.

В 1927 г. В. Гейзенберг при поддержке Бора и его школы предложил устранить противоречие «волна — частица», которое он понимал как аналогию. Он шел от наглядных феноменологических моделей. Считая, что «совокупность атомных явлений невозможно непосредственно выразить нашим языком», он предложил отказаться от представления о материальной точке, точно локализованной во времени и пространстве. Либо точное положение в пространстве при полной неопределенности во времени, либо наоборот — таково требование квантовых скачков.

Принцип неопределенности Гейзенберга — это фундаментальное положение квантовой теории, отражающее ограничение информации о микрообъектах самими средствами наблюдения.

Пусть в какой-то момент нам нужно узнать положение и скорость электрона. Самый точный метод — осветить электрон пучком фотонов. Электрон столкнется с фотоном, и его положение будет определено с точностью до длины волны фотона. Для большей точности нужно использовать фотоны наименьшей длины (или большей частоты, или обладающие большими энергией Е и импульсом hv/c). Но чем больше импульс фотона, тем сильнее он исказит импульс электрона. Для точного знания положения электрона нужно использовать фотоны бесконечной частоты, но тогда и импульс его будет бесконечным, совершенно неопределенным. И, наоборот, желая определить точно импульс электрона, из аналогичных рассуждении придем к неопределенности положения. Выразив ее как, а неопределенность импульса как, получим. Для других сопряженных величин — энергии Е и времени t — квантово-механическое соотношение неопределенности будет



Значит, чем точнее фиксирован импульс, тем большая неопределенность в значении координаты. Аналогично связаны энергия и время — точность измерения энергии пропорциональна длительности процесса измерения. И это не неточность определения величин, которая может быть улучшена более точным прибором, это принципиальная неточность определения физических величин в атомной физике. Причина этого — взаимодействие с макроскопическим прибором. Принцип дает ограничения, которые нельзя устранить никакими усовершенствованиями прибора. В классической науке приборы и наблюдения тоже искажали измерения, но эти искажения можно было уменьшать. Разница в том, что соприкасаются и взаимодействуют объекты разных миров: для изучения микромира используются приборы и наблюдатели из макромира. Они-то и вносят искажения в состояния микрообъектов, которые не устранимы. Поэтому будущее состояние микрочастицы не может быть достоверно и точно предсказано. Повышение точности знания одного параметра увеличивает неточность в знании сопряженного ему параметра. Отсюда — дискуссии о непредсказуемости явлений микромира, о «свободе воли» электрона, о победе случайности над детерминизмом, нарушении принципа причинности в микромире и др. Принцип неопределенности иногда называют следствием принципа дополнительности, что до сих пор вызывает дискуссии.

Основа интерпретации квантовой механики — принцип Гейзенберга — устанавливает границы применимости классической физики и считается общепризнанным.

Применим соотношения Гейзенберга, например, к электрону в атоме. Так как скорость электронов при движении вокруг ядра порядка 106 м/с, то максимально допустимая неопределенность скорости не должна превышать самой скорости. Пусть они равны, тогда из соотношения неопределенностей для координат и импульсов . Или в числах: = 6,62 10-34Дж с/(9,1 10-31 кг 106 м/с) = 7 • 10-10 м, т. е. неопределенность в координате порядка размеров самого атома. Отсюда вывод: электрон размазан по всему объему атома в виде пульсирующего облачка, и его боровская орбита — геометрическое место точек, в которых корпускулярные свойства электрона наиболее выражены.



Понятие вероятности становится первичным, и вокруг него строится наука XX в., формируя новую, неклассическую стратегию познания. Опыты дают набор возможных значений величин с распределением их вероятности, и это может быть предвычислено! Исследуя специфику взаимодействия микрообъекта с классическим средством наблюдения, Гейзенберг в работе «О наглядном содержании квантовой кинематики и механики» (1927) рассмотрел основные положения квантовой механики, ориентируясь на возможности измерения величин, характеризующих состояние микрообъекта. Он заключил, что в микромире «чем точнее определяется местоположение, тем менее точными становятся сведения об импульсе». Или, в отличие от «лапласовского детерминизма», поскольку мы не можем знать настоящего во всех деталях, то не можем достоверно предсказать будущее. Природа накладывает на понятия координаты и импульса принципиальные ограничения, которых не было в классической науке, возможно, из-за малой величины h.

«Бог не играет в кости» — считал Эйнштейн. Связь принципа неопределенности с принципом дополнительности Бора — основа так называемый «копенгагенской» трактовки квантовой механики. Эйнштейн долгое время оппонировал Бору. Он писал: «Существует нечто вроде «реального» состояния физической системы, существующего объективно, независимо от какого-то ни было наблюдения или измерения». Споры Бора с Эйнштейном проясняют многое в истолковании смысла квантовой механики, фактически они отражают продолжавшуюся более двух десятилетий борьбу двух мировоззрений, двух теорий познания. Вероятностное толкование волновой функции было подготовлено работами Бора, который применял идею вероятности к переходам электронов, но еще раньше Эйнштейн ввел понятие вероятностей для спонтанного и индуцированного излучений. От них вероятностные представления вошли в науку XX в.

Дирак отмечал: «Бор считал, что высшая мудрость должна быть выражена обязательно такими словами, смысл которых не может быть определен однозначно. Следовательно, истинность высшей мудрости является не абсолютной, а только относительной в соответствии с одним из значений двухзначных слов: поэтому противоположное высказывание также правомерно и мудро». Принцип дополнительности как вершину диалектики Бора относят к копенгагенской школе.

К Бору постепенно примкнули Гейзенберг, Борн, Иордан, Паули, а в некоторых вопросах и Дирак. Паули даже предложил (1932) назвать квантовую механику «теорией дополнительности». Иордан в книге «Наглядная квантовая теория» (1937) тоже свел все существо квантовой механики к идее дополнительности и утверждал, что «представление об объективной картине процессов теряет свою справедливость». Представители копенгагенской школы не признавали реальности микрообъектов и микропроцессов, отрицая причинность в элементарных процессах. Эти вопросы обсуждались на Сольвеевских конгрессах, где «копенгагенцам» резко возражали Лоренц, Эйнштейн, Ланжевен, Планк, Лауэ и др. Ланжевен, например, писал: «Я уверен, что, отказываясь от детерминизма, мы лишим науку ее основного движущего начала — того, что до сих пор составляло ее силу и залог ее успеха: веры в конечную познаваемость Вселенной. Ничто в переживаемых нами трудностях не оправдывает и не требует изменения наших установок, что, по моему глубокому убеждению, было бы равносильно отречению». Они были «детерминистами», а новый, неклассический образ природы завоевывал молодые умы.

**6. Какие частицы составляют ядро атома, каковы его размеры? Как это было установлено?**

В экспериментально установленном Резерфордом (1911) ядерном строении атома были две частицы — ядро и электрон. Появилась гипотеза строения атома из этих двух частиц. Ядро характеризовалось за рядом и массой. Заряд ядра равен +Ze, где Z — атомный номер, совпадающий с номером в Периодической системе элементов Д.И.Менделеева; +е — элементарный заряд ядра; масса ядра примерно равна А, где А — массовое число; тР — масса протона, равная 938,28 МэВ, а масса электрона — 0,511 МэВ. Протон имеет спин, равный 1/2, и собственный магнитный момент

— единица магнитного момента, называемая ядерным магнетоном. Казалось бы, модель ядра построить нетрудно при заданных А и Z, в нем А протонов и A—Z электронов. Но она противоречива. Так, например, для азота (А = 14, Z= 7) в ядре должно быть 14 протонов и 7 электронов, т.е. из 21 частицы с полуцелым спином s = 1/2. Но эксперимент дает s = 1 (спин ядра азота равен единице).



Атомное ядро состоит из протонов и нейтронов. Масса нейтрона тп = 939,57 МэВ, т.е. близка к массе протона (тп - тР = = 1,3 МэВ), что соответствует 2,5 те. Заряд нейтрона равен нулю, а спин s = (1/2), нейтрон обладает и собственным магнитным моментомЗдесь знак «-» означает, что направления собственного магнитного и механического моментов у нейтрона противоположны. В свободном состоянии нейтрон оказался нестабильным — он самопроизвольно распадается (с периодом полураспада 12 мин), превращаясь в протон и электрон, испуская еще одну частицу — антинейтрино:Масса нейтрино чрезвычайно мала, она много меньше даже массы электрона. Масса нейтрона превышает массу протона на 2,5 те, поэтому можно сказать, исходя из закона сохранения массы при этом превращении нейтрона, что она больше, что масса протона, электрона и нейтрино на 1,5 масс электрона, или на 0,77 МэВ. Эта энергия и выделяется при распаде нейтрона в виде кинетической энергии образующихся частиц.



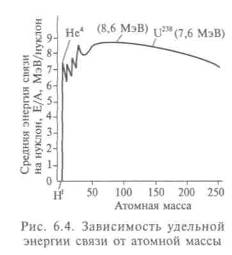
Таким образом, в протонно-нейтронной модели ядра оно характеризуется своим зарядовым числом Z, равным числу протонов в ядре, при этом число нейтронов N = А - Z. Поэтому ядра (элемента X) и обозначают символом видаЯдра с одинаковым зарядовым числом (или порядковым номером в Периодической системе) и разными А называют изотопами. Например, у кислорода есть три стабильных изотопа: А = 16, 17, 18; у водорода тоже три: А - 1, 2, 3. Все изотопы водорода имеют одинаковые свойства, отличаясь только массами. У более тяжелых элементов, например урана-235, в ядре 92 протона и 143 нейтрона. В природной смеси на долю урана-235 приходится всего 1/144 от урана-238. Безусловно, относительная разница в массе невелика, и проблема отделения одного изотопа от другого усложняется. Но большинство элементов в природе встречается именно в смеси изотопов.



Размеры ядерФ, где Ф (ферми) —единица длины, используемая в ядерной физике, равная 10-15 м. Спин ядра определяется сложением из спинов нуклонов, каждый из которых равен (1/2), поэтому он зависит от числа нуклонов в ядре. Когда в 1932 г. выяснилось, что ядро фактически состоит из протонов и нейтронов, вопрос о природе ядерных сил приобрел важное значение. Действие ядерных сил не наблюдается в макроскопических масштабах, приходится предполагать существование сил, в сотни раз превышающих действие электрических сил и вызывающих притяжение нуклонов друг к другу. Эти мощные силы действуют на очень коротких расстояниях, так что далее 10-14 м их действие не ощущается. Но ядра прочны и стабильны, и существуют опыты по рассеянию нуклонов. Неустойчивы только ядра элементов, расположенных в конце Периодической системы элементов. Теория ядерных сил должна дать объяснения этому. Но когда стало известно, что ядра могут делиться и превращаться в другие ядра, еще острее встал вопрос о том, что же удерживает их вместе.



Масса ядра оказалась меньше суммы масс входящих в него частиц. Это связано с тем, что при объединении нуклонов в ядро выделяется энергия их связи друг с другом. Как известно из СТО, энергия покоя частицы связана с ее массой соотношением: Е = тс2. Это означает, что энергия покоящегося ядра меньше суммарной энергии невзаимодействующих нуклонов. Эта разница составляет величину:Она называется энергией связи в ядре и равна работе, которую нужно совершить для того, чтобы разделить нуклоны в ядре и разнести их на расстояния, где они бы не взаимодействовали. Энергия связи, приходящаяся на один нуклон,называется удельной энергией связи в ядре, величина— дефектом массы ядра. Дефект массы связан с энергией соотношением А = Есв/с2. Приведем оценки атома гелия. В состав ядра входят 2 протона и 2 нейтрона, масса атома равна 3728,0 МэВ; масса атома водорода — 938,7 МэВ, а нейтрона — 939,57 МэВ.



Подставив эти значения в формулу для энергии связи, получим: Есв = (2 • 938,7 + + 2 • 939,5) - 3728,0 = 28,4 МэВ. Если это значение разделить на число нуклонов, получим 7,1 МэВ, тогда как энергия связи валентных электронов порядка 10 эВ, т.е. в миллион раз меньше. Если найти значения удельной энергии связи для других элементов, то она в зависимости от массового числа будет иметь вид, изображенный на рис. 6.4. График имеет отдельные пики и провалы для определенных изотопов. Энергия связи на один нуклон в общем растет с увеличением атомного номера, но для определенных комбинаций получаются исключения, которые можно как-то объяснить, считая, что при контактном взаимодействии достигается большая связь между нуклонами, т.е. нуклоны на поверхности ядра меньше связаны, чем внутри него. При числе нуклонов более пятидесяти, по-видимому, начинает проявляться и кулоновское отталкивание, так что полная энергия связи на нуклон уменьшается.

При расщеплении ядер с большими номерами можно получить ядра с меньшими номерами и выделить при этом энергию. Например, разделяя ядро 235U на два меньших, на что тоже нужна энергия (энергия связи на нуклон примерно равна 7,6 МэВ у 235U, a у ядер средних размеров — 8,6 МэВ, т.е. разница на один нуклон составляет 1 МэВ), на каждое ядро урана получим 200 МэВ при расщеплении его на два меньших, например барий и криптон. Но самопроизвольно этот процесс не начинается, он должен быть запущен. В случае с 235U таким спусковым крючком служит захват ядром нейтрона, а далее реакция идет сама по типу цепной реакции деления. Ядра с несбалансированным числом протонов и нейтронов могут (при определенных условиях) превращаться в другие ядра, испуская ядро атома гелия (А-частицу) или электрон (+ или -, так называемый процесс распада), или остаться после испускания частицы в возбужденном состоянии, а потом испустить у-квант. Тяжелые радиоактивные элементы распадаются поочередно этими способами, образуя ветви или радиоактивные семейства. Спадение кривой для тяжелых элементов связано с ростом куло-новского отталкивания между протонами. Наличие систематического хода кривой с максимумом при А порядка 50—60 (в середине Периодической системы элементов Д.И. Менделеева: от криптона до цинка) показывает, что эти элементы обладают наибольшей связью и наиболее устойчивы. Их энергия связи достигает 8,6 МэВ/нуклон, тогда как у урана — 7,5 МэВ/нуклон. Такая зависимость делает возможными два процесса: деление тяжелых ядер на несколько легких и синтез легких ядер в одно ядро. Оба эти процесса должны сопровождаться выделением большого количества энергии. Так, деление ядра с массовым числом А - 240 (с удельной энергией связи 7,5 МэВ) на два пополам с А = 120 (удельная энергия связи равна 8,5 МэВ) привело бы к высвобождению энергии в 240 МэВ. Реакция синтеза двух ядер тяжелого водорода с А = 2 в ядро гелия привела бы к выделению энергии в 24 МэВ. Для сравнения, сгорание угля до СО2 (соединение углерода с двумя атомами кислорода) дает всего 5 эВ.

Особая устойчивость ядер в середине Периодической системы химических элементов объяснима. Для расщепления тяжелого ядра атома на части необходимо пройти ряд промежуточных стадий, для чего требуется дополнительная энергия — энергия активации. Она может быть сообщена тяжелому ядру захваченным им дополнительным нейтроном. Такой процесс при захвате нейтрона ядром урана или плутония лежит в основе реакции деления в ядерных реакторах или атомной бомбы. В обычных условиях атомы не распадаются, им неоткуда получить дополнительную энергию. Для того чтобы произошло слияние легких ядер, они должны подойти на расстояние порядка 10-15 м, но такому сближению препятствует кулоновское отталкивание между ними. Чтобы преодолеть его, ядра должны двигаться с огромными скоростями, соответствующими температурам в сотни миллионов кельвин. Поэтому реакции синтеза и называют термоядерными, такие реакции происходят в недрах Солнца и звезд, в водородных бомбах.

Согласно капельной модели ядра, малый радиус действия ядерных сил (как у межмолекулярных сил жидкости) и примерное постоянство средней энергии связи на нуклон были использованы Я.И. Френкелем в модели ядер с большим числом нуклонов. Из-за заряда протонов «капля» стала наэлектризованной. Так как энергия связи уменьшается с увеличением номера элемента, а начиная со значения z = 83 ядра вообще теряют устойчивость, ядерные силы должны быть очень близкодействующими и подчиняться принципу Паули (если пара протонов с противоположно направленными спинами находится в каком-то определенном состоянии, то следующий протон должен занять место с большей энергией), и рост ядра ограничивается. Как только энергия возрастает, устойчивость ядра уменьшается. Квантовая теория строго ограничивает энергетические процессы в ядрах.

Поскольку взаимодействие между заряженными частицами переносится через электромагнитное поле, которое можно представить и совокупностью фотонов, то говорят, что это взаимодействие осуществляется через обмен фотонами. Каждая частица создает вокруг себя поле, непрерывно испуская и поглощая фотоны. Но это модельное описание не следует понимать буквально, происходит обмен не реальными фотонами, а воображаемыми, виртуальными. В силу принципа неопределенностиэтот испущенный фотон будет вскоре поглощен, иначе нарушится закон сохранения энергии. В самом деле, энергия электрона и испущенного виртуального фотонабольше энергии покоящегося электрона, но это нарушение кажущееся — длительность такого нарушенияне должна превышать величинуТогда это нарушение не будет обнаружено, т. е. оно виртуально. Реальный фотон может быть испущен лишь при поступлении дополнительной энергии. Можно оценить расстояние, на которое этот виртуальный фотон успеет передать взаимодействие за это время: Поскольку энергия фотона может быть сколь угодно мала (зависит от частоты), радиус действия электромагнитных сил неограниченный. Если бы частицы, осуществляющие обмен (взаимодействие), имели массу покоя, то радиус действия их был бы ограничен:



Это — так называемая комптоновская длина волны. Для электрона она составляет 3,86 10-13 м, что в 100 раз превышает радиус действия ядерных сил.



Сначала (1934) в качестве виртуальных частиц, переносящих взаимодействия в ядре, И.Е.Тамм предложил электрон. Но величина их оказалась недостаточна для сохранения ядер. В качестве ядерного клея японский физик Хидэки Юкава предложил в 1935 г. гипотетическую частичку мезон, массу которой он оценил (200... 300)те. Через два года американские физики Андерсон и Неддермейер обнаружили в космических лучах реальные частицы с массой 207 те, промежуточной между массами протона и электрона. Но оказалось, что это не те частицы, которые предложил Юкава (ему требовались другие свойства), и такие частицы (их называют-мезонами, или пионами) были обнаружены только в 1947 г. Они имеют массу 273 те. Именно на эти частицы — пионы, предсказанные гениальной интуицией, падает функция поддерживания взаимодействия в ядре. Протон превращается в нейтрон, периодически испуская пион, поэтому его можно представить наглядно имеющим нейтронное ядро и мезонную оболочку.



Теория пришла в согласие с данными наблюдений. Она получила название теории Тамма—Юкавы. Исследования природы ядерных взаимодействий продолжаются более полувека. Многие их свойства можно описать с помощью моделей, использующих разного вида потенциальные ямы, при этом непрерывно вносятся уточнения в связи с появлением новых экспериментальных данных. Во многих атомных явлениях ядро можно представить массивной заряженной частицей, не имеющей внутреннего строения.

Сферическую оболочечную м о д е л ь атомного ядра предложили в 1949 г. Мария Гепперт-Майер и Йоханнес Йенсен. Их идея состояла в том, чтобы применить для анализа движения нуклонов в ядре те же принципы квантовой механики, что и к вращающимся электронам в атоме. Так как существует принцип Паули, ядро строится путем последовательного заполнения оболочек нейтронами и протонами, причем заполнение начинается с состояний с наименьшей энергией. В атомах заполнение электронных оболочек приводит к появлению инертных газов. Похожая ситуация и в ядрах — при определенных числах протонов или нейтронов возникает ядро с «жесткой» сферической формой. Эти числа — 2, 8, 20, 28, 40, 50, 82, 126, 184 — назвали магическими. Ядра, имеющие два магических числа, особенно устойчивы, пример тому кислород-16: 8 протонов и 8 нейтронов.

Коллективная модель ядерной деформации, в которой рассматриваются форма и структура атомного ядра, была предложена в 1952 г. О. Бором и Б. Маттельсоном. Она сходна с моделью жидкой капли. Квантово-механические расчеты определяют форму капли и области минимумов энергии, что связывается с устойчивостью и неустойчивостью ядер. Изучение таких коллективных движений в ядрах привело к гипотезе о существовании внутри ядер неких кластеров, из которых вылет каких-либо частиц вероятен.

**7. Какова роль мутаций и окружающей среды в эволюции живого? Какие мутации бывают?**

Мутация — изменения генотипа, происходящие под влиянием внешней или внутренней среды. Процесс возникновения мутации получил название мутагенеза.

Естественный темп появления мутаций часто очень мал, поэтому обычно мутация происходит в одной клетке и затрагивает один ген. Большая часть мутаций абсолютно безопасна, потому что совсем не затрагивает фенотип. Относительная небольшая фракция мутаций вызывает изменения в строении РНК и/или белка, и тогда есть шанс, что мутация повлияет на функционирование клетки. Мутации, которые ухудшают деятельность клетки в многоклеточном организме, часто приводят к уничтожению клетки. Если внутри- и вне- клеточные защитные механизмы не распознали мутацию, то мутантный ген передаётся всем потомкам клетки и, чаще всего, приводит к тому, что все эти клетки начинают функционировать иначе. Мутации появляются постоянно в ходе процессов, происходящих в живой клетке, но существуют факторы, способные заметно увеличить частоту мутаций. Наиболее распространённые из них — воздействие на клетку вредных веществ, микроорганизмов или излучения, в том числе естественного радиационного фона.

Мутация в соматической клетке сложного многоклеточного организма может привести к злокачественным или доброкачественным новообразованиям. Мутация в половой клетке — к изменению свойств всего организма-потомка.

В большинстве случаев мутации, которые проявляются на уровне фенотипа, имеют пагубные последствия, и мутантный организм погибает либо сам собой, либо под влиянием окружающей среды. Однако в очень редких случаях мутация может случайно привести к появлению у организма новых полезных признаков, и тогда последствия мутации оказываются положительными. Таким образом, мутации являются двигателем естественного отбора.

Также известно, что высшие организмы используют целенаправленные мутации в механизмах иммунитета. Такие мутации называются соматическими. С их помощью создаётся разнообразие популяций лимфоцитов, среди которых, в результате, всегда находятся единицы, способные дать иммунный ответ на новую, неизвестную для организма болезнь. Подходящие лимфоциты подвергаются положительной селекции, в результате возникает иммунологическая память.

Если мутация затрагивает «молчащие» участки ДНК, либо приводит к замене одного элемента генетического кода на синонимичный, то она никак не проявляется внешне, в фенотипе. Однако, методами генного анализа такие мутации можно обнаружить. Поскольку чаще всего мутации происходят в результате естественных причин, то в предположении, что основные свойства внешней среды не менялись, получается, что частота мутаций должна быть примерно постоянной. Этот факт можно использовать для исследования происхождения той или иной особи, в том числе, и человека. Таким образом, мутации в молчащих генах служат для исследователей своеобразными «генетическими часами».

Спонтанные повреждения ДНК встречаются довольно часто, такие события имеют место в каждой клетке. Для устранения последствий подобных повреждений имеется специальный репарационный механизм (например, ошибочный участок ДНК вырезается и на этом месте восстанавливается исходный). Мутации возникают лишь тогда, когда репарационный механизм по каким-то причинам не работает или не справляется с устранением повреждений.

ДНК в клетках высших животных присутствует в ядре клетки, где имеется Y-хромосома, передающаяся только по отцовской линии. Кроме того, ДНК имеется в митохондриях, которые передаются только по материнской линии. Исследования мутаций в этих ДНК позволяют реконструировать историю биологического развития человечества, происхождение отдельных рас и народностей.

Мутация может быть рецессивной, доминантной и полудоминантной в зависимости от состояния гена, в котором она произошла. Гены мутируют с определенной частотой, и природные популяции насыщены самыми разнообразными мутациями из-за одновременных мутаций многих генов.

Существует несколько классификаций мутаций по различным критериям. Мюллер предложил делить мутации по характеру изменения функционирования гена на гипоморфные (измененные аллели действуют в том же направлении, что и аллели дикого типа; синтезируется лишь меньше белкового продукта), аморфные (мутация выглядит, как полная потеря гена, например, мутация white у Drosophila), антиморфные (мутантный признак изменяется; например, окраска зерна кукурузы меняется с пурпурного на бурый) и неоморфные.

В современной учебной литературе принята более формальная классификация, основанная на характере изменения структуры отдельных генов, хромосом и генома в целом. В рамках этой классификации различают следующие виды мутаций: генные или точковые (изменение молекулярной структуры генов, возникающие в результате замен, вставок или выпадения нуклеотидов); хромосомные (структурные изменения хромосом, возникающие вследствие перемещения или выпадения значительных по протяженности частей хромосом); геномные (изменение числа хромосом).

Обратимся к соотношениям их общих масс видов живой природы, или биомасс. Мировой океан занимает около 70,8 % земной поверхности, но его биомасса — всего 0,13% суммарной массы живых организмов. Масса живого вещества сосредоточена в основном в сухопутных растениях. Организмов, не способных к синтезу, менее 1 %, хотя по числу видов они составляют 1/5 всех организмов. На 79 % видов животных приходится 1 % всей биомассы Земли. Отсюда: чем выше уровень видовой дифференциации, тем меньше соответствующая ему биомасса, и наоборот.

**8. Поясните, что такое Вселенная? Каковы ее размеры, какие объекты ее составляют и какие модели развития Вселенной Вам известны?**

Вселенная — обычно определяется как совокупность всего, что существует физически. Это совокупность пространства и времени, всех форм материи, физических законов и констант, которые управляют ими. Однако термин Вселенная может трактоваться и иначе, как космос, мир или природа.

Астрономические наблюдения Вселенной позволили с относительной точностью установить «возраст» Вселенной, который по последним данным составляет 13,73 ± 0,12 миллиардов лет. Однако, среди некоторых учёных существует точка зрения, что Вселенная никогда не возникала, а существовала вечно и будет существовать вечно, изменяясь лишь в своих формах и проявлениях. Представления о форме и размерах Вселенной в современной науке также являются остродискуссионными, предположительно протяжённость Вселенной составляет не менее 93 миллиардов световых лет, при наблюдаемой части всего в 13,3 млрд. св.л

Самыми крупным известными образованиями во Вселенной являются Великая стена Слоан и Великая Стена CfA2.

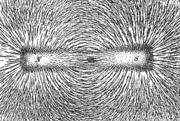
Теория Большого взрыва. Событие, предположительно положившее начало Вселенной, называется Большой взрыв. По его математической модели, на момент этого события вся материя и энергия в ныне наблюдаемой Вселенной были сконцентрированы в одной точке с бесконечной плотностью. После Большого взрыва Вселенная начала стремительно расширяться, принимая современную форму. Так как Специальная теория относительности предполагает, что материя не способна преодолеть скорость света, кажется парадоксальным, что через 13.7 миллиардов лет в фиксированном пространстве-времени две галактики может разделять 93 миллиарда световых лет. Это естественное следствие Общей теории относительности. Космос может расширяться неограниченно, поэтому, если пространство между двумя галактиками «расширяется», то они могут отдаляться друг от друга на скоростях и более скорости света. Экспериментальные измерения красного смещения, пространственного положения отдалённых галактик, Реликтового излучения и распространённости по Вселенной лёгких элементов свидетельствуют в пользу теории расширяющейся Вселенной, и более широко — теории Большого взрыва, которая предполагает, что космос появился ex nihilo (из ничего) в определённый момент в прошлом. Хотя, согласно альтернативным теориям, космос существовал всегда и всегда будет существовать, изменяясь лишь в своей форме и проявлениях. Недавние наблюдения показывают, что расширение Вселенной ускоряется, и что количество материи и энергии существенно отличается от того, что предполагали ранее на основании прямых наблюдений с Земли (см. тёмная энергия).

Космические струны. Космические струны — гипотетические образования, существование которых выведено, чтобы объяснить строение Вселенной. По мнению космофизиков, космические струны — тонкие трубки из симметричного высокоэнергетического вакуума, пересекающие наш мир как паутина из конца в конец. Первая работа о них была написана в 1976 году Т. Кибблом из Имперского колледжа науки и техники в Лондоне. Толщина космических струн ничтожна (примерно 10 в минус тридцатой степени сантиметра), а вес одного такого сантиметра огромен (около 10 в шестнадцатой степени тонн). Если такая струна пересечет человека в поясе, его голова и ноги (по закону Всемирного тяготения) хлопнутся со скоростью 6 километров в секунду. Примерно то же произойдет и с нашей планетой — струна из вакуума мгновенно рассечет ее на части как проволочная яйцерезка. По счастью ближайшие струны (если они вообще существуют) находятся, как утверждают специалисты, на расстоянии 300 миллионов световых лет от Земли.

Общая теория относительности. Эксперименты позволяют судить что по всему протяжению пространства-времени Вселенной, ей управляют те же физические законы и константы что и везде. Доминирующая сила на космологических дистанциях — Гравитация, и Общая теория относительности — в настоящее время самая точная гравитационная теория. Сохранение трёх фундаментальных взаимодействий и частиц на которые они воздействуют описано Стандартной моделью. У Вселенной есть по крайней мере три измерения в пространстве, и одно во времени, хотя чрезвычайно малые дополнительные измерения не могут представлять собой что-то возможное только теоретически. Пространство-время дифференцируемо-многообразно и односвязно, космос имеет слишком маленький тензор кривизны Римана, таким образом Евклидова геометрия достаточно точна в среднем по Вселенной.

**9. Какова природа земного магнетизма? Как проявляется тектоническая активность Земли? Может ли тектоническая активность служить критерием жизнеспособности планеты?**

Магнетизм — форма взаимодействия движущихся электрических зарядов, осуществляемая на расстоянии посредством магнитного поля. Орбитальные и спиновые магнитные моменты элементарных частиц, атомов и молекул, а в макроскопическом масштабе — электрический ток и постоянные магниты. Наряду с электричеством, магнетизм — одно из проявлений электромагнитного взаимодействия. Основной характеристикой магнитного поля является вектор индукции, совпадающий в вакууме с вектором напряженности магнитного поля.



Картина силовых линий магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом в форме стержня. Железные опилки на листе бумаги.

По характеру взаимодействия с магнитным полем и внутренней магнитной структуре вещества подразделяются на:

1. магнитно не упорядоченные вещества

* + диамагнетики, в которых молекулы не обладают собственным магнитным моментом, а магнитное поведение материала определяется законом электромагнитной индукции Фарадея, согласно которому молекулярные токи в веществе изменяются таким образом, чтобы компенсировать изменение магнитного потока через вещество;
  + парамагнетики, обладающие собственным ненулевым локальным магнитным моментом (например некомпенсированный атомный), которые ориентируются вдоль поля;

2. вещества с дальним магнитным порядком (магнетики):

* + ферромагнетики, в которых за счёт обменного взаимодействия энергетически выгодной оказывается параллельная ориентация магнитных моментов атомов или молекул в макроскопических областях материала — доменах;
  + антиферромагнетики, в которых обменное взаимодействие таково, что в кристалле формируются две или более двух антипараллельно ориентированных подрешёток, магнитные моменты которых дают в сумме нулевую намагниченность в отсутствие магнитного поля;
  + ферримагнетики, где, в отличие от антиферромагнетиков, полной компенсации магнитных моментов подрешёток не происходит, и материал в целом обладает ненулевой спонтанной намагниченностью.

3. вещества с ближним магнитным порядком:

* + спиновые стекла
  + суперпарамагнитные ансамбли частиц

4. молекулярные магниты и кластеры

5. плазма

6. элементарные частицы

Фундаментальные основы магнетизма и взаимодействие магнитного поля с веществом изучает физика магнитных явлений.

Наша планета продолжает изменяться у нас на глазах. Новые исследования астрономов из Центра астрофизики Земли показали, что если бы земной шар был меньше и легче, чем он есть на самом деле, то его бы никогда не беспокоила тектоническая активность. А именно это движение пластов земной коры привело к тому, что жизнь на Земле встала на ноги.

Тектоническая активность – огромная сила, двигающая континенты и воздвигающая горы. Это не только механический процесс, движение шельфов сопряжено со сложнейшими химическими процессами. Порождаемая в результате вулканической активности, двуокись углерода играет роль термостата и сохраняет тепло у поверхности планеты.

Двуокись углерода, запертая в каменной породе, высвобождается в большом количестве при вулканической деятельности или подводных океанических сдвигах шельфов. Аналогичные процессы могут происходить на любых планетах с твердой корой, а значит, шансы обнаружить инопланетную жизнь многократно возрастают.

Группа из трех ученых Центра астрофизики Земли изучили предельные значения, которыми должна обладать планета с развитой тектонической активностью. В ходе эксперимента они так же изучили одну из планет класса «супер-Земля», размер которой вдвое, а вес – в десять раз больше, чем у нашей планеты.

Поиски внешних планет уже привели к обнаружению пяти планет класса «супер-Земля», но температура на их поверхности не пригодна для зарождения жизни. Однако, если распространенность подобных космических объектов так велика, как предсказывают астрономы, то рано или поздно будут обнаружены планеты, совершающие оборот вокруг своих светил на подходящих орбитах.

Предположительно, «супер-Земли» могут обладать развитой вулканической активностью в виде «кругов огня», которые покрывают поверхность на подобие Йеллоустонского национального парка США, полного горячих источников и гейзеров. «Супер-Земля» может обладать атмосферой, если ее сила притяжения примерно в три раза больше земной.

**10. Как были открыты молекулярно-генетические механизмы изменчивости? Какие виды изменчивости вам известны, в чем их сходства и отличия? Объясните, какая форма изменчивости дает исходный материал для естественного отбора в природе?**

Предпосылкой учения о наследственности и изменчивости явилось в некоторой степени создание клеточной теории. Идея единства живой природы нашла выражение в морфологическом строении, в нахождении универсальной единицы структурной организации живой материи. И стали считать, что процесс образования клеток тоже должен регулироваться единым механизмом, скрывающим тайну наследственности и изменчивости.

Дискретный характер наследственности установил О. Сажрэ. Исследуя отдельные признаки скрещивающихся при гибридизации растений (тыквы), он отметил, что признаки распределяются между потомками неравно. Чешский ученый Г. Мендель стал исследовать наследственные свойства у растений при гибридизации, выделяя отдельные признаки. Некоторые свойства переходили непосредственно, а другие были рецессивными, появляясь через поколение. Так он пришел в 1865 г. к открытию двух законов — доминирования и расщепления признаков, а затем и третьего — закона независимого комбинирования. При формулировке своих законов Мендель применил вариационно-статистический метод: он дал количественные определения явления наследственности и обобщил материал в количественном отношении. Эта смесь ботаники с математикой противоречила понятиям того времени. Его законы опередили время почти на 40 лет. Каждому из наследуемых признаков он сопоставил материальную частичку живого, передаваемую из поколения в поколение, — ген.

Сначала Мендель скрещивал организмы, отличающиеся только одним признаком (моногибридное скрещивание) — горошины желтого и зеленого цветов. В первом поколении получил только желтые горошины, т.е. желтый цвет доминировал. Когда он скрестил два гетерозиготных растения первого поколения, то во втором поколении получил уже и зеленые горошины в соотношении 3:1. Затем он установил, что эти законы относятся и к другим признакам (к форме семян, к цвету цветков и др.).

Законы Менделя были «переоткрыты» в 1900 г., когда Г.де Фриз в Голландии, К. Корренс в Германии и Э. Чермак в Австрии проводили независимые исследования по делению клеток. Они оставили приоритет за Менделем. Тогда же было установлено, что хромосомы находятся внутри клеточного ядра. Основой новой науки — генетики — стал ген, элементарная единица наследственности. Общее количество генов в больших организмах огромно — несколько миллиардов, они входят в состав всех клеток организма. Биохимическую основу гена составляют нуклеиновые кислоты, в составе которых основную роль играют азот и фосфор.

Естественный отбор — механизм эволюции, материал для него — наследственная изменчивость. В нем Дарвин соединил многие биологические знания, в том числе опыт практической селекции.

Заслуга Дарвина в том, что из сопоставления фактов борьбы за существование и всеобщей изменчивости свойств и признаков он вывел неизбежность избирательного уничтожения одних особей и размножения других — естественного отбора. Начинаясь с наблюдения, познание жизни продолжалось на уровне мыслительных процессов. В классической биологии эксперимент еще не был методом познания живого. Механистический детерминизм игнорировал функциональное единство живых систем, а телеологический подход основывался на целесообразности организмов. С теории эволюции Дарвина, в основе которой лежал рациональный подход, началось преодоление идеалистической тенденции в биологии.

**Литература**

1. Галимов Э.М. Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. — М.: Едиториал УРСС, 2001.
2. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. — Л.: Гидрометеоиздат, 1990.
3. Дубнищева Г.Я. Ретрофизика в зеркале философской рефлексии. —М.: ИНФРА-М, 1997.
4. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для студ. вузов / Татьяна Яковлевна Дубнищева. — 6-е изд., испр. и доп. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 608 с.
5. Дубнищева Т.Я. Современное естествознание / Т.Я.Дубнищева,
6. А.Ю.Пигарев. — Новосибирск: ЮКЭА, 1998. — М.: Маркетинг, 2000.
7. Липкин А.И. Основания современного естествознания. — М.: Вузовская книга, 2001.
8. Электронный учебник «концепции современного естествознания»