

Основы Молекулярно - кинетической теории

А знаете ли вы, что ...

- ❖ ... разведя 1 мл чернил в 1 литре воды, а затем 1 мл этого раствора – в еще одном литре воды, мы получим разбавление в миллион раз. Несмотря на это, получившийся раствор будет иметь вполне заметную окраску. Отсюда следует, что объем частичек чернил намного меньше, чем миллионная часть миллилитра!
- ❖ ... сохранилось описание одного исторического опыта, в котором в свинцовый шар налили воду и прочно его запаляли. По шару ударили молотом, надеясь, что он сплющится и сожмет воду. И что же? Шар сплюснулся, но вода не сжалась, она просочилась сквозь стенки шара. Молекулы воды были продавлены через промежутки между частицами свинца.
- ❖ ... молекулы воздуха в твоей комнате мчатся со скоростью примерно полкилометра в секунду. Это составляет около 2000 км/ч – быстрее звука! Только имей в виду, что эта скорость средняя, ведь скорости всех молекул неодинаковы.
- ❖ ... диффузия веществ – очень распространенное явление. Диффузия происходит при засолке овощей, копчении рыбы, поступлении питательных веществ из желудка в кровь, всасывании влаги корнями растений, проникновении сахара внутрь ягод в вареньях и др.
- ❖ ... оконные стекла в зданиях прошлого века в нижней части заметно толще, чем в верхней. Так происходит потому, что стекло, как и всякое аморфное тело, обладает текучестью.
- ❖ ... кристаллические тела тоже могут обладать текучестью. Например, горные ледники медленно стекают в долины. Текучесть кристаллов объясняется дефектами их кристаллической решетки.
- ❖ ... чтобы метровый столб воды или спирта сжать на 1 см, нужно большое давление – около 200 атмосфер. Но чтобы также сжать стержень из металла, нужно давление уже в 10 тысяч атмосфер!
- ❖ ... установлено, что молекулы воды совершают около 100 миллиардов перескоков в секунду.
- ❖ ... слово "газ" придумано учеными. Оно произведено от греческого слова "хаос" – беспорядок.
- ❖ ... литр воздуха можно сжать до объема наперстка.
- ❖ ... каждая молекула воздуха испытывает ни много, ни мало – четыре миллиарда столкновений в секунду со своими "соседками".
- ❖ ... с поверхности всех водоемов на Земле ежедневно испаряется около 7000 км³ воды. Бассейн с таким количеством воды имел бы размеры 80 x 90 км при километре глубины!



- ❖ **Молекулярно-кинетическая теория (МКТ)** объясняет свойства макроскопических тел и тепловых процессов, протекающих в них, на основе представлений о том, что все тела состоят из отдельных, беспорядочно движущихся частиц.

Молекулярная физика изучает физические свойства и агрегатные состояния тел в зависимости от их молекулярного строения, молекулярных сил и характера движения молекул. Изучение свойств вещества показало что одно и тоже вещество может встречаться в твердом, жидком газообразном состоянии, которое часто называют агрегатным состоянием. Например: лед, вода, и водяной пар.

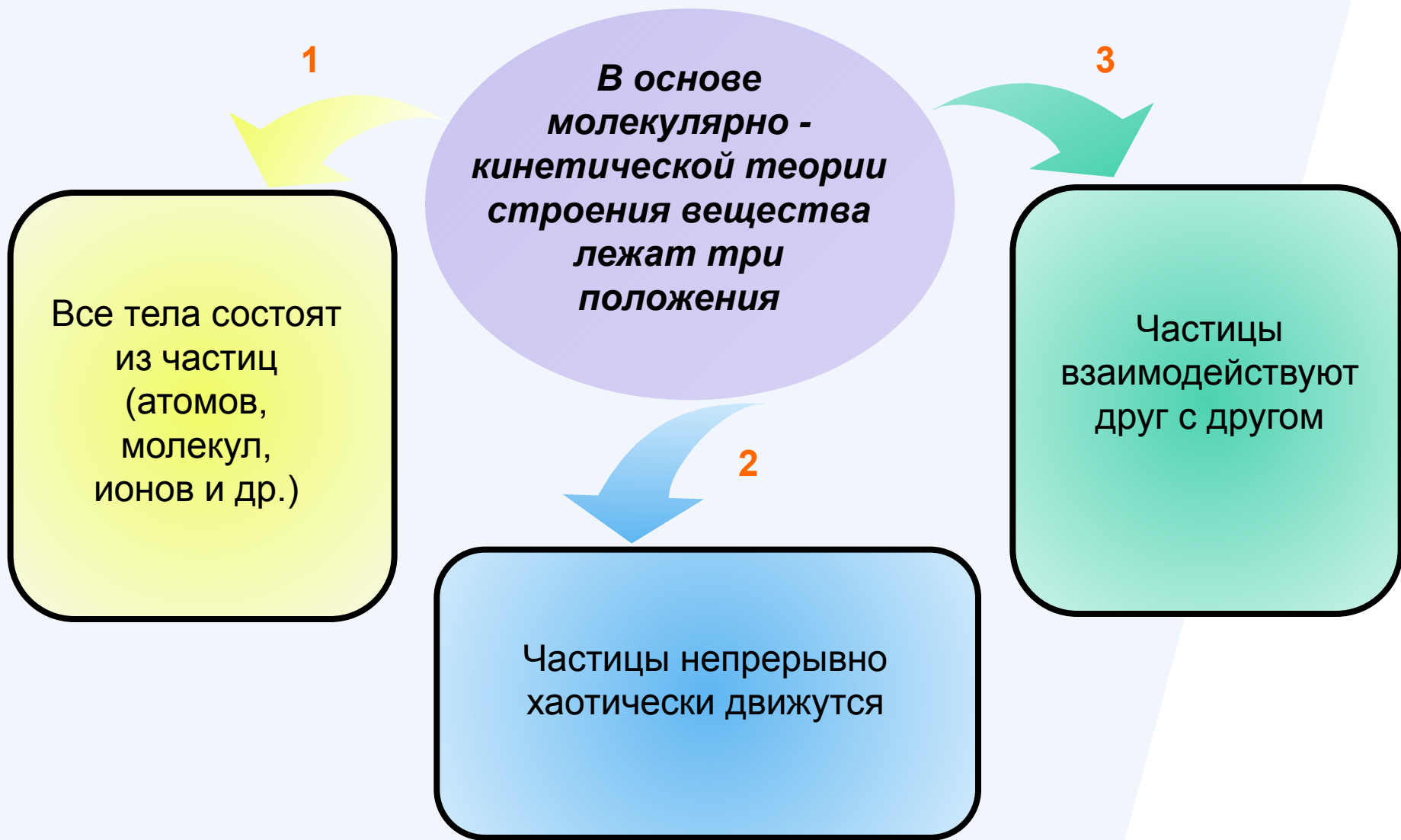
- ❖ Как вы знаете, большинство веществ в зависимости от внешних условий (давления и температуры) могут быть либо твердыми, либо жидкими, либо газообразными. Возникает вопрос: одинаковы ли частицы одного и того же вещества, но в различных агрегатных состояниях?



- ❖ Специальными исследованиями установлено, что *частицы вещества не изменяются при изменении его агрегатного состояния*. Например, на рисунке показано расположение молекул одного и того же вещества – воды – в твердом, жидком и газообразном состояниях. Как видите, молекулы воды остаются прежними; изменяется лишь расположение частиц и расстояния между ними.



Основные Положения Молекулярно-Кинетической Теории



Опытное обоснование Основных положений молекулярно-кинетической теории

1

Первое положение подтверждают испарение жидкостей и твердых тел, получение фотографий отдельных крупных молекул и групп атомов, косвенные измерения масс и размеров молекул.

2

Второе положение МКТ о непрерывном движении частиц подтверждают такие явления, как броуновское движение и диффузия.

3

Подтверждением третьего положения МКТ о взаимодействии частиц является возникновение упругих сил при деформациях тел, существование различных агрегатных состояний (твердого, жидкого, газообразного) одного и того же вещества.



Основные понятия молекулярно-кинетической теории

Атом

наименьшая часть химического элемента, являющаяся носителем его свойств. Размеры атома порядка 10^{-10} м

Молекула

наименьшая устойчивая частица данного вещества, обладающая его основными химическими свойствами и состоящая из атомов, соединенных между собой химическими связями. Размеры молекул 10^{-10} - 10^{-7} м

Моль

единица количества вещества, содержащего столько же молекул, сколько содержится атомов в 0,012 кг углерода

Постоянная
Авогадро

в одном моле любого вещества содержится одинаковое число атомов или молекул, равное постоянной Авогадро

$$N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Молярная
масса

$$\text{масса одного моля вещества } M = m \cdot N_a$$

где m – масса одного атома или молекулы



- ❖ Масса одного атома или молекулы

$$m_0 = M / N_a$$

- ❖ Число атомов или молекул в данной массе (**m**) вещества

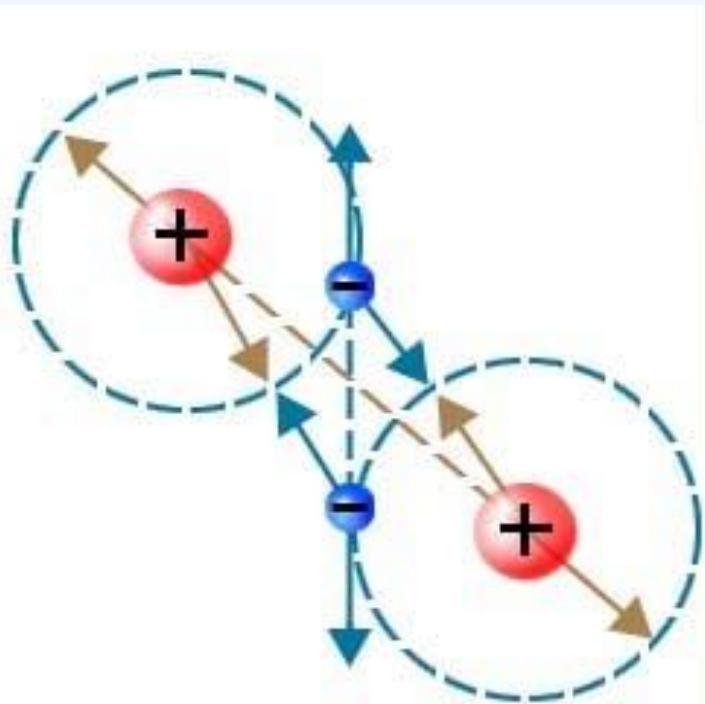
$$n = m \cdot N_a / M$$

- ❖ Число молей определяется по формуле

$$v = m / M \text{ или } v = n / N_a$$

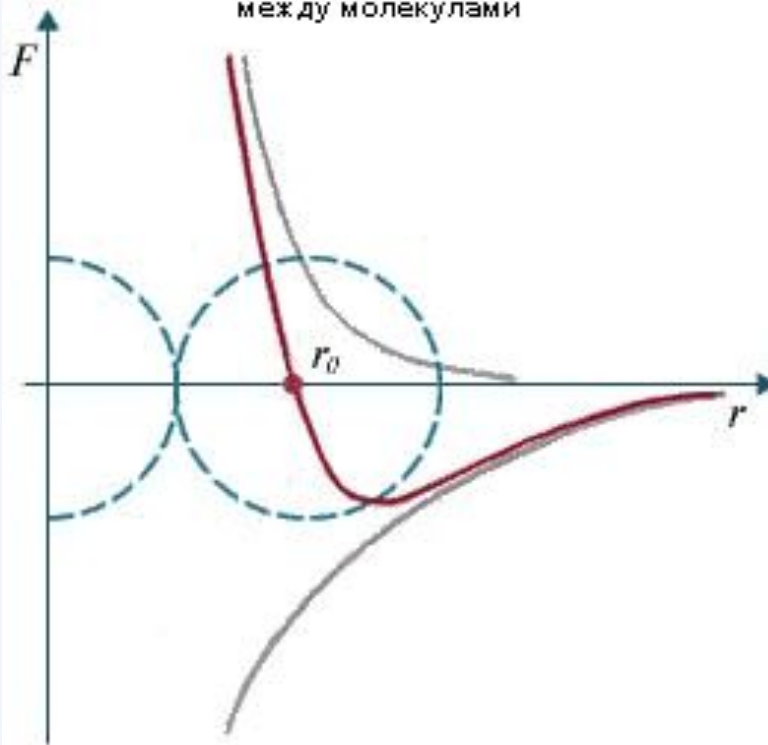


Если бы между молекулами не существовало сил притяжения, то все тела при любых условиях находились бы только в газообразном состоянии. Но одни силы притяжения не могут обеспечить существования устойчивых образований из атомов и молекул. На очень малых расстояниях между молекулами обязательно действуют силы отталкивания. Благодаря этому молекулы не проникают друг в друга и куски вещества никогда не сжимаются до размеров одной молекулы. Молекула - это сложная система, состоящая из отдельных заряженных частиц: электронов и атомных ядер. Хотя в целом молекулы электрически нейтральны, тем не менее между ними на малых расстояниях действуют значительные электрические силы: происходит взаимодействие электронов и атомных ядер соседних молекул. Если молекулы находятся на расстояниях, превышающих их размеры в несколько раз, то силы взаимодействия практически не сказываются. Силы между электрически нейтральными молекулами являются короткодействующими. На расстояниях, превышающих 2 - 3 диаметра молекул, действуют силы притяжения. По мере уменьшения расстояния между молекулами сила притяжения сначала увеличивается, а затем начинает убывать и убывает до нуля, когда расстояние между двумя молекулами становится равным сумме радиусов молекул. При дальнейшем уменьшении расстояния электронные оболочки атомов начинают перекрываться, и между молекулами возникают быстро нарастающие силы отталкивания.



Взаимодействие заряженных частиц в веществе.

Зависимость силы взаимодействия от расстояния между молекулами

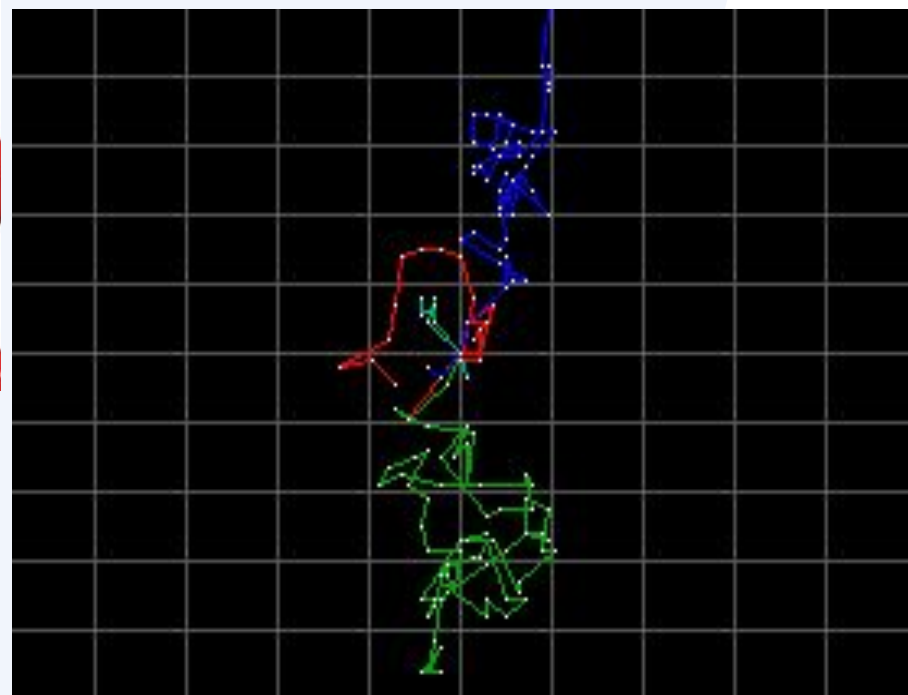
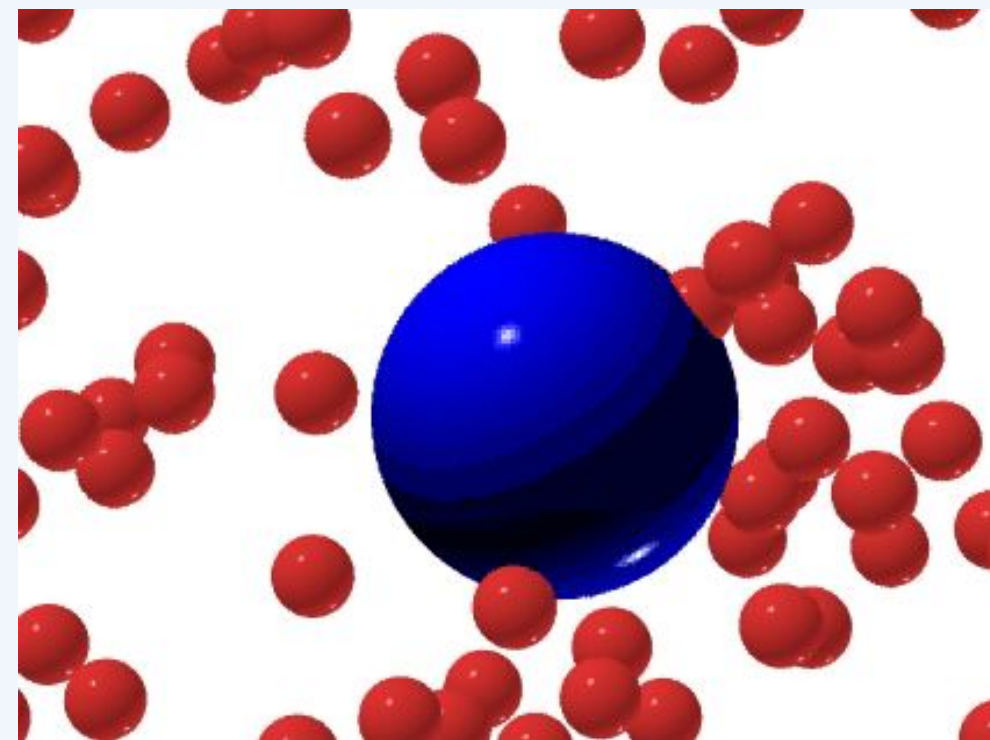


r_0 – среднее расстояние между частицами

Взаимодействие заряженных частиц в веществе и зависимость силы от расстояния.



Броуновское движение



Траектория движения 3-х броуновских частиц

В высокий сосуд с водой бросим несколько крупинок краски. Они опустятся на дно сосуда, и вокруг них вскоре образуется фиолетовое облачко окрашенной воды. Оставим сосуд в покое на несколько недель. Наблюдая за ним все это время, мы обнаружим постепенное распространение окраски по всей высоте сосуда. Говорят, что происходит *диффузия* краски в воду.



Диффузия объясняется просто. Частицы веществ, беспорядочно двигаясь, проникают в промежутки друг между другом, что и означает смешивание веществ. Наиболее быстро диффузия происходит в газах. Медленнее – в жидкостях, а в твердых телах – совсем медленно: годами. Известен, например, следующий опыт. Две гладко отшлифованные пластины из золота и свинца пролежали друг на друге около 5 лет. За это время золото и свинец продиффундировали (проникли) друг в друга на глубину около 1 мм.





- ◆ **Молекулы в газе** движутся хаотично (беспорядочно). В газах расстояние между атомами или молекулами в среднем во много раз больше размеров самих молекул. Молекулы в газе движутся с большими скоростями (сотни м/с). Сталкиваясь, они отскакивают друг от друга как абсолютно упругие шарики, изменяя величину и направление скоростей. При больших расстояниях между молекулами силы притяжения малы и не способны удержать молекулы газа друг возле друга. Поэтому газы могут неограниченно расширяться. Газы легко сжимаются, среднее расстояние между молекулами при этом уменьшается, но все равно остается большим их размеров. Газы не сохраняют ни формы, ни объема, их объем и форма совпадают с объемом и формой сосуда, который они заполняют.



❖ **Молекулы жидкости** расположены почти вплотную друг к другу. Поэтому жидкости очень плохо сжимаются и сохраняют свой объем. Молекулы жидкости совершают колебания около положения равновесия. Время от времени молекула совершает переходы из одного оседлого состояния в другое, как правило, в направлении действия внешней силы. Время оседлого состояния молекулы мало и с ростом температуры уменьшается, а время перехода молекулы в новое оседлое состояние еще меньше. Поэтому жидкости текучи, не сохраняют своей формы и принимают форму сосуда, в который налиты. Теория жидкого состояния вещества впервые была разработана крупным советским физиком-теоретиком Я.И. Френкелем.



◆ **Атомы и молекулы твердых тел** колеблются около определенных положений равновесия. Поэтому твердые тела сохраняют и объем, и форму. Если мысленно соединить центры положений равновесия атомов или ионов твердого тела, то получится кристаллическая решетка.



Изучение свойств вещества показало, что одно и то же вещество может встречаться в **твердом, жидком и газообразном состояниях**, которые часто называют **агрегатными состояниями**, например: лед, вода и водяной пар.



Идеальный газ - модель реального газа, которая удовлетворяет следующим требованиям:



- ❖ **расстояние между молекулами гораздо больше их размеров (молекулы можно считать материальными точками);**
- ❖ **силами взаимодействия, кроме моментов соударения, можно пренебречь (потенциальная энергия взаимодействия молекул по сравнению с кинетической энергией хаотического движения пренебрежимо мала);**
- ❖ **столкновение молекул друг с другом и со стенками абсолютно упругое;**
- ❖ **движение каждой молекулы подчиняется классическим законам динамики Ньютона.**



- ❖ Различные формы движения материи в процессе взаимодействия тел и частиц переходят одна в другую. Единой всеобщей мерой движения материи является энергия. Поэтому каждому виду движения материи принято ставить в соответствие и определенный вид энергии. В современной физике условно различают следующие виды энергии: механическую, внутреннюю, химическую, атомную, ядерную, электромагнитную и энергию излучения.
- ❖ Энергией также обладают все физические поля: гравитационное, электромагнитное и ядерное.
- ❖ Сумма всех видов энергии частиц, из которых состоит данное тело, и энергии полей, которые осуществляют связь и взаимодействие между его частицами, называется **внутренней энергией тела**. Внутренняя энергия зависит только от массы тела: $U = mc^2$, где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме.
- ❖ В молекулярной физике рассматриваются только те изменения внутренней энергии, которые связаны с молекулярными процессами (тепловым движением молекул).



❖ В теории тепловых явлений основной величиной является **температура**, которая характеризует степень нагретости тела (холодное, теплое, горячее). Для ее измерения был создан прибор, называемый **термометром**. Однако, термометр никогда не покажет температуру тела сразу же после того, как он соприкоснулся с ним. Необходимо некоторое время для того, чтобы температуры тела и термометра выровнялись, и между телами установилось **тепловое равновесие**, при котором температура перестает изменяться.

❖ Для сравнения тепловых состояний различных тел необходимо принять тепловое состояние какого-либо тела за эталон. За такое состояние принято тепловое состояние тающего льда при нормальном атмосферном давлении. Величина, характеризующая степень отклонения внутренней энергии тела от внутренней энергии тающего льда, называется **температурой тела**.

- ❖ **Измерить температуру тела** - это значит измерить его внутреннюю энергию в условных единицах - **градусах**, отсчитываемых от условно принятого уровня. Для шкалы Цельсия – это внутренняя энергия тающего льда при нормальном атмосферном давлении, она принимается за **0°C** , а температура кипения воды – за **100°C** .
- ❖ С точки зрения молекулярно-кинетической теории:
 - **температура** - мера средней кинетической энергии хаотического движения молекул;
 - **тепловое равновесие** – состояние, при котором все макроскопические параметры (давление, объем) сколь угодно долго остаются неизменными.



Температура является мерой изменения кинетической энергии хаотического движения молекул. Рассмотрим опыт по определению скорости движения молекул газа. Впервые он был поставлен в 1920 г. физиком О.Штерном.



Схема установки Штерна.

Прибор Штерна состоял из двух цилиндров разных радиусов, закрепленных на одной оси. Воздух из цилиндров был откачан до глубокого вакуума. Вдоль оси натягивалась платиновая нить, покрытая тонким слоем серебра. При пропускании по нити электрического тока она нагревалась до высокой температуры, и серебро с ее поверхности испарялось. В стенке внутреннего цилиндра была сделана узкая продольная щель, через которую проникали движущиеся атомы металла, осаждаясь на внутренней поверхности внешнего цилиндра, образуя хорошо наблюдаемую полоску.