

Основные положения молекулярно-кинетической теории

Темы кодификатора ЕГЭ: тепловое движение атомов и молекул вещества, броуновское движение, диффузия, взаимодействие частиц вещества, экспериментальные доказательства атомистической теории.

Великому американскому физическому Ричарду Фейнману, автору знаменитого курса «Фейнмановские лекции по физике», принадлежат замечательные слова:

Если бы в результате какой-то мировой катастрофы все накопленные научные знания оказались бы уничтоженными и к грядущим поколениям живых существ перешла бы только одна фраза, то какое утверждение, составленное из наименьшего количества слов, принесло бы наибольшую информацию? Я считаю, что это — *атомная гипотеза* (можете называть ее не гипотезой, а фактом, но это ничего не меняет): *все тела состоят из атомов — маленьких телец, которые находятся в непрерывном движении, притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одно из них плотнее прижать к другому*. В одной этой фразе... содержится невероятное количество информации о мире, стоит лишь приложить к ней немного воображения и чуть соображения.

В этих словах заключена суть *молекулярно-кинетической теории* (МКТ) строения вещества. А именно, основными положениями МКТ являются следующие три утверждения.

1. Любое вещество состоит из мельчайших частиц — молекул и атомов. Они расположены в пространстве дискретно, то есть на некоторых расстояниях друг от друга.
2. Атомы или молекулы вещества находятся в состоянии беспорядочного движения¹, которое никогда не прекращается.
3. Атомы или молекулы вещества взаимодействуют друг с другом силами притяжения и отталкивания, которые зависят от расстояний между частицами.

Эти положения являются обобщением многочисленных наблюдений и экспериментальных фактов. Давайте рассмотрим подробнее эти положения и приведём их опытное обоснование.

Атомы и молекулы

Возьмём бумажный листок и начнём делить его на всё более и более мелкие части. На каждом ли шаге мы будем получать кусочки именно *бумаги*, или на каком-то этапе появится нечто новое?

Первое положение МКТ говорит нам о том, что вещество не является делимым до бесконечности. Рано или поздно мы дойдём до «последнего рубежа» — мельчайших частиц данного вещества. Эти частицы — атомы и молекулы. Их также можно разделить на части, но тогда исходное вещество прекратит своё существование.

Атом — это наименьшая частица данного *химического элемента*, сохраняющая все его химические свойства. Химических элементов не так много — все они сведены в таблицу Менделеева.

Молекула — это наименьшая частица данного вещества (не являющегося химическим элементом), сохраняющая все его химические свойства. Молекула состоит из двух или более атомов одного или нескольких химических элементов.

¹Это движение называется *тепловым движением*.

Например, H_2O — это молекула воды, состоящая из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Разделив её на атомы, мы перестанем иметь дело в веществе под названием «вода». Далее, разделив атомы Н и О на составные части, мы получим набор протонов, нейтронов и электронов и тем самым потеряем информацию о том, что поначалу это были водород и кислород.

Атомы и молекулы называются для краткости просто *частицами* вещества. Чем именно является частица — атомом или молекулой — в каждом конкретном случае установить нетрудно. Если речь идёт о химическом элементе, то частицей будет атом; если же рассматривается сложное вещество, то его частица — это молекула, состоящая из нескольких атомов.

Далее, первое положение МКТ утверждает, что частицы вещества не заполняют пространство непрерывно. Частицы расположены *дискретно*, то есть как бы в отдельных точках. Между частицами имеются промежутки, величина которых может меняться в некоторых пределах.

В пользу первого положения МКТ свидетельствует явление *теплового расширения* тел. А именно, при нагревании увеличиваются расстояния между частицами вещества, и размеры тела возрастают. При охлаждении, наоборот, расстояния между частицами уменьшаются, в результате чего тело сжимается.

Ярким подтверждением первого положения МКТ служит также *диффузия* — взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга.

Например, на рис. 1 показан² процесс диффузии в жидкости. Частицы растворимого вещества помещены в стакан с водой и расположены вначале в верхней левой части стакана. С течением времени частицы перемещаются (как говорят, *диффундируют*) из области высокой концентрации в область низкой концентрации. В конце концов концентрация частиц становится везде одинаковой — частицы равномерно распределяются по всему объёму жидкости.

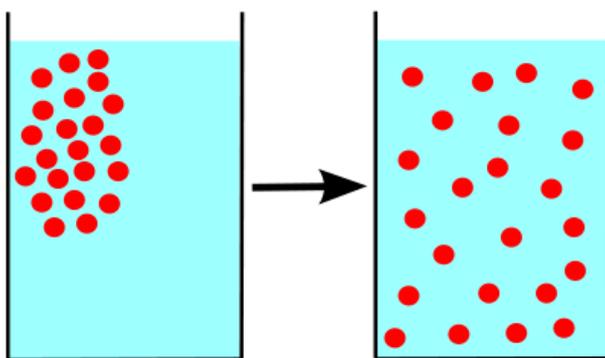


Рис. 1. Диффузия в жидкости

Как объяснить диффузию с точки зрения молекулярно-кинетической теории? Очень просто: частицы одного вещества проникают в промежутки между частицами другого вещества. Диффузия идёт тем быстрее, чем больше эти промежутки — поэтому легче всего смешиваются друг с другом газы (в которых расстояния между частицами много больше размеров самих частиц).

Тепловое движение атомов и молекул

Напомним ещё раз формулировку второго положения МКТ: *частицы вещества совершают беспорядочное движение (называемое также тепловым движением), которое никогда не прекращается.*

²Изображение с сайта en.wikipedia.org.

Опытным подтверждением второго положения МКТ служит опять-таки явление диффузии — ведь взаимное проникновение частиц возможно лишь при их непрерывном движении! Но наиболее ярким доказательством вечного хаотического движения частиц вещества является *броуновское движение*. Так называется непрерывное беспорядочное движение *броуновских частиц* — пылинок или крупинок (размерами $10^{-5} - 10^{-4}$ см), взвешенных в жидкости или газе.

Броуновское движение получило своё название в честь шотландского ботаника Роберта Броуна, увидевшего в микроскоп непрерывную пляску взвешенных в воде частиц цветочной пыльцы. В доказательство того, что это движение совершается вечно, Броун нашёл кусок кварца с полостью, заполненной водой. Несмотря на то, что вода попала туда много миллионов лет назад, оказавшиеся там соринки продолжали своё движение, которое ничем не отличалось от того, что наблюдалось в других опытах.

Причина броуновского движения заключается в том, что взвешенная частица испытывает нескомпенсированные удары со стороны молекул жидкости (газа), причём в силу хаотичности движения молекул величина и направление результирующего воздействия абсолютно непредсказуемы. Поэтому броуновская частица описывает сложные зигзагообразные траектории (рис. 2)³.

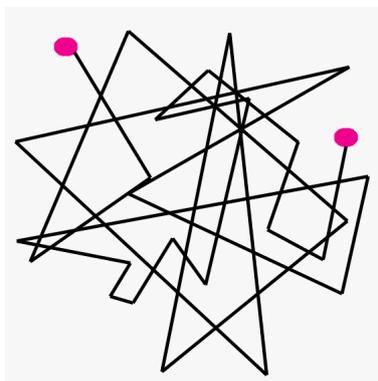


Рис. 2. Броуновское движение

Кстати говоря, броуновское движение может рассматриваться и как доказательство самого факта существования молекул, т.е. также может служить опытным обоснованием первого положения МКТ.

Взаимодействие частиц вещества

Третье положение МКТ говорит о взаимодействии частиц вещества: *атомы или молекулы взаимодействуют друг с другом силами притяжения и отталкивания, которые зависят от расстояний между частицами: при увеличении расстояний начинают преобладать силы притяжения, при уменьшении — силы отталкивания.*

О справедливости третьего положения МКТ свидетельствуют силы упругости, возникающие при деформациях тел. При растяжении тела увеличиваются расстояния между его частицами, и начинают преобладать силы притяжения частиц друг к другу. При сжатии тела расстояния между частицами уменьшаются, и в результате преобладают силы отталкивания. В обоих случаях упругая сила направлена в сторону, противоположную деформации.

Другим подтверждением существования сил межмолекулярного взаимодействия служит наличие трёх агрегатных состояний вещества.

³Изображение с сайта nv-magadan.narod.ru.

В газах молекулы удалены друг от друга на расстояния, значительно превышающие размеры самих молекул (в воздухе при нормальных условиях — примерно в 1000 раз). На таких расстояниях силы взаимодействия между молекулами практически отсутствуют, поэтому газы занимают весь предоставленный им объём и легко сжимаются.

В жидкостях промежутки между молекулами сравнимы с размерами молекул. Силы молекулярного притяжения весьма ощутимы и обеспечивают сохранение жидкостями объёма. Но для сохранения жидкостями ещё и формы эти силы недостаточно велики — жидкости, как и газы, принимают форму сосуда.

В твёрдых телах силы притяжения между частицами очень велики: твёрдые тела сохраняют не только объём, но и форму.

Переход вещества из одного агрегатного состояния в другое является результатом изменения величины сил взаимодействия между частицами вещества. Сами частицы остаются при этом неизменными.