

Тема 1. Введение. Основы молекулярно-кинетической теории.

§ 1.1. Введение Предмет молекулярной физики

Представление о том, что все тела состоят из мельчайших частиц (атомов), возникло еще в глубокой древности. В переводе с греческого слово "*атом*" означает "*неделимый*".

Демокрит – греческий философ V в до н. э. – считал, что не существует ничего, кроме атомов и пустого пространства.

Атомистику Демокрита развивали и философы античного мира: Эпикур, Лукреций и др.

В знаменитой поэме римского поэта Тито Лукреция Каро "О природе вещей" взгляды ученых-атомистов изложены следующим образом:

Выслушай то, что скажу, и ты сам, несомненно, признаешь,
Что существуют тела, которых мы видеть не можем:
Ветер, во-первых, морей неистово волны бичует,
Рушит громады судов и небесные тучи разносит...
Стало быть, ветры – тела, но только незримые нами.

Далее, запахи мы обоняем различного рода,
Хоть и не видим совсем, как в ноздри они проникают.
И, наконец, на морском берегу, разбивающем волны,
Платье сыреет всегда, а на солнце, вися, оно сохнет,
Видеть, однако, нельзя, как влага на нем оседает,
Да и не видно того, как она исчезает от зноя.
Значит, дробиться вода, на такие мельчайшие части,
Что недоступны они совершенно для нашего глаза

Древнегреческие философы-атомисты не сомневались в том, что атомы различных веществ отличаются друг от друга по форме.

Восприятие всех вкусовых ощущений сводятся к комбинации 4-х основных: *соленого, сладкого, горького и кислого*.

Запахи можно разделить на 7 основных категорий: 1) *запах эфира*, 2) *запах камфары*, 3) *запах мускуса*, 4) *цветочный запах*, 5) *запах мяты*, 6) *удушливый запах* и 7) *гнилостный запах*.

Однако у древних греков эти идеи были не более чем гениальной догадкой.

Позже атомистические воззрения были забыты и возрождены лишь во II половине XVII в. Робертом Бойлем (английский химик, физик, философ, член Лондонского Королевского общества, 1663), а затем разработаны в 18 - 19 ст. ст. русским ученым Михаилом Васильевичем Ломоносовым (1711 – 1765 гг.), австрийским физиком Людвигом Больцманом, английским физиком Джеймсом Клерком Максвеллом и другими в виде научной теории, получившей название *классической молекулярно-кинетической теории* (МКТ).

Огромное значение для науки в целом и для атомистической теории в частности имело открытие в 1869 г. Д. И. Менделеевым периодического закона. Он доказал зависимость свойств простых тел и соединений элементов от атомных масс элементов.

МКТ – теория (учение), изучающая зависимость физико-химических свойств тел от их строения, сил взаимодействия между частицами, из которых состоит тело, и характера теплового движения этих частиц.

Молекулярная физика – раздел общей физики, в котором изучается строение и свойства вещества, а также процессы, происходящие в нем, исходя из молекулярно-кинетических представлений.

Молекулярная физика объясняет *макроскопические* свойства газов, жидкостей и твердых тел на основе исследования *микроскопических* процессов, происходящих в них.

Молекулярная физика определяет пути создания материалов с заранее заданными физическими свойствами: металлических сплавов, металлокерамики, строительных материалов (бетон, стекло, резина, пластик, п/п материалы) и т. д.; объясняет процессы переноса.

Живые системы на всех уровнях организации – *открытые системы*. Отсюда следует, что

транспорт веществ через биологические мембраны – необходимое условие жизни. С переносом веществ через мембраны связаны процессы метаболизма клетки, биоэнергетические процессы, генерация нервного импульса и т. д.

§ 1.2. Основные положения МКТ и ее экспериментальное обоснование

МКТ основана на трех основных положениях, каждое из которых подтверждается множеством экспериментов:

I) Все тела состоят из огромного числа мельчайших частиц (атомов, молекул, ионов и др.), называемых *структурными элементами вещества*.

Молекула (от латинского *moles* – масса) – наименьшая электрически нейтральная устойчивая частица вещества, обладающая его основными химическими свойствами, и состоящая из атомов, соединенных между собой химическими связями.

Атом – наименьшая устойчивая частица вещества, которая не делится при химических реакциях и является носителем химических свойств элемента.

Для инертных газов понятия атом и молекула совпадают. Молекулы водорода (H_2), кислорода (O_2) состоят из 2-х атомов. Молекулы витаминов, белков, гормонов включают сотни и даже тысячи атомов. Всего известно около $7 \cdot 10^6$ молекул. Число же атомов сравнительно небольшое (113). Их еще называют *химическими элементами*. Из 113 атомов 88 существуют в природе, 25 – получены искусственно с помощью ядерных реакций.

При нормальных условиях ($T_0 = 273K$; $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 Pa$):

$$R_{\text{молекулы}} \approx 10^{-10} \text{ м}$$

$$v \approx 500 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

(масса одной молекулы).

Чтобы представить, насколько малы размеры молекул, можно привести следующий пример.

Емкость можно заполнить воздухом до атмосферного давления через малое отверстие при скорости прохождения молекул за примерно за 9000 лет.

II) Структурные элементы веществ находятся в непрерывном, хаотическом (не имеющем какого-либо преимущественного направления) движении, которое называют *тепловым*. Таким образом, они обладают кинетической энергией, которая растет с ростом температуры. Траектория движения молекулы – ломаная линия. Каждая молекула газа, например, за сталкивается с другими молекулами примерно 7,5 млрд. раз.

III) Структурные элементы взаимодействуют между собой (притягиваются и отталкиваются). Силы взаимодействия при этом зависят от *рода молекул и расстояния между ними*. Физическая система, состоящая из молекул, обладает *потенциальной энергией*.

Представим на графике зависимости сил взаимодействия двух изолированных молекул (атомов) от расстояния между ними.

- сила отталкивания;

- сила притяжения;

- результирующая сил отталкивания и притяжения, равная векторной сумме и

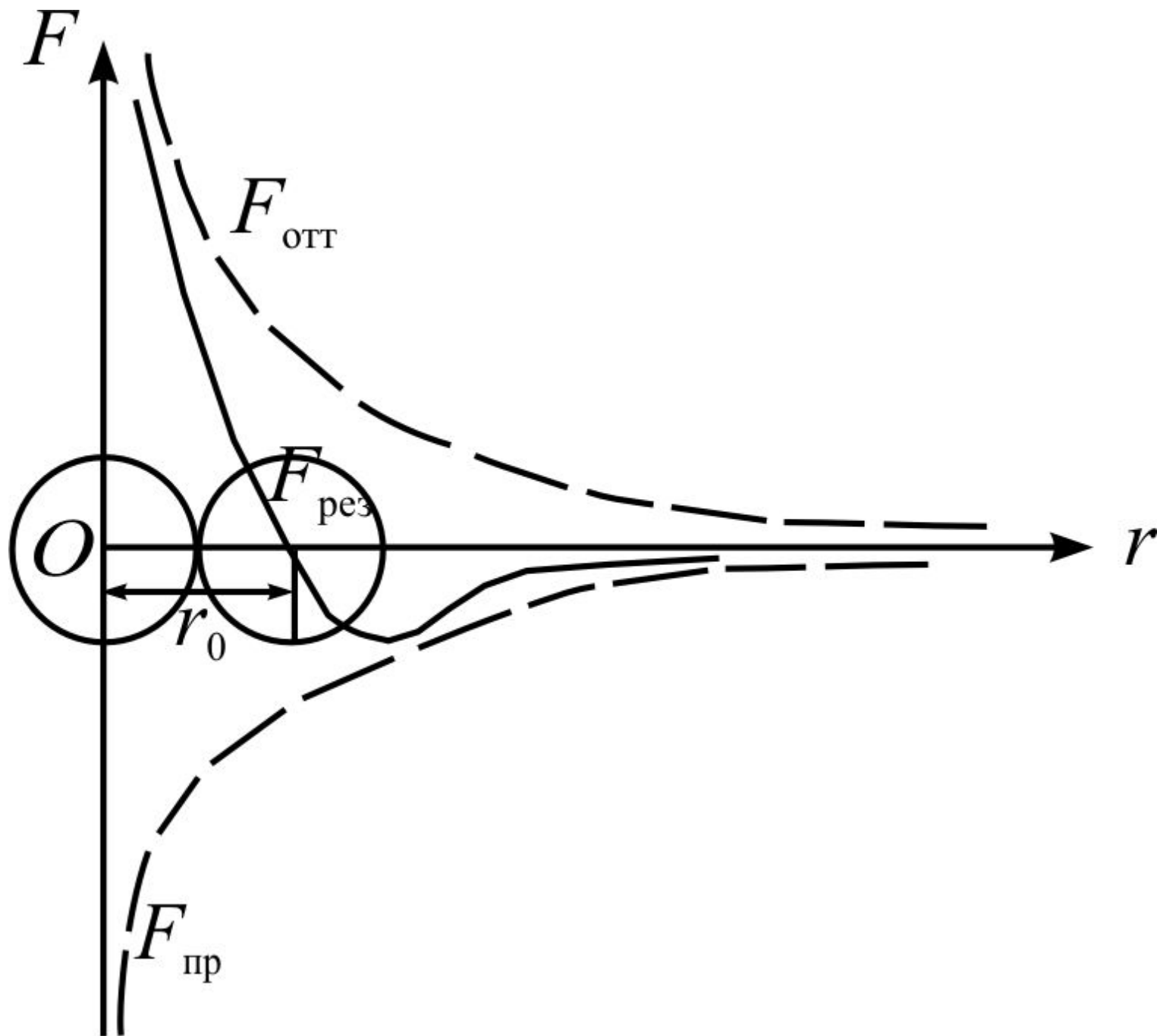


Рис. 1.1

Силы отталкивания ослабевают с расстоянием быстрее, чем силы притяжения. На расстоянии r_0 , т. е. $r = r_0$. При $r < r_0$ превалирует $F_{\text{отт}}$, а при $r > r_0$ - $F_{\text{пр}}$ (рис. 1.1).

Особенности движения структурных элементов и агрегатное состояние вещества зависит от того, кинетическая или потенциальная энергия их больше.

Для твердых тел силы притяжения велики, поэтому имеем более или менее фиксированное положение атомов в них. В жидкостях силы взаимодействия слабее, чем у твердых тел. В газах силы взаимодействия очень слабые.

I положение подтверждается непосредственно: наблюдением с помощью электронных микроскопов, рентгеноструктурным анализом; косвенно: явлениями сжимаемости, проницаемости, растворимости веществ, а также законами сохранения массы (сумма масс исходных веществ равна сумме масс продуктов химической реакции) (открыт М. И. Ломоносовым) и т. д.

I и II положения также подтверждаются такими явлениями, как броуновское движение и диффузия.

Броуновское движение – движение микроскопических частиц размерами 10^{-6} м, взвешенных в жидкости или газе, под действием ударов молекул жидкости или газа.

Броуновское движение было открыто в 1827 г. английским ботаником Робертом Броуном, который наблюдал в микроскоп за частицами цветочной пыльцы, находящимися в воде.

Траекторией движения этих частиц была ломаная линия (рис. 1,2).

Причина броуновского движения – несомпенсированность импульсов, которые получает частица при столкновении с молекулами жидкости или газа.

Прошло примерно 80 лет, прежде чем вопрос о причине броуновского движения был окончательно решен (польским физиком Смолуховским; теория броуновского движения – французским физиком Ланжевенном).

Диффузия (от латинского слова *diffusio* – распространение, растекание) – взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга вследствие теплового движения частиц вещества.

Диффундировать могут как находящиеся в газах, жидкостях, твердых телах частицы посторонних веществ, так и собственные частицы (самодиффузия).

Быстрота протекания диффузии зависит от рода вещества. Коэффициент диффузии D в газах больше, чем в жидкостях и больше, чем в твердых телах ($D_g > D_{жс} > D_{тв}$).

III положение подтверждается наличием таких свойств, как упругость, прочность твердых тел; такими явлениями, как явления поверхностного натяжения, смачивания и несмачивания в жидкостях; возможностью сваривать, склеивать, осуществлять спайку и т. д.

§ 1.3. Термодинамический и статистический подходы к изучению макроскопических систем

Как известно, в механике движение тела (полет снаряда, самолета и т. д.) можно определить однозначно, если знать начальные условия и характер взаимодействия его с другими телами.

Поведение системы, состоящей из сравнительно небольшого числа частиц, также можно описать чисто механически. То есть, если в какой-то момент времени известны координаты и скорости всех частиц системы и известен закон их взаимодействия, то, решая уравнения классической механики, можно найти эти координаты и скорости в любой последующий момент времени и тем самым полностью определить состояние системы. Такие явления описываются *динамическими закономерностями*.

В молекулярной физике рассматриваются явления, вызванные действием колоссального количества частиц, находящихся в хаотическом движении. Так, в газе, при нормальных условиях содержится около 10^{23} молекул (число Лошмидта). Поэтому при описании явлений, происходящих в макроскопических системах, используют два основных взаимно дополняющих метода: *термодинамический* и *статистический*.

Использование термодинамического метода позволяет изучать свойства макроскопических систем и протекающие в них процессы, не вдаваясь в микроскопическую природу тел. Не рассматривая микроскопическое поведение отдельных частиц, термодинамика позволяет сделать ряд выводов относительно протекания процессов в макросистеме, оперируя некоторыми интегральными понятиями – параметрами (p, T, V, \dots) и функциями состояния (внутренней энергией, энтропией и т. д.).

В основе термодинамики лежат несколько фундаментальных законов, называемых началами термодинамики, которые установлены путем обобщения большого количества опытных фактов.

Статистический метод основан на использовании теории вероятностей и определенных моделей строения изучаемых систем. При статистическом описании используют средние значения физических величин, которые характеризуют движение структурных элементов, составляющих систему (микропараметры). Например, в газах можно определить средние значения скоростей молекул и их энергий, однозначно связанных с температурой. Раздел физики, который изучает физические свойства макроскопических систем с помощью статистического метода, называется статистической физикой.

У статистической физики и термодинамики общий предмет изучения – свойства макросистем (веществ) и происходящие в них процессы. Подходя к изучению этих свойств и

процессов с различных точек зрения, статистическая физика и термодинамика взаимно дополняют друг друга, образуя по существу, единое целое.