

ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Лекции Веретимус Н.К. и Веретимус Д.К.

Литература:

- Глаголев К.В., Морозов А.Н. Физическая термодинамика: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 368 с./Под ред. Л.К.Мартинсона, А.Н.Морозова.
- Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001
- Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том II. Термодинамика и молекулярная физика. — М.: Наука, 1975—1990.

Лекция № 10

МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ ТЕЛ

Статистический и термодинамический методы описания макроскопических тел

Объектом изучения являются системы, состоящие из очень большого числа частиц, например, газ. Как правило, это **макросистемы, состоящие из микрочастиц.**

Макросистема – система, имеющая массу, сравнимую с массой окружающих нас предметов и тел.

Микрочастица – частица, масса которой сравнима с массой атомов.

Методы описания макросистем основаны на применении *законов классической механики* (затруднительно из-за большого числа взаимодействующих частиц — требуется составление и решение большого числа Д.У., описывающих движение каждой микрочастицы; необходимо точно знать характер взаимодействия частиц, их начальные координаты и скорости и т.д.), *статистической физики* и *начал термодинамики*.

Статистический метод описания основывается на применении *законов теории вероятностей*, а в качестве основной применяемой величины выступает *функция распределения* знания характера соударения микрочастиц, их начальных условий движения и точного решения уравнений динамики для всех микрочастиц.

Молекулярная (статистическая) физика изучает те свойства вещества, которые обусловлены его молекулярным строением.

Использует **статистический** метод, интересуясь движением не отдельных молекул, а лишь такими **средними** величинами, которые характеризуют движение совокупности молекул.

Основные положения

1. Все тела состоят из молекул.
2. Все молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.
3. Между молекулами существуют силы притяжения и отталкивания.

Молекула – наименьшая частица вещества, сохраняющая все его химические свойства.

Термодинамический метод – наиболее общий метод описания макросистем, независимо от конкретной физической природы их микрочастиц.

Термодинамический метод заключается в описании поведения систем с помощью основных постулатов (законов), которые называются *началами термодинамики* (3 начала термодинамики).

Термодинамика – постулативная наука. Ее не интересуют конкретные представления о строении системы (вещества) и физическая природа самой теплоты. При таком подходе используют понятия и физические величины, относящиеся к системе в целом. Например, идеальный газ в состоянии равновесия характеризуют объемом V , давлением p и температурой T .

$$V = [\text{м}^3], \quad p = [\text{Па}] \quad (\text{паскаль}),$$

$$T = [\text{К}] \quad (\text{кельвин}).$$

Термодинамика – раздел физики, исследующий превращение некоторых видов энергии.

Подразделяют *равновесную термодинамику* и *неравновесную термодинамику* или *термодинамику необратимых процессов*.

Термодинамическая система – тело или несколько тел. Между ними или другими телами происходит перетекание энергии и вещества. Для описания изменений такой системы тел кроме законов механики требуется применение законов термодинамики.

Изолированная система – нет перетекания энергии (вещества) через стенки системы.

Замкнутая термодинамическая система – нет обмена энергией с внешней средой путем совершения работы.

Адиабатная термодинамическая система (адиабатически изолированная система) – система, которая не обменивается теплом с термодинамическими телами.

Состояние макросистемы характеризуют **термодинамическими параметрами** (наиболее распространенные *термодинамические параметры* – давление p , объем V , абсолютная температура T , концентрация n , плотность ρ и др.)

В большинстве термодинамических задач *трех параметров достаточно для описания состояния* термодинамической системы.

Равновесное или **состояние**
термодинамического **равновесия**
термодинамической системы – *если при*
сохранении внешних условий параметры
состояния являются установившимися и не
изменяются во времени, а также
отсутствуют всякие потоки (энергии,
вещества, импульса, частиц и т.д.).

Мы рассматриваем такие равновесные
системы.

НУЛЕВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

Нулевое начало термодинамики.
Классическая термодинамика утверждает, что *изолированная термодинамическая система (предоставленная себе самой) стремится к состоянию термодинамического равновесия и после его достижения не может самопроизвольно из него выйти.*

Свойства систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия:

1. Если две термодинамические системы, имеющие тепловой контакт, находятся в состоянии термодинамического равновесия, то и совокупная термодинамическая система находится в состоянии термодинамического равновесия.

2. Если какая-либо термодинамическая система находится в термодинамическом равновесии с двумя другими системами, то и эти две системы находятся в термодинамическом равновесии др. с другом.

Заключение.

Статистические и макроскопические методы работают вместе.

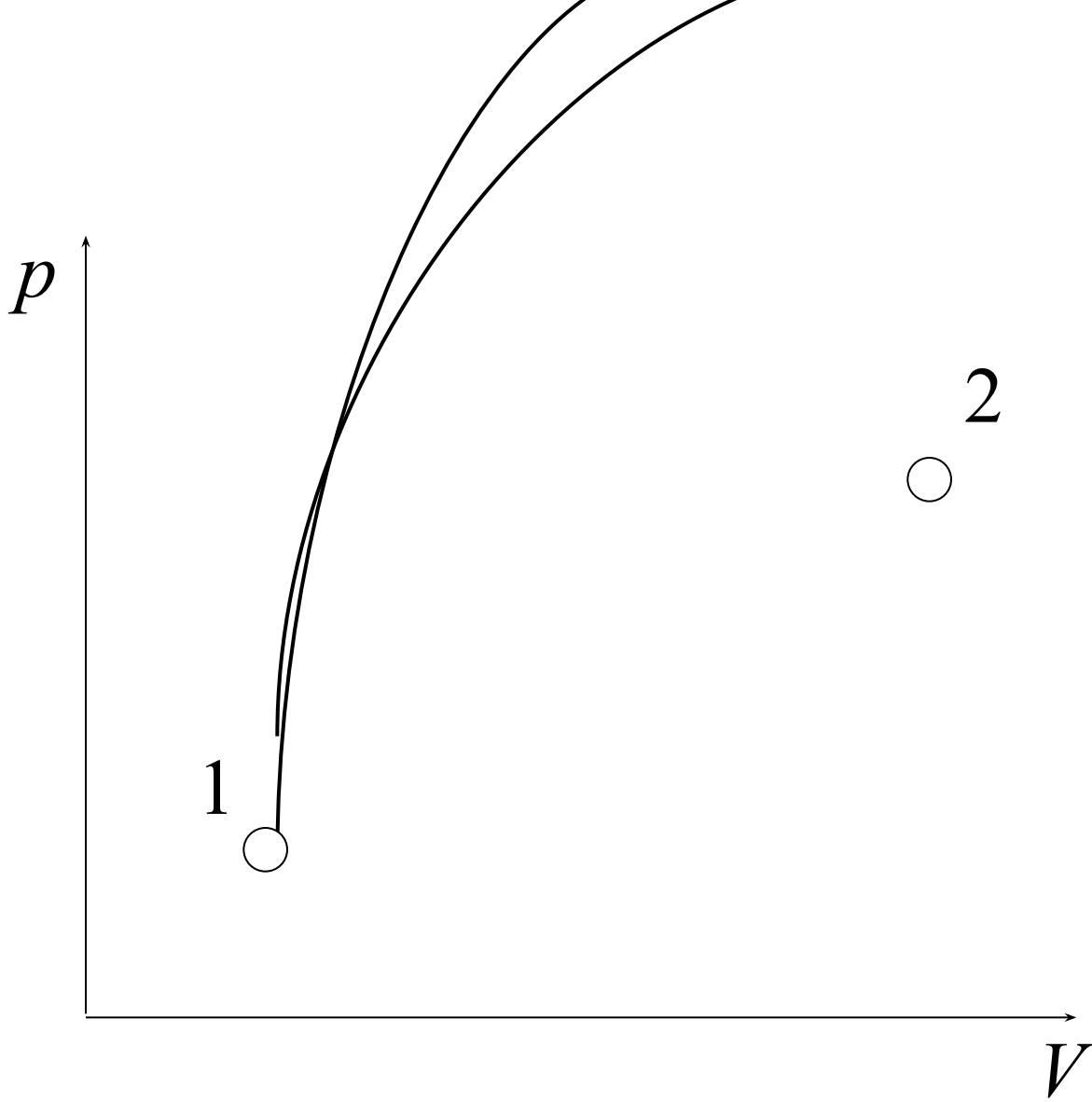
Статистический метод использует параметры состояния. А термодинамический метод часто не работает без знания строения системы.

Термодинамические процессы

При изменении параметров состояния макросистемы в ней происходит **термодинамический процесс.**

Переход из одного термодинамического состояния в другое – **термодинамический процесс.**

Состояние системы можно изобразить точкой на термодинамических плоскостях (pV , pT , TV). Т.к. параметры состояния взаимосвязаны, для изображения состояния достаточно двух параметров. Линия изображает процесс.



Обратимый процесс – процесс, который может происходить через те же состояния как в прямой, так и в обратной последовательности (направлении); причем если такой процесс проведен сначала в прямом, а затем в обратном направлении и система вернулась в исходное состояние, ни в ней, ни в окружающей среде не возникает никаких остаточных изменений.

Равновесный процесс является обратимым.

Квазистатические (квазиравновесные) процессы *представляют собой непрерывную последовательность равновесных состояний системы.*

Процессы перехода из одного состояния в другое будем рассматривать, как бесконечно медленные (можно сказать, что процесс проходит через последовательность равновесных состояний) – **квазистатический процесс.**

Круговой или циклический – термодинамический процесс, в ходе которого система возвращается в исходное состояние.

Внутренняя энергия и температура термодинамической системы

Система в данном состоянии обладает внутренней энергией.

Внутренняя энергия U тела складывается из кинетической энергии хаотического движения молекул тела и всех видов энергии их взаимодействия.

Внутренняя энергия U – функция состояния, т.е. ее значения зависят только от термодинамических параметров в данном состоянии (в данный момент времени), но не от способа перехода в это состояние.

Температура – величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макросистем. Если при установлении теплового контакта между телами одно из тел передает энергию другому посредством теплопередачи, то считают, что температура первого тела больше, чем второго.

Температура – функция внутренней энергии системы и обычно возрастает с увеличением внутренней энергии.

Теплопередача – передача энергии от одного тела к другому без переноса вещества и совершения механической работы.

Свойства температуры термодинамических систем, находящихся в состоянии

1. ~~Равновесия~~ ~~равновесия~~ Если две равновесные термодинамические системы находятся в тепловом контакте и имеют одинаковую температуру, то совокупная термодинамическая система находится в состоянии термодинамического равновесия при той же температуре.

2. Если какая-либо равновесная термодинамическая система имеет одну и ту же температуру с двумя другими системами, то эти три системы находятся в термодинамическом равновесии при одной и той же температуре.

Любой метод измерения температуры требует установление температурной шкалы. Для этого используют некоторые особые точки.

По международному соглашению температурную шкалу строят по одной реперной точке – *тройной точке воды* ($T_{\text{тр}}$). В *термодинамической шкале температур* (*шкале Кельвина*)

$$T_{\text{тр}} = 273,16 \text{ К.}$$

$$1 \text{ К} = 1^\circ \text{ С.}$$

При таком значении $T_{\text{тр}}$ интервал между точками плавления льда и кипения воды ≈ 100 кельвин.

$$T_{\text{пл}} = 273,15 \text{ К}; T_{\text{к}} = 373,15 \text{ К}.$$

$$t = T - 273,15.$$

Здесь t – температура по шкале Цельсия, T – температура по шкале Кельвина.

Температуру $T = 0$ называют *абсолютным нулем*, ему соответствует

$$t = -273,15^{\circ}\text{C}.$$

В дальнейшем мы выясним физический смысл температуры T .

Температура — это *одна из макроскопических характеристик макросистемы*. Она не имеет смысла для систем, состоящих из нескольких молекул (впрочем, при определенной договоренности условно говорят о температуре даже одной частицы).

Теплота и работа

Передача энергии от одного тела к другому путем совершения работы одного тела над другим всегда связана с изменением внешних условий, с перемещением тела в целом или его отдельных макроскопических частей.

Работа есть мера переданной от одного тела к другому механической энергии.

Работа, совершенная телом, считается положительной; работа, полученная телом — отрицательной.

Передача энергии от одного тела к другому посредством теплового обмена между телами не связана с изменением внешних условий и перемещением тел.

Количество теплоты δQ – величина переданной от одного тела к другому энергии теплового движения молекул посредством теплообмена между телами.

Три основных способа теплообмена: конвекция; теплопроводность; излучение.

Теплота, полученная телом, считается положительной, отданная телом – отрицательной.

Идеальный газ

Простейшей моделью макросистемы, рассматриваемой статистической физикой, является **идеальный газ**:

1. молекулы идеального газа не взаимодействуют (практически не взаимодействуют) друг с другом;

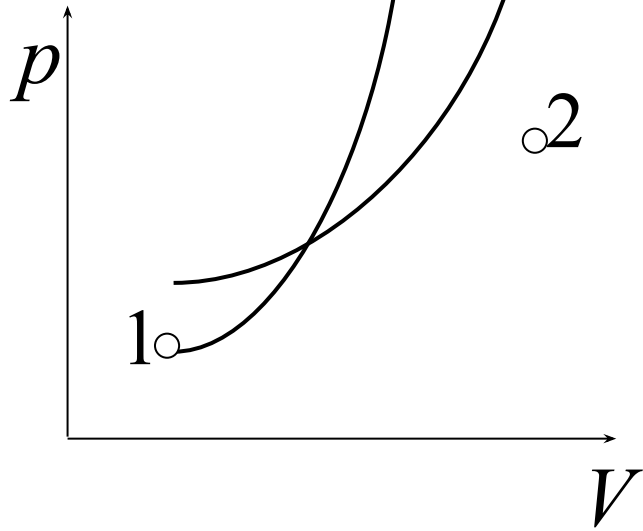
2. в равновесном состоянии движения молекул полностью хаотично. Это позволяет в грубом приближении считать, что все молекулы движется только в направлениях x, y и z .

Т.е. если в единице объема имеется n молекул, то в каждом из этих направлений движутся по $n/3$ молекул, или $n/6$ в одну сторону.

Только в простейшем случае (для идеального газа) знаем связь параметров состояния.

Уравнение состояния идеального газа
(уравнение Менделеева-Клапейрона).

ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ



Система совершает процесс, во время которого она в общем случае совершает работу A , получает количество теплоты Q ,

внутренняя энергия системы изменяется на ΔU .

Первое начало термодинамики:
количество теплоты Q , сообщенное макросистеме, идет на приращение ΔU её внутренней энергии и на совершение системой работы A над внешними телами

$$Q = \Delta U + A, \quad (10.1)$$

где $\Delta U = U_2 - U_1$

Здесь U_1 и U_2 – внутренняя энергия системы в состояниях 1 и 2 соответственно.

Если $Q < 0$, то тепло отводится от системы;
 $A < 0$ – работа производится *над* системой.

Приращение внутренней энергии ΔU может иметь любой знак, в частности, быть равным нулю.

Рассмотрим элементарный процесс, для которого δQ – количество теплоты, поступающее в систему на элементарном участке процесса.

**Первое начало термодинамики для
элементарного процесса (в
дифференциальной форме):**

$$\delta Q = dU + \delta A, \quad (10.2)$$

где δQ и δA – элементарные значения
теплоты и работы соответственно, теплота
и работа являются функциями процесса; dU
– приращение внутренней энергии.

*Работа A не является функцией
состояния.*