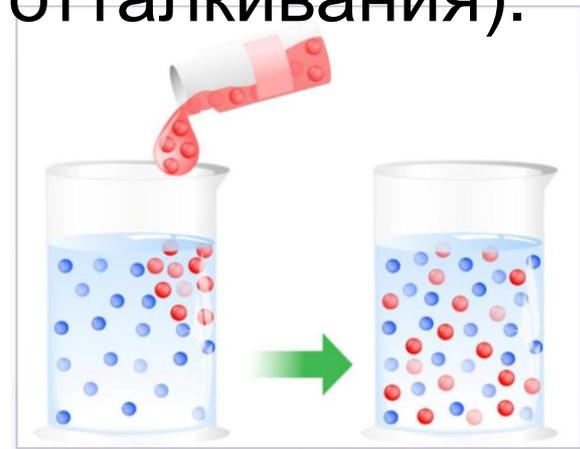
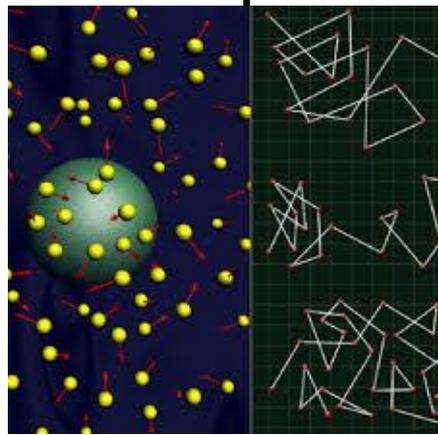


План

- Макроскопические (термодинамические) параметры.
- Состояние термодинамического равновесия.
- Температура как характеристика состояния равновесия.
Термическое уравнение состояния.
- Методы измерения температуры. Идеально-газовая шкала температур. Эмпирические температурные шкалы.
- Квазистатические (квазиравновесные) процессы.
- Термодинамические коэффициенты и уравнение их связи.
- Явление теплового расширения для газов, жидкостей и твердых тел.

Основные положения молекулярно-кинетической теории

- Все тела состоят из большого числа обособленных частиц: атомов и молекул.
- Эти частицы находятся в состоянии непрерывного хаотического движения, интенсивность которого зависит от температуры.
- Эти частицы взаимодействуют друг с другом (имеются силы притяжения и отталкивания).



Термодинамика

- **Задачей термодинамики** является феноменологическое исследование свойств материальных тел, характеризуемых макроскопическими параметрами, на основе общих законов, называемых началами термодинамики, без выяснения микроскопических механизмов изучаемых явлений.
- Любая изолированная термодинамическая система вне зависимости от начального состояния с течением времени придет в равновесное состояние.
- **Изолированная система** – система, не обменивающаяся с окружающей средой ни веществом, ни энергией.

Нулевое начало термодинамики

- **Термодинамическое равновесие** – состояние системы, не изменяющееся во времени и не сопровождающееся переносом через систему энергии, вещества, заряда, импульса и т.п.

Нулевое начало термодинамики

- При термодинамическом равновесии все части системы будут иметь одинаковую температуру.
- Изолированная термодинамическая система с течением времени самопроизвольно переходит в состояние термодинамического равновесия и остаётся в нём сколь угодно долго, если внешние условия сохраняются неизменными.

План

- Макроскопические (термодинамические) параметры.
- Состояние термодинамического равновесия.
- Температура как характеристика состояния равновесия.
Термическое уравнение состояния.
- Методы измерения температуры. Идеально-газовая шкала температур. Эмпирические температурные шкалы.
- Квазистатические (квазиравновесные) процессы.
- Термодинамические коэффициенты и уравнение их связи.
- Явление теплового расширения для газов, жидкостей и твердых тел.

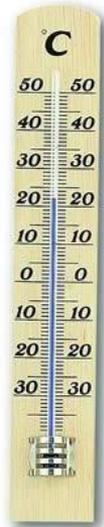
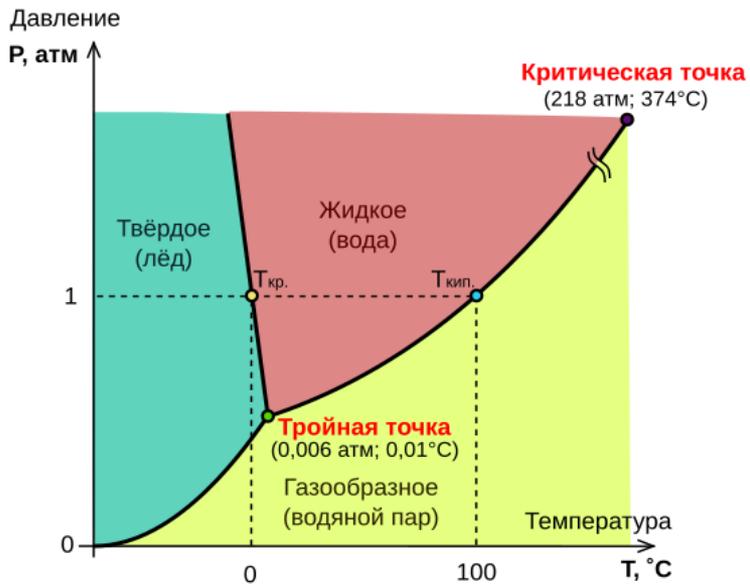
Макросостояние

- **Макросостояние** – состояние системы, описанное с помощью макроскопически измеряемых параметров – макропараметров.
- **Макропараметр** – величина, которая может быть определена с помощью макроскопических измерений, ее значение зависит от суммарного действия всех частиц системы.

Если рассмотреть 1 моль газа, то состояние характеризуется тремя макропараметрами: p , V , T , которые в стационарном состоянии постоянны.

Температурные шкалы

Температурная шкала Цельсия была предложена шведским астрономом А. Цельсием в 1742 г. За $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ стали принимать температуру таяния льда, а за $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ — кипения воды.



Температурные шкалы

Шкала Фаренгейта, [температурная шкала](#), единицей которой является [градус](#) Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$), равный $\frac{1}{32}$ части температурного интервала между температурой таяния смеси снега, соли и [хлорида аммония](#) (0°F) и температурой таяния льда (32°F).



Термометры и температурные шкалы

Шкала Кельвина. В 1727 г. французский физик Ж. Шарль экспериментально установил, что давление не очень плотных газов, заключенных в фиксированный объем, возрастает пропорционально их температуре в соответствии с законом

$$p = p_0(1 + \alpha t)$$

в котором температура измеряется по шкале Цельсия, p_0 — давление при температуре 0°C , коэффициент термического увеличения давления $\alpha = 273\text{град}^{-1}$ и практически одинаков для большого числа различных газов.

$$T = t + \alpha^{-1} = t + 273$$

Это дает прекрасную возможность использовать разреженный газ в качестве термометрического тела, а давление будет термометрической величиной.

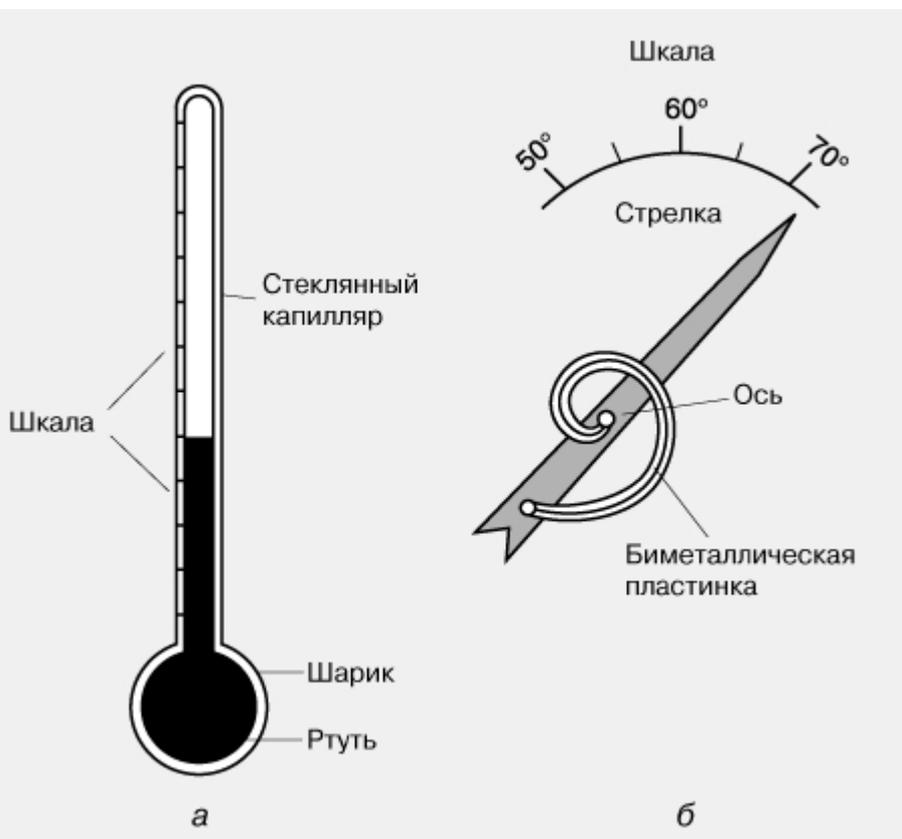
Измерение параметров состояния

Измерение температуры



Термометры расширения

Термометр расширения — прибор для измерения температуры, принцип действия которого основан на изменении объема жидкости или линейных размеров твердых тел при изменении температуры.

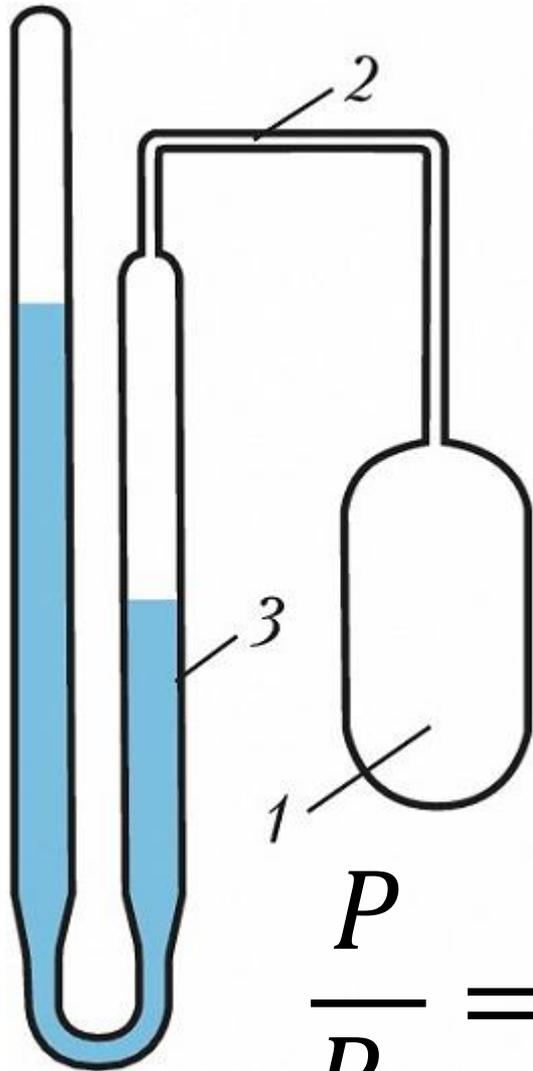


а - стеклянный ртутный
термометр

б - биметаллический термометр

Диапазон измерений: 80 – 1000 К

Манометрический термометр (Газовый термометр)



Манометрический термометр — прибор для измерения температуры, принцип действия которого основан на измерении давления жидкости или газа в замкнутом объёме, которое меняется при изменении температуры.

1 – баллон, заполненный газом

2 – соединительная трубка

3 – устройство для измерения давления

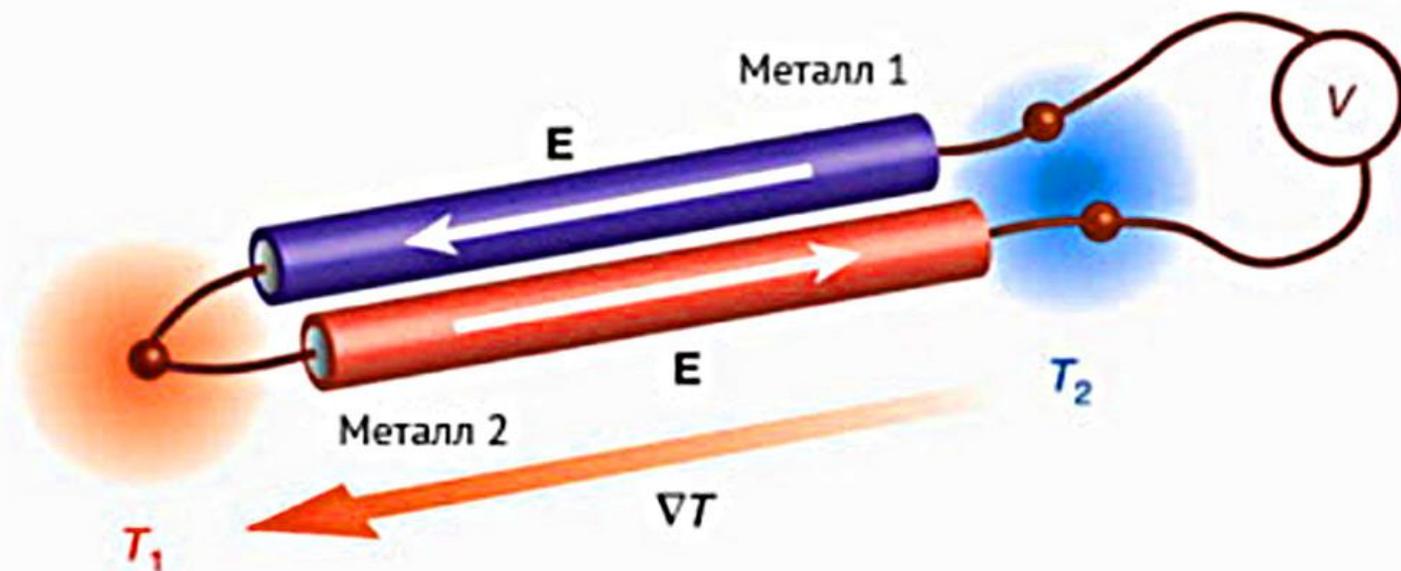
$$\frac{P}{P_0} = \frac{T}{T_0}$$

Диапазон измерений: 2 – 1300 К

Погрешность: 10^{-3} – 10^{-2} К

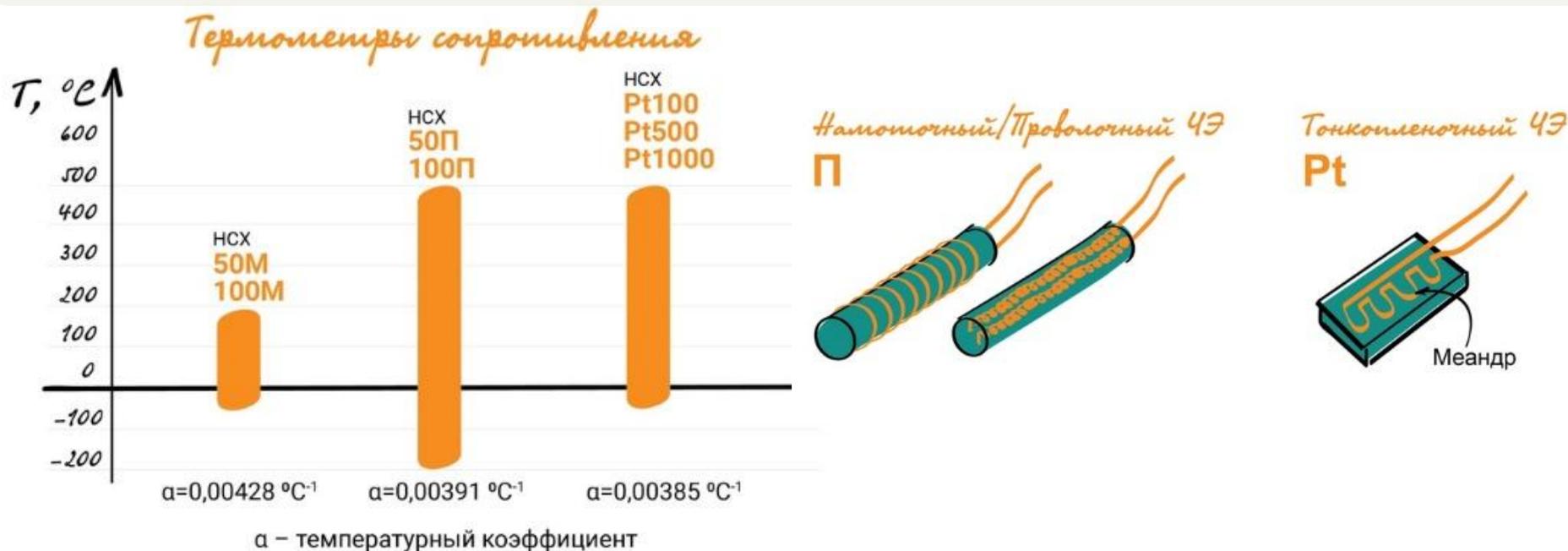
Термоэлектрические термометры

Термоэлектрические термометры – прибор для измерения температуры, принцип действия которого основан на свойстве металлов, сплавов и некоторых неметаллических материалов создавать термо-э.д.с. при нагревании места соединения (спая) двух разнородных проводников или полупроводников (термоэлектрический эффект или эффект Зеебека).



Диапазон измерений: 25 – 2700 К

Термометры сопротивления



Термометры сопротивления – это датчики температуры (металл, сплав, полупроводник), принцип действия которых основан на изменении электрического сопротивления от температуры.

$$R_T = R_0[1 + AT + BT^2 + CT^3(T - 100)]$$

$$R_T = R_0[1 + AT + BT^2]$$

$$A = 3,9 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5,8 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$(-200 \text{ } ^\circ\text{C} < T < 0 \text{ } ^\circ\text{C}),$$

$$(0 \text{ } ^\circ\text{C} \leq T < 850 \text{ } ^\circ\text{C}).$$

$$C = -4,2 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}$$

Измерение параметров состояния

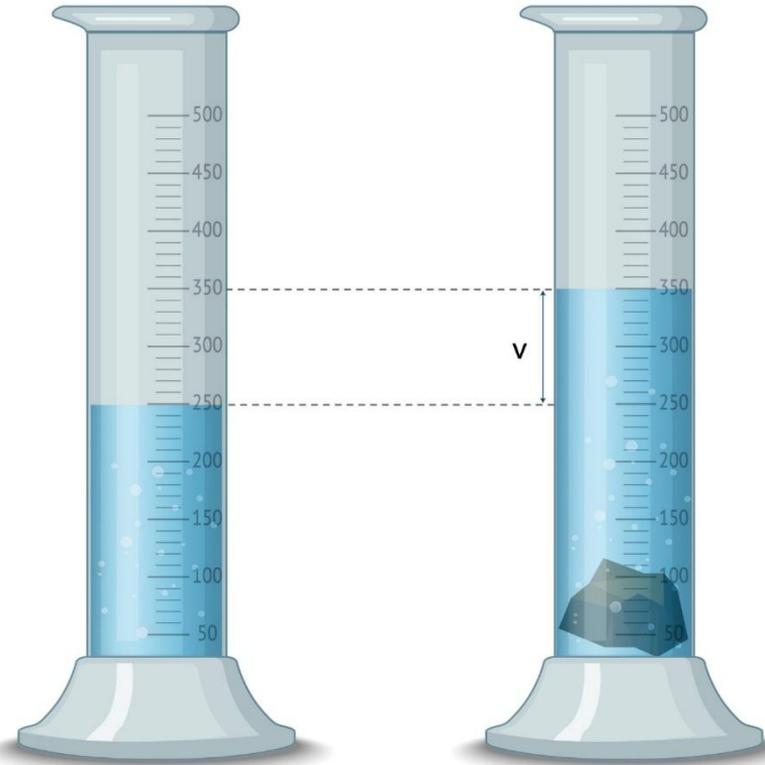
Измерение объема жидкости

Мерный цилиндр, мерный стакан, мензурка.

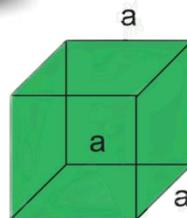


Измерение параметров состояния

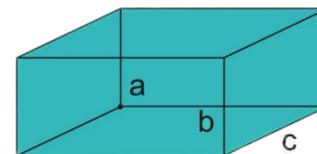
Измерение объема твердых тел



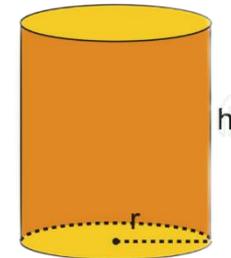
-Eureka!



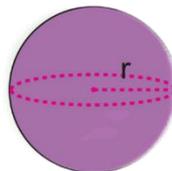
$$V = a^3$$



$$V = a \cdot b \cdot c$$



$$V = \pi r^2 \cdot h$$

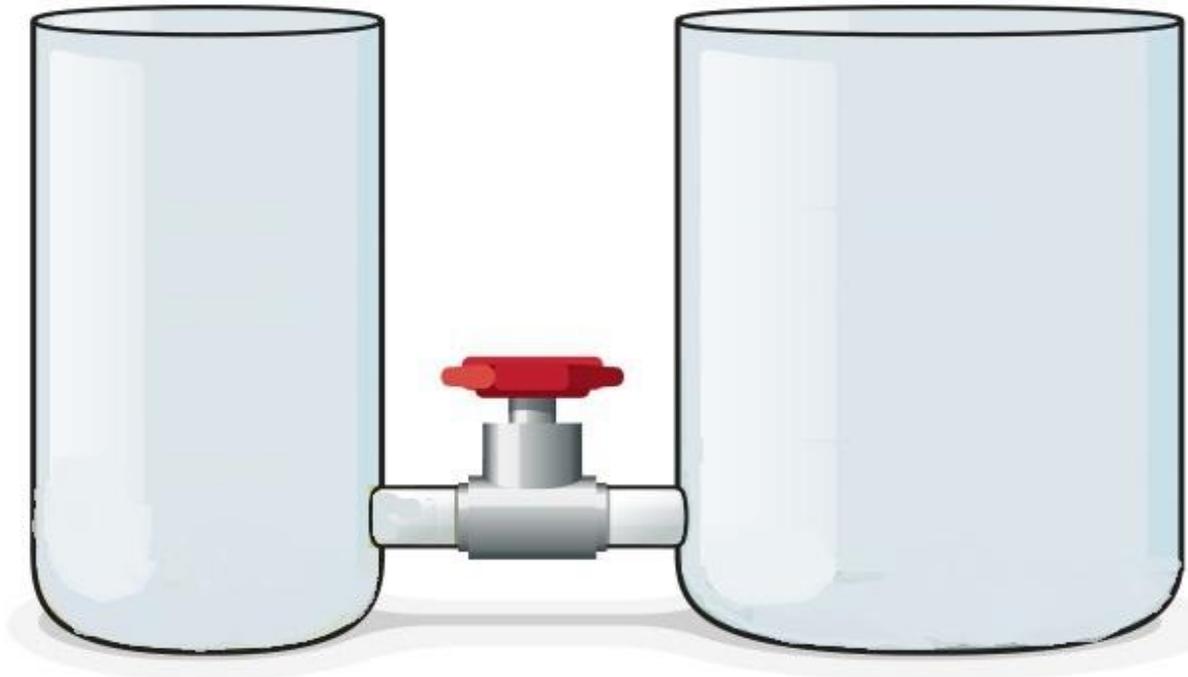


$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

Измерение параметров состояния

Измерение объема газа

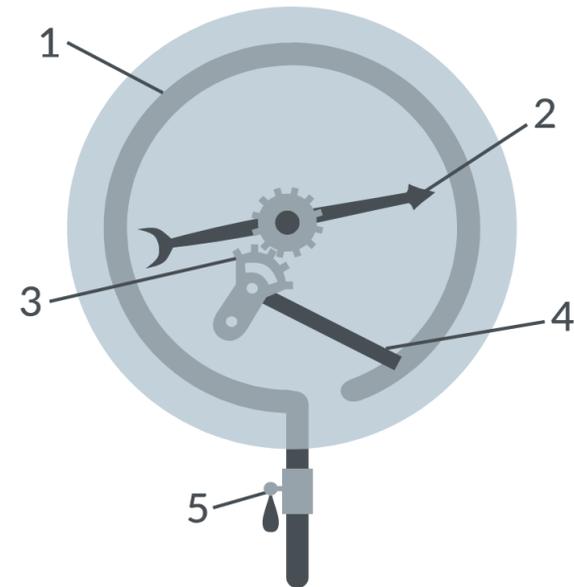
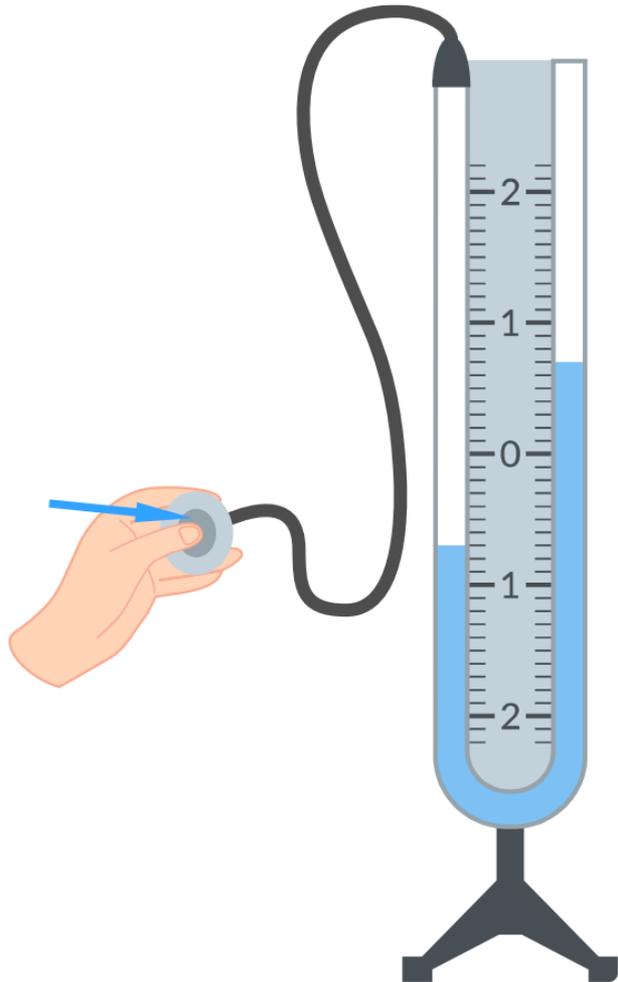
Объем газа – это объем сосуда, который он занимает.



Измерение параметров состояния

Измерение давления газа

- U – образный манометр
- Металлического манометр (манометр Бурдона)



1-изогнутая пустотелая трубка; 2-стрелка; 3-зубчатки;
4- рычажный механизм; 5-кран.

- Ионизационный манометр
- Термоэлектрический манометр

Термодинамический процесс

- 1. Термодинамический процесс** – изменение состояния системы (хотя бы одного ее параметра состояния) со временем.
- 2. Равновесный (квазистатические или квазиравновесный) процесс** – непрерывная последовательность равновесных состояний системы, которая может быть представлена на любой диаграмме (например, p - V , V - T , T - p и др.) в виде некоторой кривой процесса.
- 3. Обратимый процесс** – процесс перехода термодинамической системы из одного состояния в другое, который может протекать как в прямом, так и обратном направлении через те же промежуточные состояния.

Термическое уравнение состояния

- Уравнение состояния (термическое) для жидкостей и газов с фиксированным числом частиц — это уравнение, которое связывает P , V , T физически однородной системы, находящийся в состоянии термодинамического равновесия: $f(P, V, T, N)=0$

Термические коэффициенты и уравнение их связи

- коэффициент объемного расширения
- термический коэффициент давления
- изотермическая сжимаемость

Явление теплового расширения для газов, жидкостей и твердых тел

Тепловое расширение – изменение размеров тела в процессе его нагревания

