

# Техническая термодинамика

Лекция 1

## Список литературы

- ▶ Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача: Учеб. для неэнергетич. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1988.
- ▶ Коротких А.Г., Шаманин И.В. Техническая термодинамика и основы термоэлектричества в проектировании ядерных энергетических установок: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006.
- ▶ Вукалович М.П. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – М.: Машгиз, 1958.

# Введение

- ▶ **Термодинамика** – наука о превращениях различных видов энергии из одного в другой, о наиболее общих макроскопических свойствах материи. Изучает различные как физические, так и химические явления, обусловленные превращениями энергии. Применение закономерностей термодинамики позволяет анализировать свойства веществ, предсказывать их поведение в различных условиях. Основана на двух экспериментально установленных законах (началах).
- ▶ Объект исследования – **термодинамическая система** или **тело**. Термодинамическая система может обмениваться с окружающей средой энергией, теплом и массой.

# Введение

- ▶ **Физическая термодинамика** разрабатывает метод термодинамики и применяет его для изучения фазовых превращений термоэлектрических и магнитных явлений, излучения, поверхностных явлений.
- ▶ **Химическая термодинамика** изучает процессы с физическими и химическими превращениями с помощью метода термодинамики.
- ▶ **Техническая термодинамика** устанавливает закономерности взаимного преобразования теплоты и работы, для чего изучает свойства газов и паров (рабочих тел) и процессы изменения их состояния; устанавливает взаимосвязь между тепловыми, механическими и химическими процессами, протекающими в тепловых двигателях и холодильных установках. Одна из основных ее задач – *отыскание наиболее рациональных способов взаимного превращения теплоты и работы.*

# Основные параметры состояния тела

- ▶ Термодинамические параметры состояния: давление –  $p$ , температура –  $T$ , удельный объем –  $v$ .
- ▶ **Давление** – физическая величина, равная отношению силы, равномерно распределенной по поверхности тела, к площади поверхности, расположенной перпендикулярно вектору силы:

$$p = F/S, [\text{Па}] \quad (1)$$

- ▶ Избыточное давление  $p_u$  отсчитывается от уровня атмосферного давления и измеряется манометром. Атмосферное давление  $p_b$  измеряется барометром. Давление меньше атмосферного (разрежение)  $p_p$  измеряется вакуумметром.

# Основные параметры состояния тела: давление

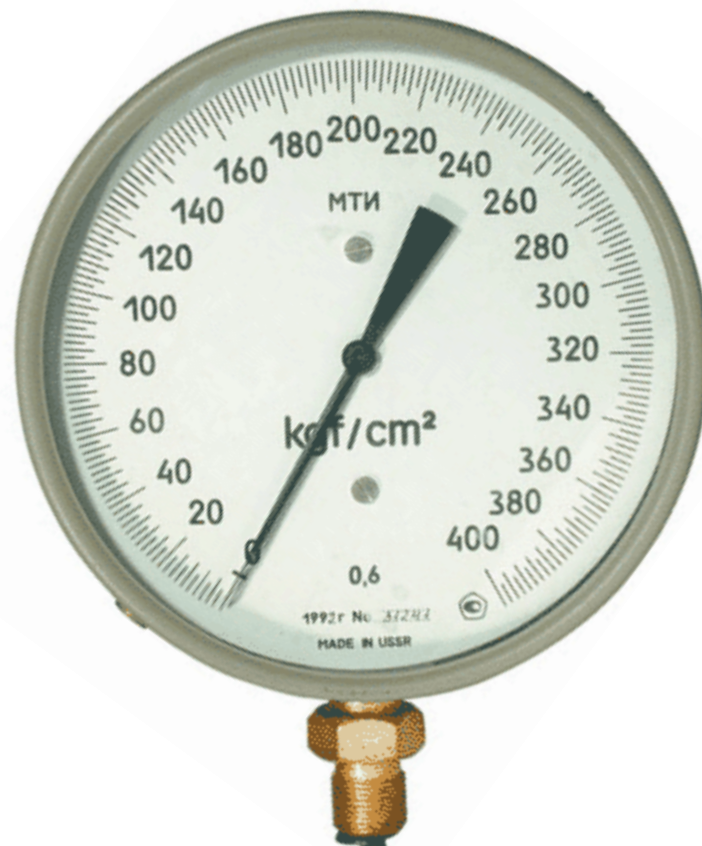
- ▶ Абсолютное давление  $p$  (отсчитывается от нуля) равно:

$$p = p_u + p_{\bar{o}} \quad (2)$$

$$p = p_{\bar{o}} - p_p \quad (3)$$

- ▶ Единица измерения в СИ [Па] ( $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ ) – давление, вызываемое силой 1 Н, равномерно распределенной по поверхности площадью  $1 \text{ м}^2$ , расположенной перпендикулярно направлению силы.
- ▶ Другие единицы измерения:
  - $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па} = 750 \text{ мм рт.ст.}$
  - $1 \text{ ат} = 1 \text{ кг/см}^2 = 735.559 \text{ мм рт.ст.}$  (техническая атмосфера)
  - $1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт.ст.}$  (физическая атмосфера)

# Основные параметры состояния тела: давление

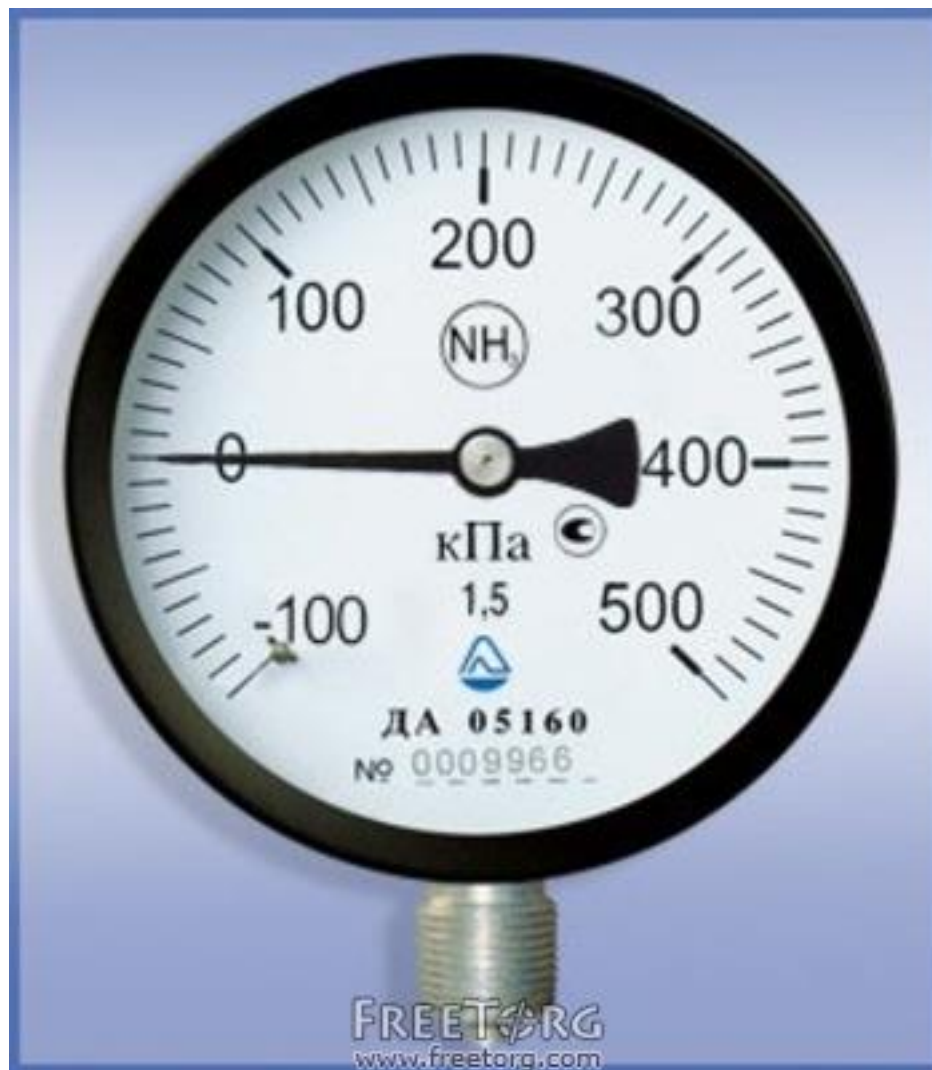


# Основные параметры состояния тела: давление





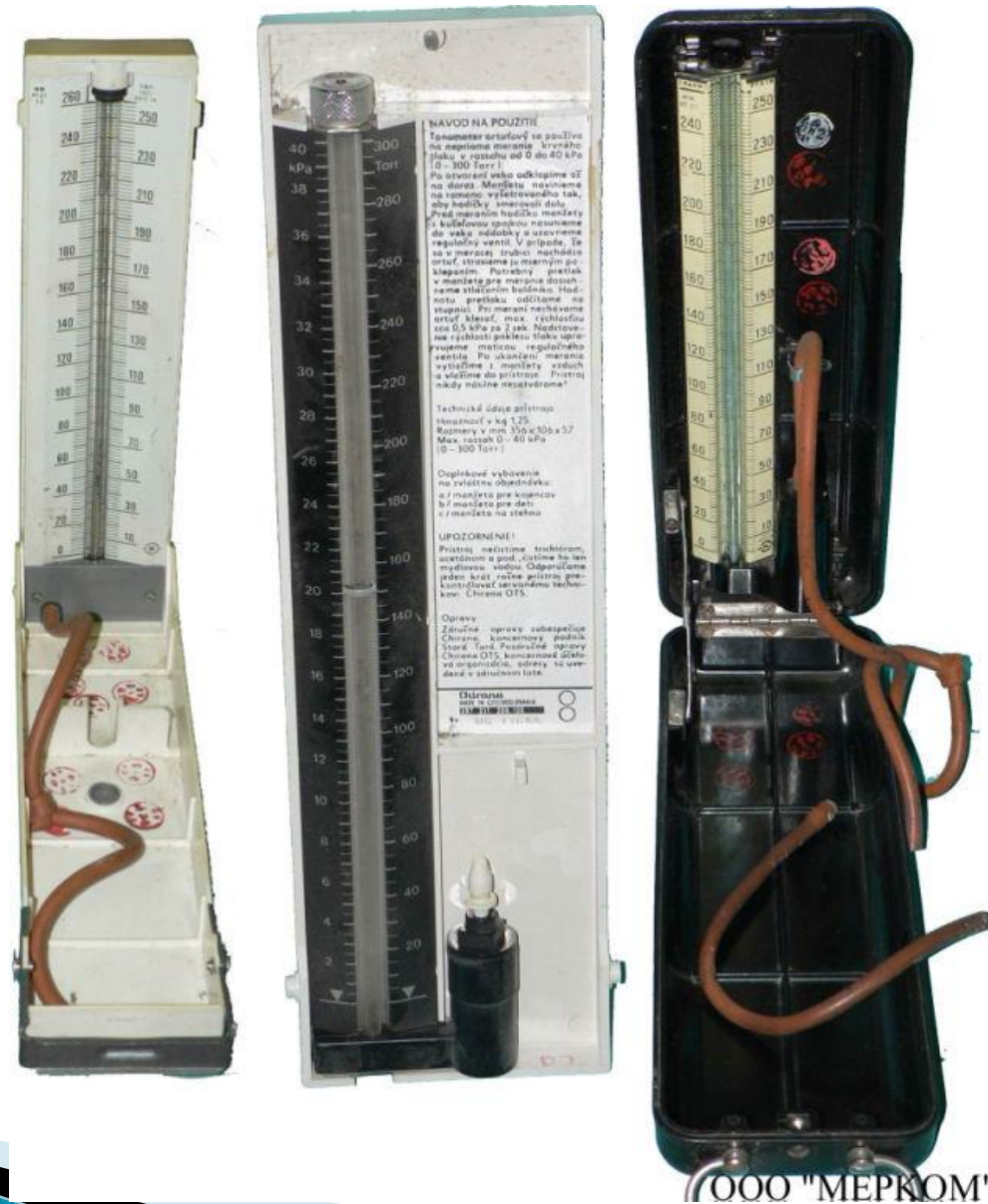
# Основные параметры состояния тела: давление



# Основные параметры состояния тела: давление



# Основные параметры состояния тела: давление



# Основные параметры состояния тела

- ▶ **Удельный объем** – физическая величина, равная отношению объема вещества к его массе:

$$v = V/M, \text{ м}^3/\text{кг}$$

- ▶ Обратная для  $v$  величина – плотность вещества  $\rho$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .
- ▶ **Температура** характеризует тепловое состояние тела, или, как иногда говорят, степень нагретости тела. Физическая величина, являющаяся параметром состояния системы (тела).
- ▶ Абсолютная температура  $T$  измеряется в Кельвинах (К) и равна:

$$T = t + 273,15$$

- ▶ где  $t$  – температура, определяемая с помощью термометров и других приборов,  $^{\circ}\text{C}$ .

н.у.:  $p = 101325 \text{ Па}$  (760 мм рт.ст.),  $T = 273,15 \text{ К}$  ( $t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

# Основные параметры состояния тела

Эти три параметра однозначно определяют состояние тела.  
Если тело – идеальный газ, только два из них независимые,  
третий всегда определяется остальными двумя.

# Основные параметры состояния тела

- ▶ При взаимодействии термодинамической системы (тела) с окружающей средой (подвод к телу теплоты или работы) состояние тела, определяемое параметрами, изменяется. Изменение состояния термодинамической системы, характеризующееся изменением ее параметров, называют **термодинамическим процессом**.
- ▶ **Равновесное состояние** – состояние термодинамической системы, характеризующееся при постоянных внешних условиях неизменностью параметров во времени и отсутствием в системе потоков.
- ▶ Состояние термодинамической системы, не удовлетворяющее данному определению, называется **неравновесным состоянием**.

# Основные параметры состояния тела

- ▶ **Равновесный термодинамический процесс**  
представляет собой непрерывную последовательность равновесных состояний. Равновесным представляют процесс, протекающий при бесконечно малой разности параметров окружающей среды и тела; в этих условиях изменение параметров тела происходит бесконечно медленно и равновесное состояние сохраняется.
- ▶ **Неравновесный термодинамический процесс**  
представляет собой последовательность состояний, среди которых не все являются равновесными. (Реальные процессы неравновесны, они протекают с конечными скоростями и равновесное состояние не успевает устанавливаться.)