

# Общая теплотехника

*Введение.*

*Основные понятия и определения*

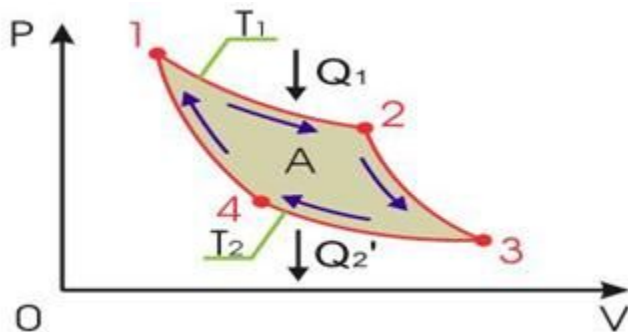
# Введение

**Теплотехника - наука, которая изучает методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых машин, аппаратов и устройств.**

Различают два принципиально различных направления использования теплоты – **энергетическое и технологическое.**

При **энергетическом** использовании, теплота преобразуется в механическую работу, с помощью которой в генераторах создается электрическая энергия, удобная для передачи на расстояние. Теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или непосредственно в двигателях внутреннего сгорания. При **технологическом** - теплота используется для направленного изменения свойств различных тел (расплавления, затвердевания, изменения структуры, механических, физических, химических свойств).

Теоретическими разделами *теплотехники* являются техническая термодинамика, изучающая законы превращения теплоты



и основы теплообмена, в которых исследуются процессы распространения теплоты



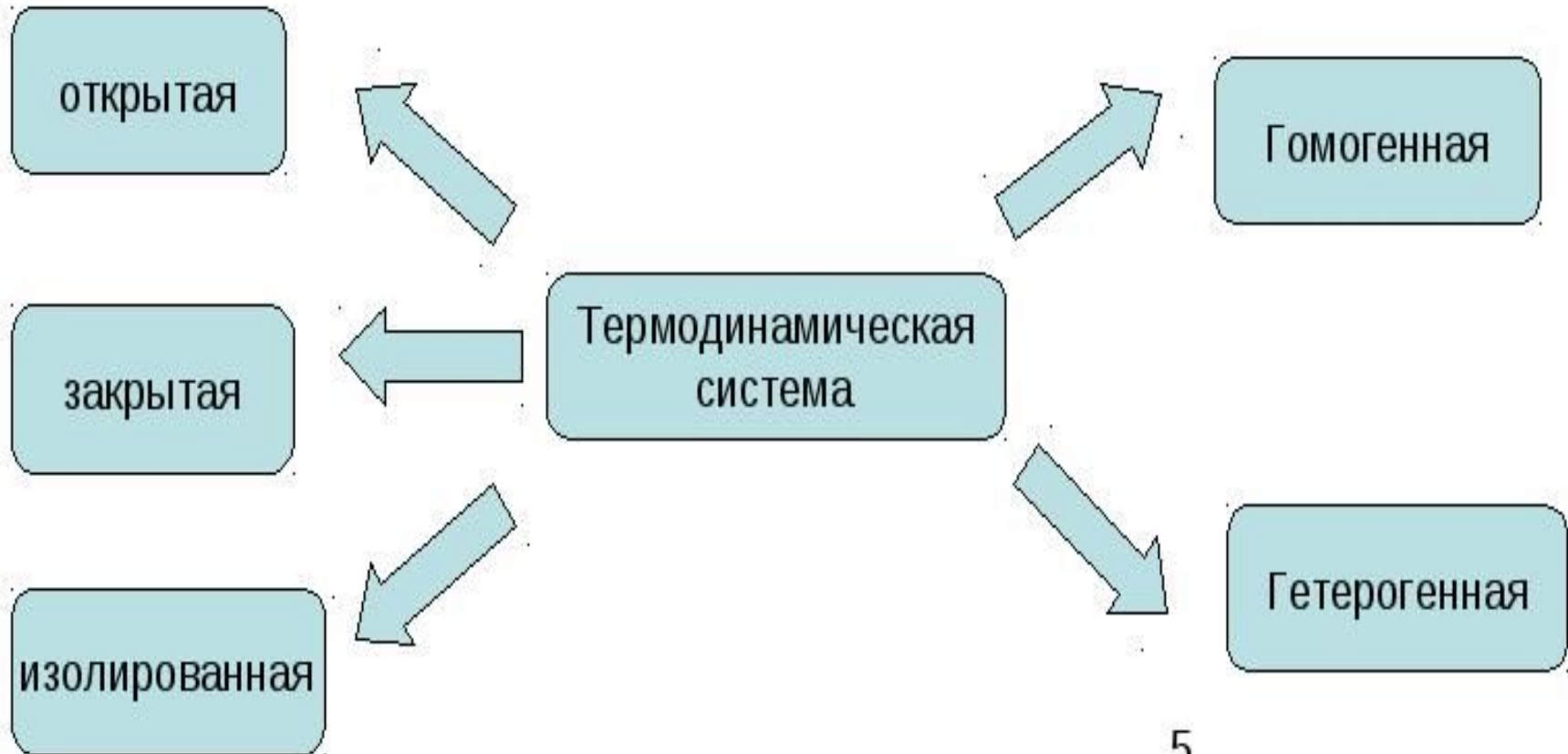
## Понятие термодинамической системы

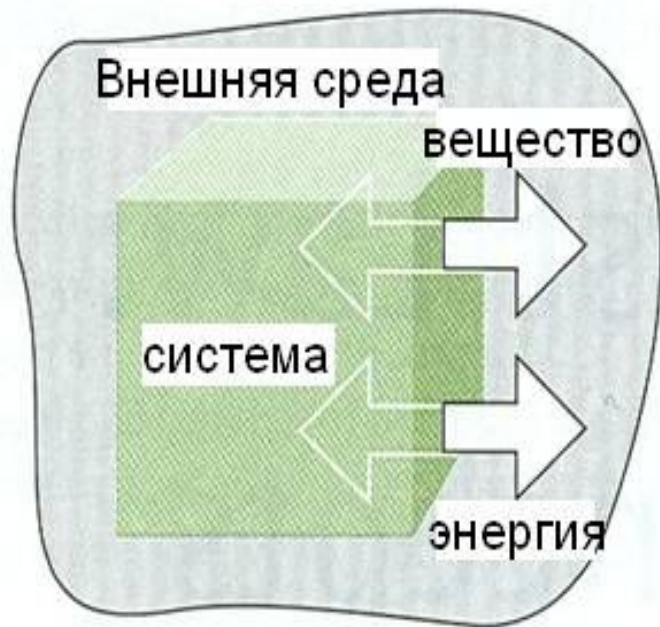
Термодинамическая система представляет собой совокупность материальных тел, находящихся в материальном и тепловом взаимодействии друг с другом и с окружающими систему внешними телами (внешней средой). Тела, не входящие в систему, называются окружающей средой. Систему отделяют от окружающей среды контрольной поверхностью (оболочкой)



Рис. 1

# Типы термодинамических систем





(a) открытая

**Открытая система - это система , которая обменивается и энергией, и веществом и информацией**

**Закрытая система -  
система в которой  
есть обмен только с  
энергией .**





**Замкнутая (изолированная) система** - это система в которой нет обмена с внешними телами ни энергией , ни веществом (в том числе и излучением), ни информацией .



Однородная термодинамическая система (как по составу, так и по физическому строению), внутри которой нет поверхностей раздела, называется **гомогенной** (например, лед, вода, газы).

**Гетерогенными** называются системы, в которых существуют границы раздела между отдельными частями системы — фазами, отличающимися друг от друга или химическим составом, или физическими свойствами, обусловленными строением.

Примером гетерогенной системы может служить вода с плавающим в ней льдом. В этой системе имеются две гомогенные области — вода и лед. Химический состав этих фаз одинаков, но физические свойства резко отличаются друг от друга.

Другой пример гетерогенной системы — содержимое запаянной стальной трубки, в которой находятся жидкая ртуть, жидкий этиловый спирт и смесь насыщенных паров этилового спирта и ртути. Такая гетерогенная система имеет три фазы: жидкую ртуть, жидкий этиловый спирт и смесь насыщенных паров этилового спирта и ртути.

Термодинамическая система характеризуется определенными значениями ее свойств. Эти свойства термодинамического тела (системы) называются **параметрами состояния**



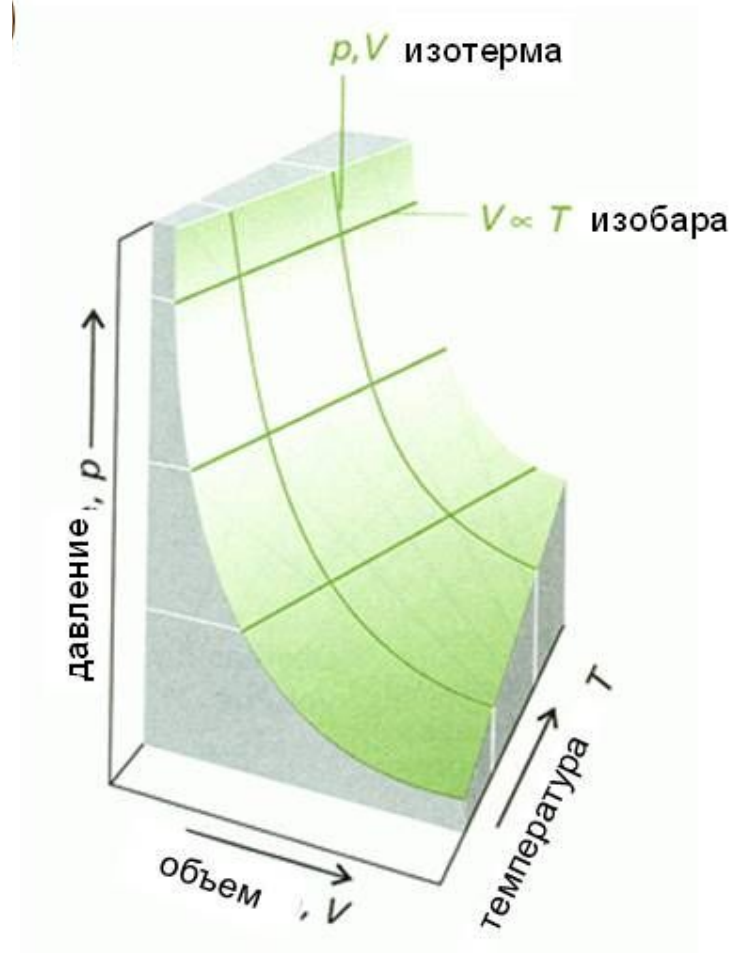
**Интенсивные** – которые не зависят от количества вещества и при взаимодействии тел выравниваются (температура, давление и т. п.);

**Экстенсивные** – зависящие от количества вещества, следующие закону сложения или, как говорят математики, закону аддитивности (масса, объем, внутренняя энергия и т.п.).

**Внешние** параметры характеризуют состояние окружающей среды, в которой находится система, и представляют собой внешние условия последней, а **внутренние** определяют состояние системы при данных внешних параметрах. Такое деление является в определенной степени условным, так как рассматриваемую систему всегда можно считать частью единой расширенной системы, состоящей из системы и окружающей среды, вследствие чего все параметры можно считать внутренними

## Основные параметры:

- Давление  $P$
- Температура  $T$  ( $t$ )
- Удельный объем,  $v$



**Давление  $P$**  - сила, действующая на единицу поверхности, называется **удельным давлением**

В системе СИ за единицу измерения давления принят паскаль (Па). Паскаль – давление, создаваемое силой в 1 ньютон (Н), которая равномерно распределена по поверхности площадью 1 м<sup>2</sup>.  **$1\text{Па} = 1\text{ Н/м}^2$ .**

Давление **760 мм.рт.ст.** называют **физической атмосферой**. Давление разделяют на атмосферное, избыточное и абсолютное.

**Атмосферное давление** измеряют барометрами и называют **барометрическим –  $P_{\text{бар}}$** . Если на поверхность, кроме атмосферного давления, действуют какие-либо другие силы они создают **избыточное давление –  $P_{\text{изб}}$** . Избыточное давление измеряют манометрами и поэтому называют **монометрическим**.

**Абсолютное давление  $P_{\text{абс}}$**  определяют путём суммирования избыточного  **$P_{\text{изб}}$**  и атмосферного давлений  **$P_{\text{бар}}$** .

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{изб}} + P_{\text{бар}}$$

Давление ниже барометрического (**вакуум или разрежение**) измеряют вакуумметром. Разрежение определяют по формуле:

$$P_{\text{вак}} = P_{\text{бар}} - P_{\text{бар}}$$

### Таблица соотношений единиц давления

Единицы	МПа	бар	мбар	кПа	psi	мм вод.ст.	мм рт.ст.	кг/см <sup>2</sup>	атм
1 Мпа	—	10	10000	1000	145,037	101971	7500,62	10,1971	9,86923
1 бар	0,1	—	1000	100	14,5038	10197,1	750,064	1,01972	0,98692
1 мбар	0,0001	0,001	—	0,1	0,0145	10,1971	0,75006	0,00102	0,00099
1 кПа	0,001	0,01	10	—	0,14504	101,971	7,50064	0,0102	0,00987
1 psi	0,00689	0,06895	68,9476	6,89476	—	703,07	51,7151	0,07031	0,06805
1 мм вод.ст.	0,000009807	0,000098067	0,09806	0,0098	0,00142	—	0,07355	0,000001	0,0000967
1 мм рт.ст.	0,00013	0,00133	1,33322	0,13332	0,01934	13,60	—	0,00136	0,00132
1 кг/см <sup>2</sup>	0,09806	0,98067	980,665	98,0665	14,2233	100000	735,561	—	0,96784
атм	0,10132	1,01325	1013,25	101,325	14,696	10332,2	760	1,03323	—

- **Температура  $T$  ( $t$ )** – мера средней кинетической энергии поступательного движения молекул.  
Температуру измеряют по двум шкалам:  
термодинамической (абсолютной) в кельвинах и международной практической в градусах Цельсия.

$$T_k = t_c + 273.$$

## **Удельный объём.**

Объём в 1 м<sup>3</sup>, заполненный однородным телом массой в 1 кг, называют **удельным объёмом**.

$$u = V / m$$

где **V** – объём тела, м<sup>3</sup>;

**m** – масса тела, кг.

Величина, обратная удельному объёму, называется **плотностью  $\rho$** .



# Термодинамический процесс

изменение состояния системы, которое характеризуется изменением ее термодинамических параметров

**Обратимый термодинамический процесс** – процесс, после которого система и взаимодействующие с ней системы могут возвратиться в начальное состояние.

**Равновесный процесс** – процесс, рассматриваемый как непрерывный ряд равновесных состояний системы.

Равновесный процесс всегда обратим, а обратимый процесс всегда протекает равновесным путем.

Для равновесной термодинамической системы существует функциональная связь между параметрами состояния, которая называется **уравнением состояния**. Опыт показывает, что удельный объем, температура и давление простейших систем, которыми являются газы, пары или жидкости, связаны термическим уравнением состояния вида:

$$f(P, V, T) = 0 \quad (\text{неявная форма})$$

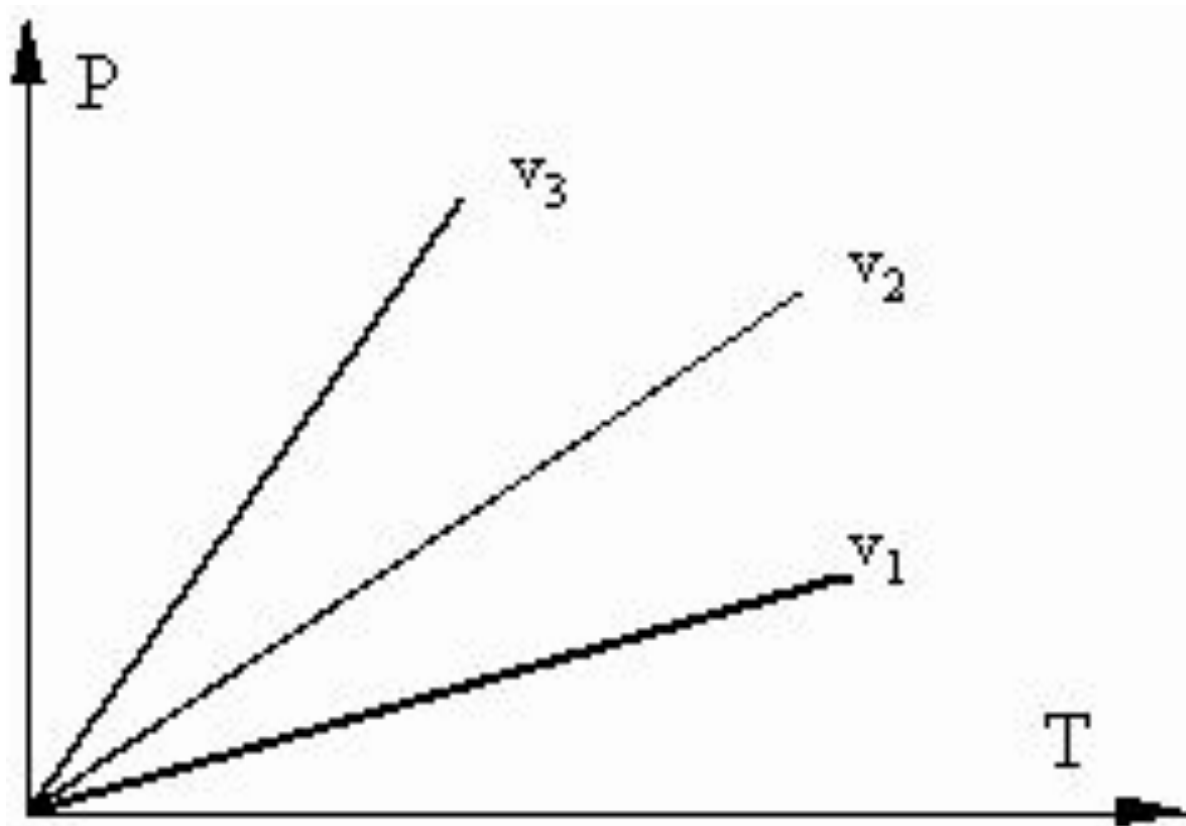
Уравнению состояния можно придать другую форму:

$$P = f_1(V, T); \quad u = f_2(P, T); \quad T = f_3(P, V)$$

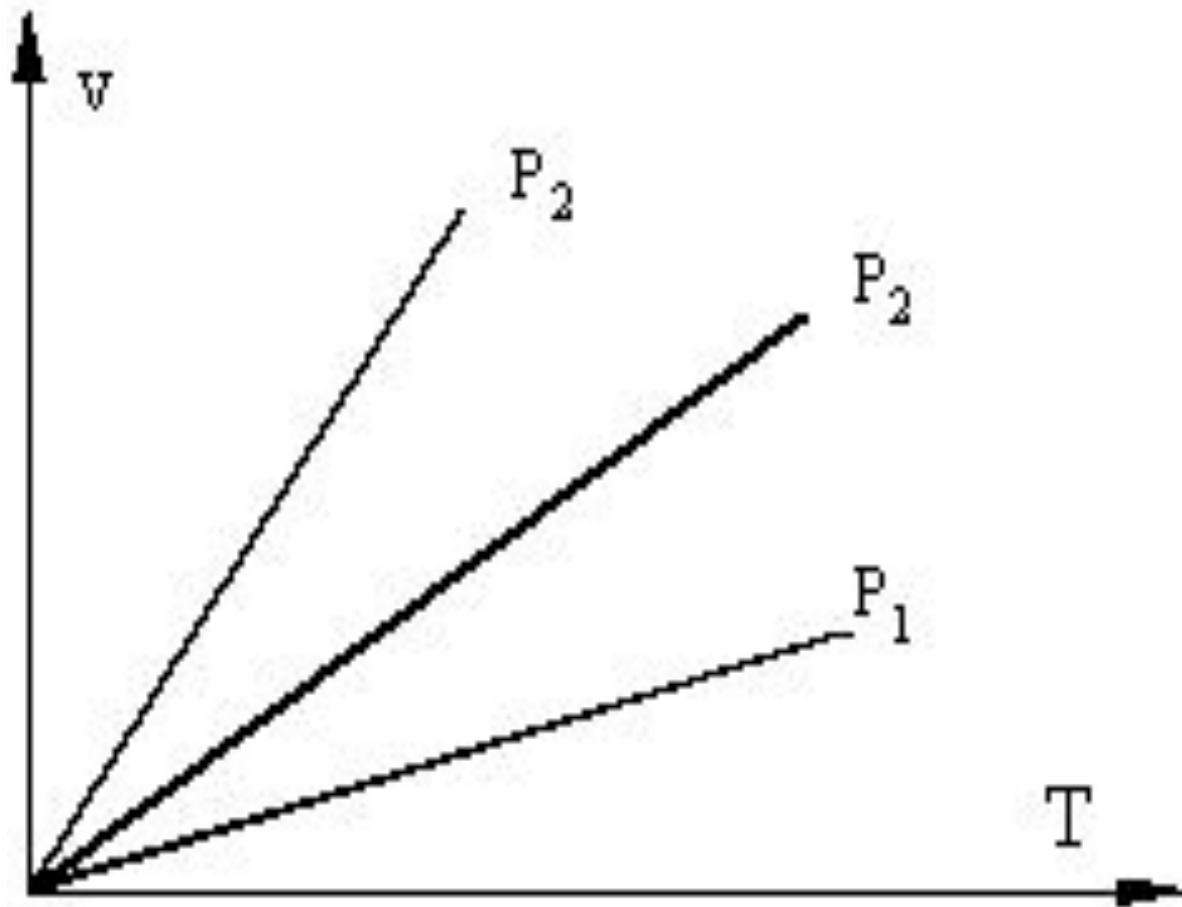
*Термодинамические процессы часто изображаются на графиках состояния, где по осям отложены параметры состояния. Точки, на плоскости такого графика, соответствуют определенному состоянию системы, линии на графике соответствуют термодинамическим процессам, переводящим систему из одного состояния в другое.*

*Рассмотрим термодинамическую систему, состоящую из одного тела – газа в сосуде с поршнем, причем сосуд и поршень в данном случае является внешней средой. Пусть, для примера, происходит нагрев газа в сосуде, возможны два случая: если поршень зафиксирован и объем не меняется, то произойдет повышение давления в сосуде. Такой процесс называется изохорным ( $v = \text{const}$ ), идущий при постоянном объеме.*

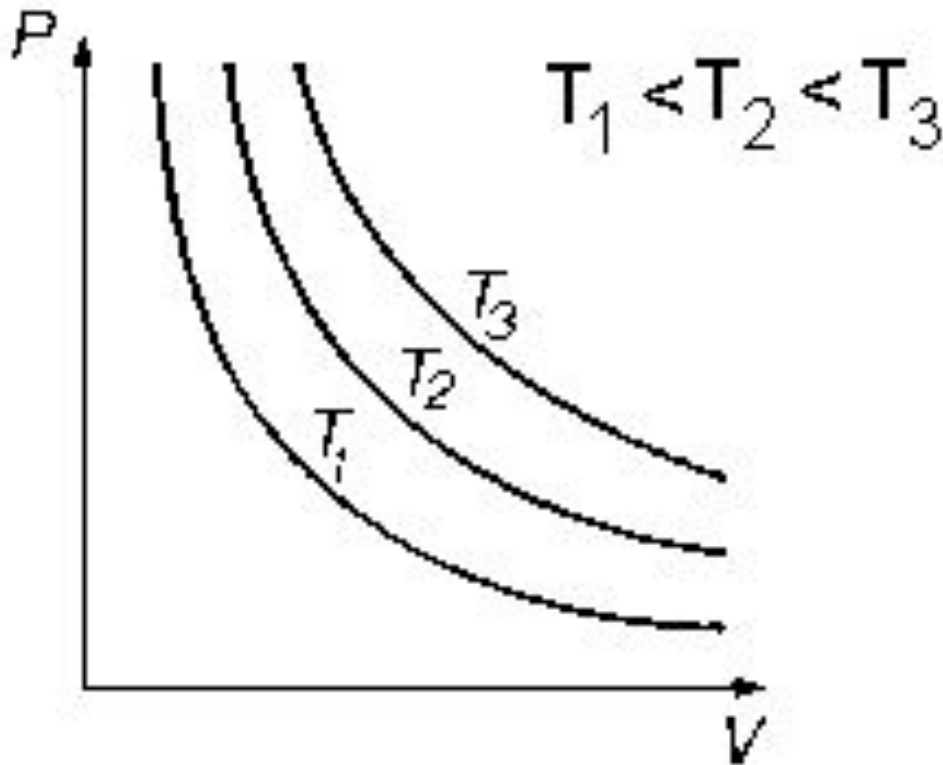
Пусть, для примера, происходит нагрев газа в сосуде, возможны два случая: если поршень зафиксирован и объем не меняется, то произойдет повышение давления в сосуде. Такой процесс называется **изохорным** ( $v=\text{const}$ ), идущий при постоянном объеме:



если поршень свободен то нагреваемый газ будет расширяться при постоянном давлении такой процесс называется изобарным ( $P=\text{const}$ ), идущим при постоянном давлении.



Если, перемещая поршень, изменять объем газа в сосуде то, температура газа тоже будет изменяться, однако можно охлаждая сосуд при сжатии газа и нагревая при расширении можно достичь того, что температура будет постоянной при изменениях объема и давления, такой процесс называется изотермическим ( $T=\text{const}$ ).



Процесс, при котором отсутствует теплообмен между системой и окружающей средой, называется **адиабатным**, при этом количество теплоты в системе остается постоянным ( $Q = \text{const}$ ). В реальной жизни адиабатных процессов не существует поскольку полностью изолировать систему от окружающей среды не возможно. Однако часто происходят процессы при которых теплообменном с окружающей средой очень мал, например быстрое сжатие газа в сосуде поршнем, когда тепло не успевает отводиться за счет нагрева поршня и сосуда.

