10. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Работа расширения газа в изопроцессах.

**Применение ПНТ к изопроцессам**

**Изохорический процесс**

|  |  |
| --- | --- |
|  | *Для него* *V=const*. Диаграмма этого процесса (изохора) изображена на рис.3. Процесс 1-2 соответствует нагреванию, а процесс 2-1 – охлаждению газа. При изохорическом процессе газ не совершает работы: =0 и вся теплота, сообщаемая газу, идет на увеличение его внутренней энергии, т.е. *δQ=dU*.  Согласно формуле (3) для произвольной массы газа  и поэтому , (12)  и молярная теплоемкость при постоянном объеме |

. (13)

Таким образом, . (14)

**Изобарический процесс**

|  |  |
| --- | --- |
|  | *Для него* *P=const*. Диаграмма этого процесса (изобара) изображена на рис.4. Практически он осуществляется, например, при нагревании (процесс 1-2) или охлаждении (процесс 2-1) газа, находящегося в цилиндре с подвижным поршнем, на который действует постоянное внешнее давление.  Учитывая, что для произвольной массы газа *U=(i/2)νRT,* |

PV=νRT, запишем ПНТ в дифференциальной форме для изобарического процесса:

. (15)

Молярная теплоемкость при постоянном давлении

. (16)

Выражение  (17)

называется *уравнением Майера; оно показывает, что CP всегда больше CV на величину универсальной газовой постоянной R.* Это объясняется тем, что для нагревания газа при постоянном давлении требуется еще дополнительное количество теплоты на совершение работы расширения газа.

Отсюда следует, физический смысл универсальной газовой постоянной *R*: *она численно равна работе, совершаемой одним молем идеального газа при его изобарическом нагревании на 1 К.*

С учетом (16) первое начало термодинамики для изобарического процесса имеет вид , (18)

кроме того, ,.

**Изотермический процесс**

*Для него* *Т-const*. Например, процессы кипения, конденсации, плавления и кристаллизации химически чистых веществ происходят при постоянной температуре, если внешнее давление постоянно.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Для идеального газа при *Т=const* выполняется закон Бойля-Мариотта *PV=const*. Диаграмма изотермического процесса (изотерма) изображена на рис.5. Процесс 1-2 соответствует нагреванию газа, а процесс 2-1 – охлаждению его.  Внутренняя энергия идеального газа в изотермическом процессе не изменяется, т.е. =0, так как *Т=const* и *dT=0*. Таким образом из ПНТ () следует, что , т.е. вся теплота, сообщаемая газу, расходуется на |

совершение им работы против внешних сил:

, (19)

где *ν=m/M* – число молей.

Процесс 1-2 (см.рис.5) соответствует изотермическому расширению газа, в этом случае Q12>0 и A12>0. Обратный процесс 2-1 соответствует изотермическому сжатию газа, для него Q12<0 и A12<0.

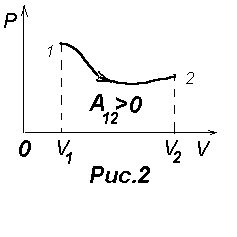
**Работа газа при изменении его объема**

|  |  |
| --- | --- |
| *S*  *Р*  Рис.1 *dl* | Найдем работу, совершаемую газом при изменении его объема, , где *S* – площадь поршня, *Sdl =dV* – изменение объема газа. Таким образом,  . (6) |

Полная работа при расширении газа от объема *V1* до объема *V2*

 (7)

и графически она изображается площадью фигуры, лежащей под кривой *P(V)* (Рис.2). Таким образом, работа не определяется только начальным и конечным состояниями газа, а зависит от всего хода процесса. Следовательно, криволинейный интеграл (7) зависит от пути интегрирования и поэтому подынтегральное выражение  не является полным дифференциалом какой-либо функции состояния газа. С учетом (6) ПНТ можно представить в другой форме .



**Работа расширения газа в изопроцессах**

Работа газа при изобарном расширении:  
http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image008.gif.  
Изменение внутренней энергии:  
http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image010.gif  
Количество полученного тепла в соответствии с первым началом термодинамики:  
http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image012.gif.  
Молярная теплоемкость при изобарном процессе:  
http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image014.gif.

Работа газа при изохорном процессе равна нулю: http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image022.gif.  
Все полученное тепло идет на изменение внутренней энергии в соответствии с первым началом термодинамики:  
http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image024.gif.  
Молярная теплоемкость при изохорном процессе:  
http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image026.gif.

Работа газа при изотермическом расширении:  
http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image034.gif.  
Изменение внутренней энергии при изотермическом процессе равно нулю:  
http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image036.gif.  
Все полученное тепло идет на совершение работы в соответствии с первым началом термодинамики:  
http://physflash.narod.ru/Search/thermodynamics/15_clip_image038.gif.