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

***ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРВОГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ К ОПИСАНИЮ ИЗОПРОЦЕССОВ В ИДЕАЛЬНОМ ГАЗЕ.***

Рассмотрим термодинамическую систему, представляющую собой один моль идеального газа, которая изменяет свое состояние в условиях различных изопроцессов.

**1. Изохорический процесс (V = const)**. Работа в этом процессе, как следует из (4.16), равна нулю. Процесс сводится к теплообмену системы с окружающей средой. Первый закон термодинамики при этом условии принимает вид:

|  |  |
| --- | --- |
| *Q* = Δ*U*. | (4.18) |

Как следует из (4.22), количество теплоты, полученное системой, если она представляет собой один моль идеального газа, равно

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image002.gif. | (4.26) |

Поскольку *CV* > 0 для всех веществ, то знаки *Q* и Δ*Т* совпадают. При *Q* > 0 (энергия подводится к системе) температура системы повышается, т.е. Δ*Т* > 0, при *Q* < 0 система охлаждается, т.е. Δ*Т* < 0.

Если в состав системы входит ν молей идеального газа, то равенство (4.26) представляется в виде:

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image006.gif, | (4.27) |

где *m* – масса газа, μ – его молекулярная масса.

**2. Изобарический процесс (Р = const)**. На основании определения теплоемкости (4.20) количество теплоты *Q*, подведенное к системе в изобарном процессе, для одного моля идеального газа равно:

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image008.gif. | (4.28) |

Поскольку для любой системы *CP* > 0, то при *Q* > 0 (система получает энергию извне) Δ*Т* > 0 и *Т*2 > *T*1, система нагревается. При *Q* < 0 (система отдает энергию окружающей среде) Δ*Т*< 0, *Т*2 < *T*1, система охлаждается. Уравнение (4.28) для ν молей идеального газа записывается в виде:

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image010.gif. | (4.29) |

Найдем работу, которую совершает система в изобарическом процессе, переходя из состояния 1 в состояние 2. Начальное и конечное состояния системы описываются уравнениями

|  |  |
| --- | --- |
| *PV*1 = *RT*1, *PV*2 = *RT*2, | (4.28) |

из которых следует

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image012.gif. | (4.30) |

Обобщение равенства (4.30) для случая молей в системе приводит к результату:

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image014.gif. | (4.31) |

**3. Изотермический процесс**. При изотермическом процессе температура системы не изменяется (Δ*Т* = 0), а, следовательно, ее внутренняя энергия, являясь для идеального газа только функцией температуры, остается постоянной, то есть ее изменение Δ*U* = 0. Это значит, что сообщаемое системе количество теплоты идет на совершение работы.

|  |
| --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image016.gif  Рис. 4.9 |

Найдем работу расширения моля идеального газа в изотермическом процессе. Изотерма в координатах *Р* – *V* представляется гиперболой (рис. 4.9). Как уже было рассмотрено ранее, работу расширения газа от начального объема *V*1 до *V*2 можно найти, используя равенство (4.17):

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image018.gif. |  |

Давление моля идеального газа, как следует из уравнения состояния, равно

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image020.gif. |  |

и выражение для работы принимает вид:

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image022.gif. | (4.32) |

Очевидно, что чем меньшие интервалы изменения объема Δ*Vi* выбираются для вычисления работы, тем точнее будет получено ее значение. Предельный переход в соотношении (4.32) приводит к выражению:

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image024.gif, | (4.33) |

где *V*1 и *V*2 – объемы, занимаемые системой соответственно в начальном и конечном состояниях. Обобщая формулу (4.33) на случай системы, содержащей ν молей газа, получаем равенство:

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image026.gif. | (4.34) |

Пользуясь уравнением изотермического процесса (*PV* = const), равенство (4.34) можно представить через другие параметры состояния системы:

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image028.gif, | (4.35) |

где *Р*1 и *Р*2 – давление газа в начальном и конечном состояниях.

**4. Адиабатический процесс.** Адиабатический процесс – процесс, идущий без теплообмена с окружающей средой. Это значит, что система должна быть теплоизолирована, либо процесс должен протекать так быстро, что за время процесса не происходит теплообмена системы с окружающей средой. Условие адиабатичности процесса означает, что *Q* = 0.

Уравнение первого закона термодинамики для адиабатического процесса принимает вид:

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image030.gif. | (4.36) |

Из последнего соотношения следует, что *А* = – Δ*U* и для одного моля идеального газа равно

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image032.gif. | (4.37) |

Из (4.37) очевидно, что если адиабатически изолированная система подвергается сжатию (внешние силы совершают над системой работу, поэтому работа отрицательна), то Δ*U* > 0. Это означает, что адиабатическое сжатие идеального газа приводит к повышению его температуры. Напротив, адиабатическое расширение идеального газа (работа совершается самой системой, поэтому она положительна) может происходить только за счет уменьшения его внутренней энергии (Δ*U* < 0), поэтому температура газа при его адиабатическом расширении должна понижаться.

Все рассмотренные выше процессы могут быть представлены одним уравнением – уравнением политропического процесса. Политропический процесс – это процесс, идущий с постоянной теплоемкостью. Уравнение политропического процесса имеет вид

|  |  |
| --- | --- |
| http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image034.gif, |  |

где http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/img4_6/image036.gif – показатель политропы.

***Дополнительно:***

[*http://www.eduspb.com/node/1748*](http://www.eduspb.com/node/1748)

[*http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/45b8f4a4-8d15-832e-0c2f-0417bcd32ea4/00149789751523993.htm*](http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/45b8f4a4-8d15-832e-0c2f-0417bcd32ea4/00149789751523993.htm)

[*http://festival.1september.ru/articles/508649/*](http://festival.1september.ru/articles/508649/)

[***http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/93c8106a-e941-a7f6-e7cd-0f4c4585a61f/00144678998852898.htm***](http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/93c8106a-e941-a7f6-e7cd-0f4c4585a61f/00144678998852898.htm)