С помощью уравнения состояния идеального газа можно исследовать процессы, в которых масса газа и один из трёх параметров - давление, объём или температура - остаются неизменными.

Количественные зависимости между двумя параметрами газа при фиксированном значении третьего называют газовыми законами.

Процессы, протекающие при неизменном значении одного из параметров, называют изопроцессами.

Отметим, что в действительности ни один процесс не может протекать при строго фиксированном значении какого-либо параметра. Всегда имеются те или иные воздействия, нарушающие постоянство температуры, давления или объёма. Лишь в лабораторных условиях удаётся поддерживать постоянство того или иного пара­ метра с высокой точностью, но в действующих технических устройствах и в природе это практически неосуществимо. Изопроцесс - это идеализированная модель реального процесса, которая только приближённо отражает действительность.

Изотермический процесс.

Процесс изменения состояния системы макроскопических тел (термодинамической системы) при постоянной температуре называют изотермическим.

Для поддержания температуры газа постоянной необходимо, чтобы он мог обмениваться теплом с большой системой - термостатом. Иначе при сжатии или расширении температура газа будет меняться. Термостатом может служить атмосферный воздух, если температура его заметно не меняется на протяжении всего процесса. Согласно уравнению состояния идеального газа (10.4), если масса газа не изменяется, в любом состоянии с неизменной температурой произведение давления газа на его объём остаётся постоянным.

Этот вывод был сделан английским учёным Р. Бойлем (1627- 1691 ) и несколько позже французским учёным Э. Мариоттом (16 20- 168 4) на основе эксперимента. Поэтому он носит название закона Бойля-Мариотта.

Для газа данной массы при постоянной температуре произведение давления газа на его объём постоянно.

Закон Бойля- Мариотта справедлив обычно для любых газов, а также и для их смесей, например для воздуха. Лишь при давлениях, в несколько сотен раз больших атмосферного, отклонения от этого закона становятся существенными.

Кривую, изображающую зависимость давления газа от объёма при постоянной температуре, называют изотермой.

Изотерма газа изображает обратно пропорциональную зависимость между давлением и объёмом. Кривую такого рода в математике называют гиперболой (рис. 10.1). Различным постоянным температурам соответствуют различные изотермы. При повышении температуры газа давление согласно уравнению состояния (10.4) увеличивается, если V = const. Поэтому изо· терма, соответствующая более высокой температуре Т 2, лежит выше изотермы, соответствующей более низкой температуре Т1 (см. рис. 10.1).

Для того чтобы процесс происходил при постоянной температуре, сжатие или расширение газа должно происходить очень медлен· но. Дело в том, что, например, при сжатии газ нагревается, так как при движении поршня в сосуде скорость и соответственно кинетическая энергия молекул после ударов о поршень увеличиваются, а следовательно, увеличивается и температура газа. Именно поэтому для реализации изотермического процесса надо после небольшого смещения поршня подождать, когда температура газа в сосуде опять станет равной температуре окружающего воздуха.

Кроме этого, отметим, что при быстром сжатии давление под поршнем сразу становится больше, чем во всём сосуде. Если значения давления и температуры в различных точках объёма разные, то в этом случае газ находится в неравновесном состоянии и мы не можем назвать значения температуры и давления, определяющие в данный момент состояние системы. Если систему предоставить самой себе, то температура и давление постепенно выравниваются, система приходит в равновесное состояние.

Равновесное состояние - это состояние, при котором температура и давление во всех точках объёма одинаковы.

Параметры состояния газа могут быть определены, если он находится в равновесном состоянии.

Процесс, при котором все промежуточные состояния газа являются равновесными, называют равновесным процессом.

Очевидно, что на графиках зависимости одного параметра от другого мы можем изображать только равновесные процессы.

Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном давлении называют изобарным.

Согласно уравнению (10.4) в любом состоянии газа с неизменным давлением отношение объёма газа к его температуре остаётся постоянным.

Этот закон был установлен экспериментально в 1802 г. французским учёным Ж. Гей-Люссаком (1778-1850) и носит название закона Гей-Люссака.

Для газа данной массы при постоянном давлении отношение объёма к абсолютной температуре постоянно.

Согласно уравнению (10.7) объём газа при постоянном давлении пропорционален температуре.

Прямую, изображающую зависимость объёма газа от температуры при постоянном давлении, называют изобарой.

Разным давлениям соответствуют разные изо­ бары (рис. 10.2). Проведём на рисунке произвольную изотерму. С ростом давления объём газа при постоянной температуре согласно закону Бойля­ Мариотта уменьшается. Поэтому изобара, соответствующая более высокому давлению р2 , лежит ниже изобары, соответствующей более низкому давлению р1.

В области низких температур все изобары идеального газа сходятся в точке Т = О. Но это не означает, что объём реального газа обращается в нуль. Все газы при сильном охлаждении превращаются в жидкости, а к жидкостям уравнение состояния (10.4) неприменимо. Именно поэтому, начиная с некоторого значения температуры, зависимость объёма от температуры проводится на графике штриховой линией. В действительности таких значений температуры и давления у вещества в газообразном состоянии быть не может.

Изобарным можно считать расширение газа при нагревании его в цилиндре с подвижным поршнем, если внешнее давление постоянно. Давление в цилиндре постоянно и равно сумме атмосферного давления и давления поршня.

Процесс изменения состояния термодинам111ческой системы при постоянном объёме называют изохорным.

Из уравнения состояния (10.4) вытекает, что в любом состоянии газа с неизменным объёмом отношение давления газа к его температуре остаётся постоянным.

Этот газовый закон был установлен в 1787 г. французским физиком Ж. Шарлем (1746- 1823) и носит название закона Шарля.

Для газа данной массы отношение давления к абсолютной температуре постоянно, если объём не меняется.

Согласно уравнению (10.9) давление газа при постоянном объёме пропорционально температуре.

Прямую, изображающую зависимость давления газа от температуры при постоянном объёме, называют изохорой.

Разным объёмам соответствуют разные изохоры. Также проведём на рисунке произвольную изотерму (рис. 10.3). С ростом объёма газа при постоянной температуре давление его, согласно закону Бойля­ Мариотта, падает. Поэтому изохора, соответствующая большему объёму V 2, лежит ниже изохоры, соответствующей меньшему объёму V1.

В соответствии с уравнением (10.10) все изохоры идеального газа начинаются в точке Т = О. Значит, давление идеального газа при абсолютном нуле равно нулю.

Увеличение давления газа в любом сосуде или в электрической лампочке при нагревании можно считать изохорным процессом. Изохорный процесс используется в газовых термометрах постоянного объёма.

В заключение составим опорную схему (рис. 10.4) и покажем логические переходы, связывающие различные законы и уравнения.