15.05.2020

**Рабочее тело. Основные законы идеальных газов.**

**1.Уравнение состояния идеального газа**

В технической термодинамике широко применяют понятие об идеальном газе. Под **идеальным газом** понимают газ, у которого отсутствуют силы взаимодействия между молекулами, а молекулы не имеют объема, т.е. представляют собой материальные точки. Реально такого газа нет, но введение понятия «идеальный газ» позволило составить простые математические зависимости между величинами, характеризующими состояние тела, и на основе законов для идеальных газов создать стройную теорию термодинамических процессов.

Все реальные газы при высоких температурах и малых давлениях почти полностью подходят под понятие “идеальный газ” и практически по свойствам не отличаются от него. Состояние идеального газа – это предельное состояние реального газа, когда давление стремится к нулю.

Параметры идеального газа связаны между собой **уравнением Клапейрона:**

**P v = R T**. (1.1)

Для произвольной массы газа уравнение имеет следующий вид:

**P V = m R T**, (1.2)

где V – полный объем, м**3;**

R – газовая постоянная, Дж / (кг К).

Рассмотрим физическую суть **газовой постоянной**. Для этого выразим ее из уравнения Клапейрона (1.1):

**R = P v / T** (1.3)

или с учетом единиц измерения – Н м / (кг К).

Таким образом, газовая постоянная численно равна работе, которую выполняет 1 кг газа, если повысить его температуру на 1оС. Газовая постоянная не зависит от параметров газа, а зависит от его химического состава и структуры. Значения для различных газов приведены в справочниках.

Рассмотрим уравнение Клапейрона для 1 кмоля газа:

**P v = R T**, (1.4)

где v - объем 1 кмоля, м3 / кмоль;

 - масса 1кмоля (мольная масса), масса, выраженная в килограммах, численно равная атомной массе.

Уравнение (1.4) носит название **уравнения Менделеева- Клапейрона**.

Для определения мольного объема вспомним **закон Авогадро**: при одинаковых температуре и давлении в равных объемах газа содержится одно и то же количество молекул или 1 моль любого газа при нормальных условиях занимает один и тот же объем:

**v = 22.4 л/моль = 22.4 м3/кмоль**. (1.5)

Выразим из уравнения (1.4) произведение R и определим его значение при нормальных условиях:

**R = 101325 \* 22.4 / 273 = 8314 Дж/(кмоль К).**

При подстановке полученной величины в уравнение (1.4) получим вторую формулировку уравнения Менделеева-Клапейрона:

**P v = 8314 T.** (1.6)

Величину R = 8314 Дж/(кмоль К) называют **универсальной газовой постоянной**. Это величина, постоянная для всех газов при нормальных физических условиях, она не зависит от химического состава газа, но в отличие от газовой постоянной зависит от параметров газа.

**2.Смеси идеальных газов**

На производстве редко используют отдельные газы, чаще используют смеси газов. Смеси идеальных газов характеризуются тем, что в них каждый газ ведет себя независимо от других газов. Это подтверждается **законом Дальтона** – каждый газ в смеси газов осуществляет парциальное давление. Парциальное давление отдельного газа газовой смеси – это такое давление, которое имел бы этот газ находясь один в том же количестве, в том же объеме и при той же температуре, что и в смеси:

**Р = Р1 + Р2 + … + Рi ,** (1.7)

т.е. общее давление смеси газов равно сумме парциальных давлений этих газов.

Для характеристики смеси газов используют массовые и объемные доли. **Массовая доля** – отношение массы данного газа (mi) к общей массе смеси (m):

**gi = mi / m.**

**Объемная доля** – отношение объема отдельно взятого газа, входящего в состав смеси, (vi) к общему объему смеси (v):

**ri = vi / v**.

Нетрудно заметить, что

**gi = 1, ri = 1.**

Зависимости между массовыми и объемными долями, полученные на основе закона Авогадро (1.5) и уравнения Менделеева-Клапейрона (1.4), имеют следующий вид:

**gi = ri Rсм / Ri ; ri = gi Ri / Rсм .**

Парциальное давление каждого газа, составляющего смесь, можно определить, зная объемную долю газа ( ri ):

**Pi = ri P .**

Установлено, что смеси идеальных газов полностью подчиняются законам идеальных газов. Их состояние характеризуется уравнением Клапейрона (1.2):

**P Vсм = m Rсм T** , (1.8) где Rсм – газовая постоянная смеси идеальных газов, Дж/ (кг К).

Для определения значения Rсм запишем уравнение Клапейрона для і – го газа:

**Pi vi = mi Ri T** . (1.9)

Выразим массу каждого газа через массовую долю газа gi и общую массу m и подставим в уравнение (1.9):

**mi = m gi ; Pi vi = m gi Ri T.**

Для смеси газов получим:

**Pi Vсм = m T ( gi Ri)** или **P Vсм= m Т (gi Ri) .** (1.10) При сравнении уравнений (1.8) и (1.10) получим выражение для определения газовой постоянной смеси:

**Rсм = ( gi Ri).**

Газовая постоянная смеси равна алгебраической сумме произведений массовых долей газов, составляющих смесь, на их газовые постоянные.

Газовую постоянную смеси можно определить и через универсальную газовую постоянную:

**Rсм = 8314 /μсм ; Rсм = 8314 (gi / і),**

где μсм – молекулярная масса смеси газов, кг / кмоль;

μі - молекулярная масса отдельного газа, кг / кмоль.

Молекулярная масса смеси газов равна алгебраической сумме произведений объемных долей отдельных газов (**ri**), входящих в смесь, на их молекулярные массы (**ri**):

**см = (ri i ).**

**3.Теплоемкость идеального газа**

 **Теплоемкость** – это количество тепла, необходимое для

нагрева тела на один градус. Удельная теплоемкость – количество тепла, необходимое для нагревания единицы количества вещества на один градус. В зависимости от единиц измерения количества вещества различают :

 массовую теплоемкость – С , Дж / (кг К);

 объемную теплоемкость – С**’**, Дж / (м3 К);

мольную теплоемкость - С , Дж / (кмоль К).

Между различными видами теплоемкостей существует следующая зависимость:

**С’ = С / 22.4 ; С = С С = С’ /**

**/**

**;**

**.**

Различают среднюю (С) и истинную (С) теплоемкость:

**С = q1-2 / (t2 – t1) , С = lim ( / = dq / dt = dq / dT,**

где q1-2 – теплота, подводимая к газу в процессе нагревания от температуры t1 до температуры t2 .

**q**

**t)**

Истинная теплоемкость – первая производная от количества теплоты, подводимой в процессе нагрева к телу, по его температуре.

Теплоемкость газа не постоянна. Она зависит от температуры и давления. Влияние давления на теплоемкость газов незначительное, поэтому обычно учитывают только влияние температуры.

Зависимости средней теплоемкости от температуры:

 если тело нагревается от 0 до некоторой температуры t -

**С = a + b t / 2**;

 если тело нагревается от температуры t1 до температуры t2 -

**С = a + b (t1 + t2)** ,

где a, b, – коэффициенты, зависящие от природы газа, определяются экспериментально и приводятся в справочных таблицах.

Количество теплоты, необходимое на нагрев тела, можно определить следующим образом:

**Q = m С (t2 - t1).**

Теплоемкость зависит от способа подвода теплоты к газу. Чаще всего используют 2 способа:

 при V = const ( изохорный процесс ) - Cv;

 при P = const ( изобарный процесс ) - Ср.

Теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме связаны между собой следующими соотношениями:

**Ср = Cv + R ; Ср / Cv = к ,** (1.11)

где R - газовая постоянная, Дж /( кг К);

к - показатель адиабаты , зависит от количества атомов в молекуле газа: для одноатомных газов - к = 1.66; для двухатомных газов - к = 1.4; для трех- и многоатомных - к = 1.33 .

Анализ уравнений (1.11) показывает, что во время нагревания газа при P=const затрачивается тепла больше, чем при V=const.

Значение теплоемкости приближенно можно рассчитать следующим образом:

**CV = R / (К - 1) ; CP = К R / (К – 1).**

Массовую Ссм и объемную С’см теплоемость газовых смесей определяют по формулам:

**Cсм = Σ (Ci gi ) ; C’см= Σ (C’i ri ) ,**

где Ci – массовая теплоемкость отдельного газа, Дж / (кг К); gi – массовые доли газов, составляющих смесь;

C’i – объемная теплоемкость отдельного газа, Дж / (м3 К); ri – объемные доли газов, составляющих смесь.

**Контрольные вопросы**

1. Какие виды давлений Вы знаете и какой из них используется в качестве термодинамического параметра?
2. С какой целью введено понятие «идеальный газ»?
3. Что характеризует уравнение Клапейрона? В чем заключается физическая суть газовой постоянной?
4. Газовая постоянная и универсальная газовая постоянная, отличие и связь между ними.
5. Охарактеризуйте особенности смесей идеальных газов и их основные характеристики.
6. В чем причина такого многообразия видов теплоемкостей?

**Задание на дом.**

1.Изучить теоретический материал

2. Ответьте на контрольные вопросы (письменно)

Выполненное задание присылать на адрес электронной почты saschabgsha1981@yandex.ru с пометкой в теме письма:

**Идеальный газ ФИО гр.31**