

Ответы по физике

Яна Никитенко

June 2024

1 Вопросы для самостоятельного изучения

Фазовые превращения.

Под фазой понимается любое физическое однородное тело. А в физике «телом» можно назвать и воздух, и воду, и ртуть, и твердое тело, т.е. любое вещество, занимающее определенный объем.

Соприкасающиеся фазы могут превращаться (переходить) друг в друга. Переход вещества из одной фазы в другую называется фазовым переходом или фазовым превращением. Существуют следующие фазовые переходы:

1. жидкость \leftrightarrow пар;
2. жидкость \leftrightarrow твердое тело;
3. твердое тело \leftrightarrow пар

Фазовые переходы первого и второго рода.

Фазовые переходы первого рода — фазовые переходы, при которых скачком изменяются первые производные термодинамических потенциалов по интенсивным параметрам системы (температуре или давлению). Переходы первого рода реализуются как при переходе системы из одного агрегатного состояния в другое, так и в пределах одного агрегатного состояния (в отличие от фазовых переходов второго рода, которые происходят в пределах одного агрегатного состояния).

Фазовые переходы второго рода — это фазовые превращения, происходящие без поглощения или выделения скрытой теплоты перехода и без изменения удельного объема. К фазовым переходам второго рода относятся:

1. явление сверхтекучести, а именно переход гелия I в гелий II;
2. переход металлов в сверхпроводящее состояние;
3. переход вещества при определенной температуре из ферромагнитного состояния в парамагнитное.

Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.

$$(V_2 - V_3)dP = Q \frac{dT}{T}$$

$$\frac{dP}{dT} = \frac{Q}{T(V_2 - V_3)}$$

Уравнение – это уравнение Клайперона - Клаузиуса, оно определяет наклон кривой фазового равновесия. В формуле (Q - количество тепла, которое подведено на участке АВ. Это тепло пошло на испарение жидкости. Значит $Q = m\lambda$, где m – масса испарившейся части жидкости на участке А - > В, а λ – удельная теплота испарения. Уравнение Клайперона - Клаузиуса, как ясно из вывода, справедливо не только для испарения, но и для других фазовых превращений, сопровождающихся поглощением или выделением тепла, например для плавления, сублимации (возгонки) и т.п.

Реальные газы.

При низких температурах и высоких давлениях поведение газаначинает существенно отличаться от идеального. С повышением плотности газа процессы столкновений играют все большую роль, так что размерами молекул и их взаимодействием уже нельзя пренебречь. Такой газ называется реальным газом (неидеальным).

Для описания поведения реальных газов предложено много различных уравнений. Одним из наиболее общих и обоснованных подходов к разработке уравнения состояния реальных газов основан на так называемом вириальном разложении по степеням V, обычно называемом вириальным уравнением состояния, которое для одного моля газа имеет вид:

$$PV = RT(1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \dots)$$

Уравнение Ван-дер-Ваальса.

Уравнение Ван-дер-Ваальса, которое для одного моля имеет вид:

$$(p + \frac{a}{Vm^2})(Vm - b) = RT$$

$$p = \frac{RT}{Vm-b} - (\frac{a}{Vm^2})$$

Для ν молей уравнение Ван-дер-Ваальса записывается в виде:

$$p + (\frac{V^2 a}{V^2})(\frac{V}{v} - b) = RT$$

Изотермы реального газа.

Изотермы реального газа изображают зависимость давления от объема при постоянной температуре. Для реальных газов изотермы обычно не являются идеальными гиперболами, как в случае идеального газа, из-за взаимодействия между молекулами газа.

На графике изотерм реального газа можно увидеть наличие отклонений от идеального поведения. Например, на низких давлениях реальные газы могут показывать больший объем, чем предсказывает уравнение состояния идеального газа (уравнение Ван-дер-Ваальса или другие модификации).

Эти отклонения связаны с силами притяжения и отталкивания между молекулами газа, которые не учитываются в идеальной модели. В результате изотермы реального газа могут иметь выпуклые или вогнутые участки

в зависимости от конкретных условий.

Внутренняя энергия реального газа.

Внутренняя энергия идеального газа определяется кинетической энергией теплового движения молекул и для одного моля вещества выражается формулой $U_m = C_V T$. Внутренняя энергия реального газа включает в себя кинетическую энергию теплового движения молекул и потенциальную энергию их взаимодействия. Потенциальная энергия реального газа обусловлена только силами притяжения молекул, обуславливающими внутреннее давление $p' = \frac{a}{V^2}$. Поэтому часть внутренней энергии, обусловленной межмолекулярным взаимодействием, может быть вычислена как работа, совершаемая по преодолению сил внутреннего давления т.е.

$$dU_m = \delta A = p' dV = \frac{a}{V^2} dV$$

откуда

$$U_m = -\frac{a}{V}$$

нак минус в этом выражении указывает, что межмолекулярные силы, создающие внутреннее давление, являются силами притяжения. С учетом обеих составляющих внутренняя энергия реального газа выражается в виде:

$$U_m = C_V T - \frac{a}{V_m}$$

она растёт тс повышением температуры и увеличением объема.

Эффект Джоуля – Томсона.

Этот эффект наблюдается при расширении реального газа через пористую перегородку или вентиль при постоянном давлении. При этом газ испытывает изменение температуры.

Суть эффекта заключается в том, что при прохождении газа через пористую перегородку при постоянном давлении происходит изменение его температуры. Если газ охлаждается в результате этого процесса, то говорят о положительном эффекте Джоуля-Томсона. Если газ нагревается, то об эффекте говорят как о отрицательном.

Этот эффект играет важную роль в промышленности, например, в производстве жидкого кислорода и азота. Он также используется в технике для создания холодильных установок и кондиционеров.

Интересно, что для различных газов эффект Джоуля-Томсона может быть как положительным, так и отрицательным, в зависимости от их свойств и условий эксперимента.