При сжатии пара равновесие начнёт нарушаться. Плотность пара в первый момент немного увеличится, и из газа в жидкость начнёт переходить большее число молекул, чем из жидкости в газ. Ведь число молекул, покидающих жидкость в единицу времени, зависит только от температуры, и сжатие пара это число не меняет. Процесс продолжается до тех пор, пока вновь не установится динамическое равновесие и плотность пара, а значит, и концентрация его молекул не примут прежних своих значений. Следовательно, концентрация молекул насыщенного пара при постоянной температуре не зависит от его объёма.

Так как давление пропорционально концентрации молекул из этого определения следует, что, то давление насыщенного пара не зависит от занимаемого им объёма.

Давление пара, при котором жидкость находится в равновесии со своим паром, называют давлением насыщенного пара.

При сжатии насыщенного пара всё большая часть его переходит в жидкое состояние. Жидкость данной массы занимает меньший объём, чем пар той же массы. В результате объём пара при неизменной его плотности уменьшается.

Отметим ещё один важный факт.

Газовые законы для насыщенного пара несправедливы (при любом объёме при постоянной температуре давление насыщенного пара одинаково). В то же время состояние насыщенного пара достаточно точно описывается уравнением Менделеева-Клапейрона.

Если пар постепенно сжимают при постоянной температуре, а превращение его в жидкость не происходит, то такой пар называют ненасыщенным.

При уменьшении объёма (рис. 11.1) давление ненасыщенного пара увеличивается (учас1·ок 1 - 2) подобно тому, как изменяется давление при уменьшении объёма идеального газа. При определённом объёме пар становится насыщенным, и при дальнейшем его сжатии происходит превращение его в жидкость (участок 2- 3 ). В этом случае над жидкостью уже будет находиться насыщенный пар.

Как только весь пар превратится в жидкость, дальнейшее уменьшение объёма вы зове, резкое увеличение давления (жидкость малосжимаема).

Однако пар превращается в жидкость не при любой темпера туре. Если температура выше некоторого значения, то, как бы мы ни сжимали газ, он никогда не превратится в жидкость.

Максимальная температура, при которой пар ещё может превратиться в жидкость, называется критической температурой.

Каждому веществу соответствует своя критическая температура, у гелия, у азота.

Состояние вещества при температуре выше критической называется газом; при температуре ниже критической, когда у пара есть возможность превратиться в жидкость, - паром.

Свойства насыщенного и ненасыщенного пара различны.

Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Состояние насыщенного пара, как показывает опыт, приближённо описывается уравнением состояния идеального газа (10.4), а его давление определяется формулой.

С ростом температуры давление растёт.

Так как давление насыщенного пара не зависит от объёма, то, следовательно, оно зависит только от температуры.

Однако зависимость давления от температуры Т, найденная экспериментально, не является прямо пропорциональной, как у идеального газа при постоянном объёме. С увеличением температуры давление реального насыщенного пара растёт быстрее, чем давление идеального газа (рис. 11.2, участок кривой АВ). Это становится очевидным, если провести изохоры идеального газа через точки А и В (штриховые прямые). Почему это происходит?

При нагревании жидкости в закрытом сосуде часть жидкости превращается в пар. В результате согласно формуле (11.1), давление насыщенного пара растёт не только вследствие повышения температуры жидкости, но и вследствие увеличения концентрации молекул (плотности) пара.

В основном увеличение давления при повышении температуры определяется именно увеличением концентрации. Главное различие в поведении идеального газа и насыщенного пара состоит в том, что при изменен температуры пара в закрытом сосуде (или при изменении объёма при постоянной температуре) изменяется масса пара.

Жидкость частично превращается в пар, или, напротив, пар частично конденсируется . С идеальным газом ничего подобного не происходит. Когда вся жидкость испарится, пар при дальнейшем нагревании перестанет быть насыщенным и его давление при постоянном объёме будет возрастать прямо пропорционально абсолютной температуре (см. рис. 11.2, участок кривой ВС).

Кипение. По мере увеличения температуры жидкости интенсивность испарения увеличивается. Наконец, жидкость начинает кипеть. При кипении по всему объёму жидкости образуются быстро растущие пузырьки пара, которые всплывают на поверхность.

Кипение - это процесс парообразования, происходящий по всему объёму жидкости при температуре кипения.

Температура кипения жидкости остаётся постоянной. Это происходит потому, что вся подводимая к жидкости энергия расходуется на превращение её в пар.

В жидкости всегда присутствуют растворённые газы, выделяющиеся на дне и стенках сосуда, а также на взвешенных в жидкости пылинках, которые являются центрами парообразования. Пары жидкости, находящиеся внутри пузырьков, являются насыщенными. С увеличением температуры давление насыщенных паров возрастает и пузырьки увеличиваются в размерах. Под действием выталкивающей силы они всплывают вверх. Если верхние слои жидкости имеют более низкую температуру, то в этих слоях происходит конденсация пара в пузырьках. Давление стремительно падает, и пузырьки захлопываются. Захлопывание происходит настолько быстро, что стенки пузырька, сталкиваясь, производят нечто вроде взрыва. Множество таких микровзрывов создаёт характерный шум. Когда жидкость достаточно прогреется, пузырьки перестанут захлопываться и всплывут на поверхность. Жидкость закипит.

Зависимость давления насыщенного пара от температуры объясняет, почему температура кипения жидкости зависит от давления на её поверхность. Пузырёк пара может расти, когда давление насыщенного пара внутри его немного превосходит давление в жидкости, которое складывается из давления воздуха на поверхность жидкости (внешнее давление) и гидростатического давления столба жидкости.

Обратим внимание на то, что испарение жидкости происходит и при температурах, меньших темпера­ туры кипения, на только с поверхности жидкости, при кипении же образование пара происходит по всему объёму жидкости.

Кипение начинается при температуре, при которой давление насыщенного пара в пузырьках сравнивается и становится чуть больше давления в жидкости.

Чем больше внешнее давление, тем выше температура кипения.

Так, в паровом котле при давлении, достигающем 1,6 · 106 Па, вода не кипит и при температуре 200 °С. В медицинских учреждениях в герметически закрытых сосудах - автоклавах (рис. 11.3) кипение воды также происходит при повышенном давлении. Поэтому температура кипения жидкости значительно выше 100 °С. Автоклавы применяют, например, для стерилизации хирургических инструментов, ускорения приготовления пищи (скороварка), консервации пищи, проведения химических реакций.

И наоборот, уменьшая внешнее давление, мы тем самым понижаем температуру кипения.

Откачивая насосом воздух и пары воды из колбы, можно заставить воду кипеть при комнатной темпера­ туре. При подъёме в горы атмосферное давление уменьшается, поэтому уменьшается температура кипения. На высоте 7134 м (пик Ленина на Памире) давление приближённо равно 4 · 104 Па (300 мм рт. ст.). Вода кипит там примерно при 70 °С. Сварить мясо в этих условиях невозможно.

У каждой жидкости своя температура кипения, которая зависит от свойств жидкости. При одной и той же температуре давление насыщенного пара разных жидкостей различно.

Например, при температуре 100 °С давление насыщенных паров воды равно 101 325 Па (760 мм рт. ст.), а паров ртути - всего лишь 117 Па (0,88 мм рт. ст.). Так как кипение происходит при той же температуре, при которой давление насыщенного пара равно внешнему давлению, то вода при 100 °С закипает, а ртуть нет. Кипит ртуть при температуре 357 °С при нормальном давлении.