

Из последних двух формул следует

$$\alpha = \frac{V_{\text{ог}}}{\pi d n}. \quad (14.24)$$

Диаметр d «шейки» капли находят либо путем фотографирования процесса отрыва капель, либо путем наблюдения этого процесса в теневой проекции.

Другие методы определения α основаны на измерении силы, необходимой для отрыва кольца или пластины от поверхности смачивающей их жидкости, на измерении высоты поднятия жидкости в капиллярах, давления внутри газового пузырька и т. д.

§ 14.7. Давление насыщенных паров над искривленной поверхностью жидкости

1. **Насыщенным паром** называют пар, находящийся в термодинамическом равновесии с жидкостью или твердым телом, имеющими тот же химический состав. Между жидкостью и ее насыщенным паром существует динамическое («подвижное») равновесие: число молекул, вырывающихся за единицу времени из жидкости и переходящих в паровую фазу, равно числу молекул пара, возвращающихся в жидкость за то же время.

Таким образом, непрерывно совершаются два взаимно компенсирующих друг друга процесса — испарение жидкости и конденсация пара.

Силы взаимного притяжения между молекулами жидкости противодействуют переходу молекул из жидкости в пар. Поэтому «испаряться» могут лишь наиболее быстро движущиеся молекулы, кинетическая энергия которых достаточна для совершения работы против сил притяжения этих молекул другими частицами жидкости. Эту работу можно назвать работой выхода молекул из жидкости. С повышением температуры увеличиваются скорости молекул и соответственно возрастает интенсивность испарения. При этом должен усилиться и компенсирующий процесс конденсации пара, идущий тем интенсивнее, чем больше концентрация молекул в паре, т. е. чем больше его давление. Следовательно, с повышением температуры жидкости давление ее насыщенного пара возрастает.

2 Работа выхода для молекулы, находящейся на поверхности жидкости,

$$A = \int_0^{\infty} F \cdot dx,$$

где F — численное значение силы притяжения рассматриваемой молекулы остальными частицами жидкости, а x — расстояние, измеряемое от поверхности жидкости по нормали к ней

Поскольку при $x \geq R_m$ (R_m — радиус молекулярного действия) $F = 0$, выражение для A можно упростить:

$$A = \int_0^{R_m} F \cdot dx, \quad (14.25)$$

где F — сила притяжения молекулы только теми частицами жидкости, которые находятся в сфере ее молекулярного действия. При одном и том же расстоянии x от молекулы до поверхности жидкости, сила F зависит от формы этой поверхности. На рис. 14.11 показаны случаи

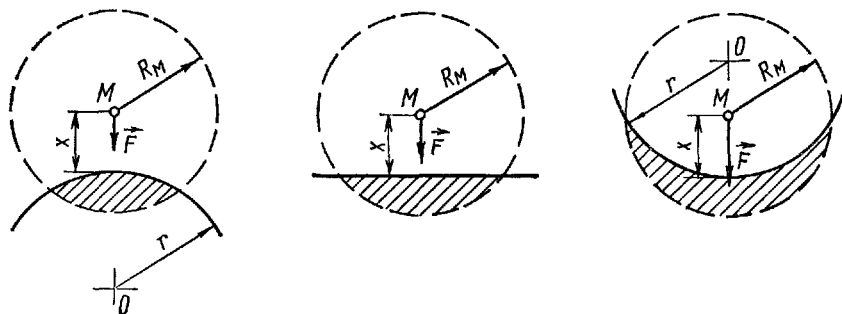


Рис 14.11.

плоской поверхности, а также выпуклого и вогнутого менисков, имеющих радиус кривизны r . Точка O — центр кривизны мениска. Во всех трех случаях пунктиром показана сфера молекулярного действия молекулы M , переходящей из жидкости в паровую фазу, т. е. совершающей работу выхода A . Заштрихованная часть этой сферы заключена внутри жидкости. Общее число n находящихся в ней молекул жидкости пропорционально ее объему. Из рис. 14.11 видно, что при одном и том же расстоянии x число молекул n , а следовательно, и сила F в случае вогнутого мениска больше, а в случае выпуклого — меньше, чем при плоской поверхности.

По формуле (14.25) работа выхода также должна зависеть от формы поверхности жидкости:

$$A_{\text{вогн}} > A_{\text{пл}} > A_{\text{вып.}}$$

Следовательно, интенсивность испарения с вогнутой поверхности жидкости меньше, а с выпуклой больше, чем с плоской. Поэтому и давление насыщенного пара зависит от формы мениска:

$$p_{\text{вогн}} < p_{\text{пл}} < p_{\text{вып.}} \quad (14.26)$$

Это различие тем больше, чем меньше радиус кривизны свободной поверхности жидкости. Зависимостью давления насыщенного пара от

кривизны поверхности жидкости обусловлен рост крупных капель дождя за счет испарения более мелких; отсыревание пористых тел, смачиваемых водой, и другие явления.

§ 14.8. Кипение жидкостей

1. В § 13.3 мы кратко говорили о кипении жидкости, не вдаваясь в выяснение сущности этого явления. Кипением называют процесс интенсивного испарения жидкости не только с ее свободной поверхности, но и по всему объему жидкости внутри образующихся при этом пузырьков пара. Пузырьки пара в кипящей жидкости быстро увеличиваются в размерах и, всплывая на поверхность, лопаются. Вследствие этого возникает характерное бурление кипящей жидкости.

Давление p внутри газового пузыря, находящегося в жидкости, представляет собой сумму внешнего давления p_0 , гидростатического давления вышележащих слоев жидкости $p_{ж}$ и добавочного давления Δp , вызываемого поверхностным натяжением:

$$p = p_0 + p_{ж} + \Delta p, \quad (14.27)$$

причем

$$p_{ж} = \rho gh \quad \text{и} \quad \Delta p = \frac{2\alpha}{r},$$

где r — радиус пузырька пара, h — расстояние от его центра до поверхности жидкости, а ρ и α — плотность и коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

Рост пузырьков пара, т. е. кипение жидкости, возможно только в том случае, когда температура жидкости такова, что давление p_n насыщенного пара внутри пузырька не меньше давления p , вычисляемого по формуле (14.27):

$$p_n \geq p_0 + \rho gh + \frac{2\alpha}{r}. \quad (14.28)$$

Если условие (14.28) не выполнено, происходит «захлопывание» пузырька и конденсация находящегося в нем пара.

Из (14.28) видно, что при малых размерах r пузырьков пара давление p_n должно быть велико. Поэтому, для того чтобы началось кипение, жидкость нужно нагреть до высокой температуры. Кипение возникает при значительно более низкой температуре, если в жидкости имеются пылинки, пузырьки растворенных газов, бугорки шероховатости на стенках сосуда и другие центры паробразования. Дело в том, что возникающие на этих центрах пузырьки пара уже с самого начала имеют такой радиус кривизны, что влияние третьего члена в правой части неравенства (14.28) невелико. Поэтому кипение может начинаться при меньших значениях температуры.

Обычно, когда начинается кипение жидкости, в ней имеются такие центры паробразования, что $\Delta p = 2\alpha/r$ мало, высота сосуда