

ческого давления клеток многих растений составляет 5 — 20 атм. Только благодаря этому вода из почвы может поступать на большую высоту по стволам деревьев (например, эвкалиптов). Величина осмотического давления крови человека составляет 7,6 — 7,9 атм. Однако разность осмотических давлений крови и лимфы, имеющая значение для перехода воды между ними, составляет всего 0,03 — 0,04 атм. Вообще, благодаря наличию сложных механизмов регулирования, клетки обладают лишь незначительно повышенным или равным осмотическим давлением по отношению к омывающим их внутренним жидкостям организма. Падение осмотического давления в клетках, например при обезвоживании организма, приводит к их коллапсу. Обессоливание организма может повести к набуханию и разрыву клеток (осмотический шок).

### § 125. Закон Рауля

Если в жидкости растворено нелетучее вещество, то свободная поверхность жидкости будет вести себя как полупроницаемая перегородка. Через нее могут свободно проходить молекулы растворителя, но не могут проходить молекулы растворенного вещества. Легко понять, что при одной и той же температуре давление насыщенного пара над раствором будет меньше, чем над растворителем. Убедиться в этом и вычислить величину понижения давления насыщенного пара можно с помощью тех же рассуждений, какие мы применяли в § 118 при исследовании зависимости давления насыщенного пара от кривизны поверхности жидкости.

Пусть раствор помещен в сосуде осмометра, и вся система покрыта сверху колпаком (рис. 144). Обозначим  $P_0$  давление насыщенного пара над поверхностью растворителя, а  $P$  — давление над поверхностью раствора в трубке осмометра. В состоянии равновесия давление насыщенного пара в трубке осмометра должно равняться давлению насыщенного пара снаружи на той же высоте. Если бы это было не так, то с помощью осмометра, как это следует из рассуждений § 118, можно было бы осуществить перпетуум мобиле второго рода. Таким образом, если пренебречь изменением плотности пара в пределах высоты  $h$ , то должно быть  $P_0 - P = \rho_{\text{п}}gh$ . Кроме того,  $P_{\text{осм}} = \rho_{\text{ж}}gh$ . Из этих соотношений получаем

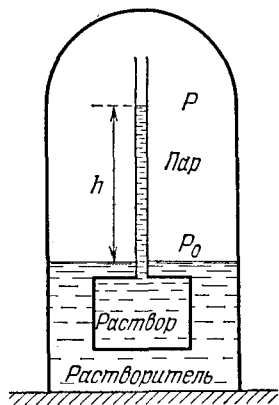


Рис. 144.

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} \frac{P_{\text{осм}}}{P_0}.$$

Если раствор слабый, то различием между плотностью раствора и растворителя можно пренебречь. В этом приближении  $\rho_{\text{п}}/\rho_{\text{ж}} = n_{\text{п}}/n$ , где  $n_{\text{п}}$  — число молекул пара, а  $n$  — растворителя в единице объема. Кроме того, по закону Вант Гоффа  $P_{\text{осм}} = n'kT$ , а по уравнению Клапейрона  $P_0 = nkT$  ( $n'$  — число молекул растворенного вещества в единице объема раствора). Используя эти соотношения, нетрудно получить

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{n'}{n} = \frac{v'}{v}, \quad (125.1)$$

где  $v'$  и  $v$  — числа молей растворенного вещества и растворителя в единице объема раствора. Таким образом, *относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над поверхностью слабого раствора нелетучего вещества равно отношению числа молей растворенного вещества к числу молей растворителя*. Этот закон был установлен французским химиком Раулем (1830—1901) и носит его имя.

## § 126. Повышение точки кипения и понижение точки замораживания раствора

1. Пусть  $AB$  — кривая испарения чистого растворителя (рис. 145). Кривая испарения  $A'B'$  для насыщенного раствора нелетучего вещества должна идти ниже, так как давление насыщенного пара над раствором ниже, чем над чистым растворителем. Пусть  $P$  означает внешнее давление. Поддерживая его постоянным, будем нагревать растворитель и раствор, т. е. изменять их состояние вдоль изобары  $AC$ . В точках  $A$  и  $A'$ , где изобара пересекает кривые испарения растворителя и раствора, эти жидкости закипят. Обозначим температуры этих точек через  $T$  и  $T'$  соответственно. Мы видим, что *при одном и том же давлении температура кипения раствора  $T'$  выше температуры кипения чистого растворителя  $T$* .

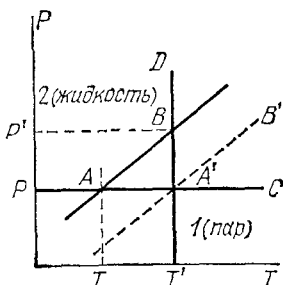


Рис. 145.

Для вычисления  $T'$  через точку  $A'$  проведем изотерму  $A'D$ . Она пересечет кривую испарения чистого растворителя в точке  $B$ , давление в которой обозначим через  $P'$ . Очевидно,  $T'$  будет температурой кипения чистого растворителя под давлением  $P'$ . Если раствор слабый, то стороны треугольника  $AA'B$  можно считать прямолинейными. По закону Рауля

$$\frac{P' - P}{P'} = \frac{v'}{v}.$$