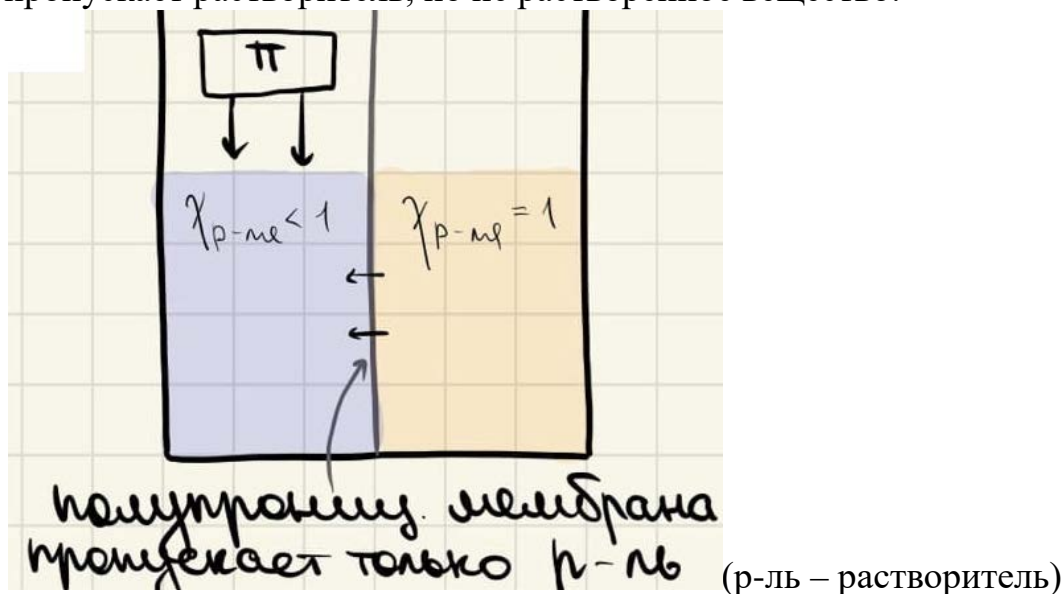


Химический потенциал – сложная абстрактная тема, вызывающая трудности. Все объясняют её по-разному. Я предлагаю сначала обсудить её на качественном уровне, через осмос, а потом перейти к формулкам.

Представим себе, что в раствор засовываем полупроницаемую мембрану. Она пропускает растворитель, но не растворённое вещество:



Вот вся эта картина называется осмосом.

Если изначально концентрации были не равны, то растворитель стремится перетечь так, чтобы выравнять концентрации (например, на рисунке он захочет перетечь справа налево).

Ну, у меня на первом курсе один чел ушёл с ФФ в национальный теологический (который на Каширской), потому что там больше девушек. Вот то же: концентрации девушек и парней больше, и они стремятся выравняться ☺

Из-за перетекания растворителя в левом сосуде создаётся избыточное давление, которое можно померить, давя на левый сосуд поршнем сверху (надо рисунке это давление обозначено как  $\pi$ ). Если мы приложим достаточно большое давление сверху, то процесс перетекания остановится. Это давление  $\pi$  и называется осмотическим. (Строгое определение: осмотическое давление – давление, которое надо приложить прямо сейчас, чтобы остановить перетекание растворителя).

Этого нет на ТД и статах, но для общего развития вот вам формула для него:

$$\pi = \underset{\text{вещ-ва}}{C_{p-ль}} R T i$$

Она содержит моляр растворённого вещества (это термин из физхимии,  $C_i = n_i/V_{\text{раствора}}$  в ЛИТРАХ), универсальную газовую постоянную, температуру и коэф подгона  $i$  (по теории его быть не должно, а в эксперименте есть), который называется изотомическим коэффициентом.

Да, и так как я уже сказал, т.к. растворитель перетекает, в дополнение ко всему стенка может деформироваться, если она не абсолютно жёсткая. Например, если мы съедем слишком много соли, то полупроницаемые мембраны клеток (для воды, но не для соли) начнут изгибаться под действием осмотического давления, которое потребует выравнить концентрацию соли в организме. Вода будет течь из клеток наружу (в пространство, которое пересолено и его нужно разбавить!), клетки сожмутся и будет плохо. (А если полностью исключить соль, то клетки, наоборот, разбухнут и тоже будет плохо).

Ещё пример: если мы возьмём немного белорусской бульбы и сварим её без соли, то получим нечто безвкусное и водянистое. А если мы посолим воду в кастрюле, то на границе куска картошки возникнет осмотическое давление (вода может переходить из картошки в воду и обратно, соль нет!), которое сожмёт картошку, выкачав из неё лишнюю воду, и концентрация собственных вкусовых веществ картошки повысится, что и почувствует наш язык – картошка станет вкуснее, хотя соль в неё так и не попадёт (если сваренную в солёной воде картошку хорошенько промыть, удалив с её поверхности всю соль, она будет несолёной, но высушенной и поэтому всё равно вкусной).

Продолжаем рассуждать. А как количественно описать это «стремление к равновесной концентрации»? Через равенство концентраций? Не годится – «оптимальная» концентрация для каждой фазы может быть своя (вспомним насыщенный пар над жидкой водой, хотя разница концентраций налицо).

И вот специально для этого вводят понятие химического потенциала, который обозначается буквой  $\mu$ .

*Система из нескольких фаз находится в равновесии, если на границе двух фаз, 1-й и 2-й*

*1-я фаза      граница      2-я фаза*

*непрерывна и давление, и температура, и хим. потенциал:*

$$p_1 = p_2; \quad T_1 = T_2; \quad \mu_1 = \mu_2.$$

Если не равны давления, начинается выдавливание одной фазой другой. Если не равны температуры – поток тепла. Если не равны химические потенциалы – возникает движение частиц через границу, чтобы их уравнять – соль идёт через поверхность картошки, а мой знакомый ушёл в МИФягу ☺

А теперь напишем формулки. Наличие химического потенциала меняет фундаментальные уравнения Гиббса, добавляя в них дополнительное слагаемое

$$dU = TdS - pdV + \sum_{i=1}^N \mu_i dn_i$$

$$dH = TdS + Vdp + \sum_{i=1}^N \mu_i dn_i$$

$$dF = -SdT - pdV + \sum_{i=1}^N \mu_i dn_i$$

$$dG = -SdT + Vdp + \sum_{i=1}^N \mu_i dn_i$$

В курсе ТД на ФФ в 7-м семестре вот это слагаемое  $\sum_{i=1}^N \mu_i dn_i$  пишется изначально. Это вырождается в постоянное мелькание  $N$  во всяких теплоёмкостях. К счастью, в 100% задач и 80% теорвопросов  $N$  фиксировано, так что можно и нужно его не писать. Как можно понять, мы сейчас в 20% теорвопросах ☺

Обычно используют последнее уравнение. Используя его, можно дать количественное определение химического потенциала: это частная производная

$$\mu_i = \left. \frac{\partial G}{\partial n_i} \right|_{p, T, n_j (j \neq i)}$$

Гиббса по  $n_i$  при постоянных  $p$ ,  $T$  и остальных

количествах вещества.

Не, ну если вам не нравится Гиббс, можете взять вместо него, например, нашу любимую внутреннюю энергию  $U$ . Только тогда постоянными должны быть уже

$$\mu_i = \left. \frac{\partial U}{\partial n_i} \right|_{V, S, n_j (j \neq i)}$$

не давление и температура, объём и энтропия:

поддерживать экспериментально энтропию... эээ, да как это вообще осуществить?). Поэтому мы и любим Гиббса.