

Мыльная опера

1) ПАВ (поверхностно-активные вещества) – это вещества, которые самопроизвольно концентрируются на поверхности раздела фаз и снижают межфазное поверхностное натяжение. В общем случае частицы ПАВ дифильное строение, то есть состоят из полярной группы и неполярного углеводородного радикала.

50% ПАВ применяется в бытовой химии (моющие и чистящие средства, косметические препараты). Кроме того, ПАВ используются в следующих процессах:

- диспергирование с образованием наночастиц и наносистем, а также для их стабилизации;
- регулирование структурообразования и устойчивости дисперсных систем (производство стройматериалов, реология почв, бурение);
- управление процессом смачивания (флотация, разделение и концентрирование горных пород, руд и минералов).

2) Обыкновенное мыло представляет собой соль, хорошо растворимую в воде и диссоциирующую на ионы. Стеарат-анион намного больше по размерам, чем катион натрия, и содержит гидрофильную (гидроксильная группа) и гидрофобную (углеводородный радикал) части. Моющее действие мыла в общем заключается в следующем:

а) стеарат-анионы располагаются вдоль поверхности раздела мыльный раствор-воздух, ориентируясь гидрофильными частями к раствору, а гидрофобными – на воздух. В результате поверхностное натяжение мыльного раствора по сравнению с чистой водой сильно снижается, и мыльный раствор существенно легче смачивает загрязнения. В частности, поверхностное натяжение чистой воды при температуре 293 К составляет 72.75 мДж/м^2 , а для 0.005 молярного раствора мыла эта величина уже равна 30 мДж/м^2 , т.е. почти в 2.5 раза меньше.

б) при некоторой концентрации мыла (так называемой ККМ – критической концентрации мицеллообразования) анионы мыла образуют в растворе мицеллы, то есть наноразмерные агрегаты. На первом этапе мицеллы адсорбируются на поверхности частиц загрязнений, а на втором частицы загрязнений внедряются в мицеллы и переходят вместе с ними в раствор (так называемая солубилизация, то есть растворение нерастворимых веществ в присутствии поверхностно-активных добавок).

в) важную роль в моющем действии обыкновенного мыла играют также процессы гидролиза. Стеариновая кислота – слабая (константа кислотности около $1.5 \cdot 10^{-5}$), и ее соли гидролизуются по аниону. Схему гидролиза можно представить так:



Хотя константа гидролиза равна $K_w/K_a = 10^{-14}/1.5 \cdot 10^{-5} = 6.7 \cdot 10^{-10}$, этого вполне достаточно, например, 0.1 молярный раствор мыла имеет рН около 9.

3) Для эффективного моющего действия концентрация мыла в растворе должна быть достаточной. Растворимость мыла, как и многих других солей, в воде заметно возрастает с ростом температуры. Кроме того, при повышении температуры воды заметно снижается ее поверхностное натяжение, что также способствует лучшему смачиванию частиц грязи.

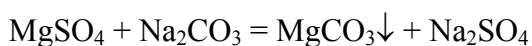
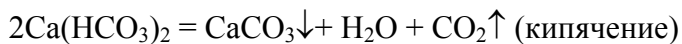
4) Начиная с некоторой концентрации мыла (так называемой ККМ – критической концентрации мицеллообразования) в системе происходит образование мицелл. Для обыкновенного мыла эта величина довольно мала и составляет $1.8 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Поэтому ниже ККМ моющее действие мыла обусловлено только снижением поверхностного натяжения, а выше ККМ – еще и солюбилизацией (см. выше). Если мыла становится слишком много, то оно начинает расходоваться впустую, так как, во-первых, формируются многослойные цилиндрические мицеллы, а во-вторых, часть мыла образует гелеобразные или твердообразные агрегаты и не участвует в моющем процессе, кроме того, изолируя отмываемую поверхность от воды.

5) Жесткая вода – это вода с повышенным содержанием ионов кальция и магния, которые образуют нерастворимые в воде стеараты $Ca(C_{17}H_{35}COO)_2$ или $Mg(C_{17}H_{35}COO)_2$. С жесткостью можно бороться разными способами:

а) радикальный – использовать другое моющее средство, не образующее малорастворимых соединений с кальцием и магнием.

б) самый дорогой – пропускать воду через ионообменные смолы, например $2RH + Ca^{2+} = R_2Ca + 2H^+$. Затем воду пропускают через анионит для удаления протонов.

в) самый простой – кипячение (только для карбонатной жесткости) или замена катионов кальция и магния на другие, с которыми мыло не дает осадка.



Замечание: предложенный некоторыми авторами решений способ борьбы с жесткой водой «мылить мыло до тех пор, пока все соли жесткости не выпадут в осадок», не может быть признан оптимальным, поскольку это долго и неэкономично. Современные ученые не могут советовать такой подход современным домохозяйкам.

б) Сметтики – это самая упорядоченная разновидность жидких кристаллов. Особенностью сметтиков является то, что молекулы располагаются в двумерных слоях, причем центры тяжести молекул, формирующих слои, подвижны в двух измерениях (на сметтической плоскости). Формирование сметтических фаз характерно для жидкокристаллических

соединений, молекулы которых содержат длинные концевые алкильные либо алкоксильные группировки.

В нанотехнологиях жидкие кристаллы используются как шаблоны для управляемого создания упорядоченных наноструктур, нанобиосенсоров, микромодуляторов света, различных встраиваемых датчиков.

При оценке ответов на предыдущие вопросы учитывалась не только правильность, но и полнота ответа, а также четкость ответа на конкретно поставленный вопрос. К сожалению, некоторые ответы грешили излишним объемом (по другому это называется «лить воду на мельницу») в сочетании с неконкретностью и размытостью (а посему больше походили на эссе на тему «Все, что я смог найти о мыле в Интернете»).

7) Площадь лужи 50 м^2 , площадь поперечного сечения аниона мыла в адсорбционном насыщенном монослое равна 0.25 нм^2 , отсюда число анионов мыла, необходимо для создания монослоя, равно $50 \text{ м}^2 / 0.25 \cdot 10^{-18} \text{ м}^2 = 2 \cdot 10^{20}$, что составляет $2 \cdot 10^{20} / 6.02 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль} = 3.32 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$. Молярная масса мыла равна 306.52 г/моль , откуда искомая масса мыла составляет $3.32 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot 306.52 \text{ г/моль} = 0.1 \text{ г}$. То есть одной пачки будет достаточно, более того, ее хватит на 1000 таких луж!

7) Площадь поперечного сечения аниона мыла 0.25 нм^2 , длина аниона мыла составляет 2.5 нм , отсюда объем одной молекулы мыла приблизительно равен $0.25 \text{ нм}^2 \cdot 2.5 \text{ нм} = 0.625 \text{ нм}^3$. Объем мицеллы мыла $V = 4/3\pi r^3 = 4/3 \cdot \pi \cdot (12.5 \text{ нм})^3 = 8181 \text{ нм}^3$. Тогда число анионов мыла (исходя из предположения, что анионы мыла в мицелле уложены плотно и без пустот) равно $8181 \text{ нм}^3 / 0.625 \text{ нм}^3 = 13090$. 1 пачка мыла весит 100 г , т.е. в ней содержится 0.326 моль или $1.96 \cdot 10^{23}$ молекул мыла. Отсюда нетрудно подсчитать, что из пачки мыла может образоваться $1.48 \cdot 10^{19}$ мицелл.

Принимались и другие разумные оценки числа молекул в мицелле, если они давали величины того же порядка.

8) Концентрация $1.8 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$ означает, что в 1 дм^3 раствора находится $1.8 \cdot 10^{-5} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.08 \cdot 10^{19}$ анионов. Тогда объем раствора, приходящийся на один анион, равен $V = 0.001 \text{ м}^3 / 1.08 \cdot 10^{19} = 9.26 \cdot 10^{-23} \text{ м}^3$. Если это пространство аппроксимировать кубом с анионом мыла в центре, то сторона такого куба равна $4.5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$, то есть расстояние между анионами в этом случае порядка 45 нм . Здесь опять же принимались любые разумные способы расчета – можно было, например, аппроксимировать пространство вокруг аниона не кубом, а сферой.