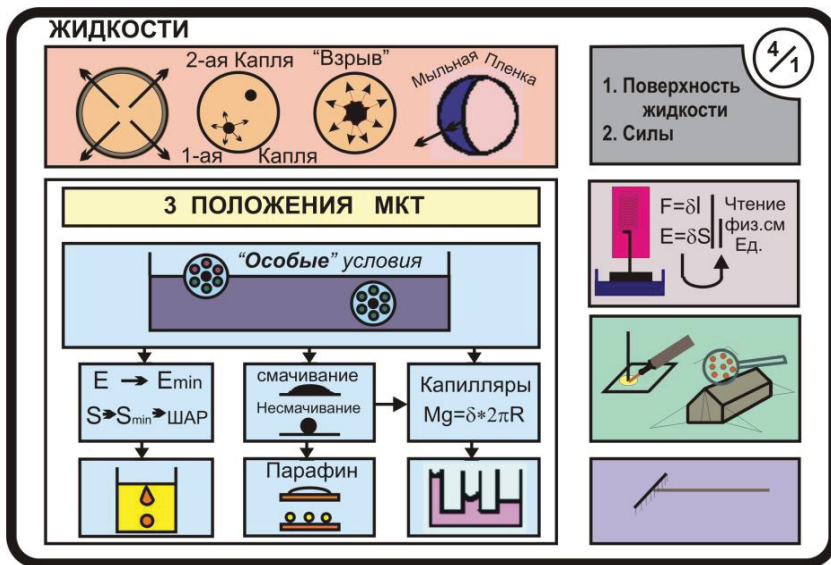


## §4. СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ



### Сопроводительный текст

С жидкостями можно проделать огромное количество интересных и простых опытов. Почти все из них не требуют специального оборудования и хорошо получаются в домашних условиях.

Нальём в блюдце или в чашку немного воды и насыпем на ее поверхность тертую корковую пробку так, чтобы пробка ровным слоем покрыла всю поверхность воды. Капнем в центр кюветы немного мыльного раствора. Пробковый порошок стремительно разбегается к краям блюдца.

Капнем на поверхность воды немного машинного масла. Капля очень быстро растекается по всей поверхности воды. Вторая и последующая капли ведут себя иначе. Они сильно расплющиваются и приобретают вид ограниченных по площади масляных пятен.

Если внутрь одного из таких пятен капнуть спирт, то он будет медленно расплываться до тех пор, пока не дойдет до границы раздела масляного пятна с водой. Как только спирт соприкоснется с водой, площадь спиртового пятна резко увеличится. Явление протекает настолько интенсивно, что внешне напоминает взрыв.

Если мыльную пленку, затягивающую проволочное кольцо с нитью, прорвать с одной стороны этой нити, пленка резко сокращается и натягивает нить.

Все эти, на первый взгляд различные опыты, объединяет, по крайней мере, два обстоятельства: ЯВЛЕНИЯ ПРОТЕКАЮТ НА ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ. НА ТЕЛА, НАХОДЯЩИЕСЯ НА ЭТОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ДЕЙСТВУЮТ СИЛЫ СО СТОРОНЫ ЖИДКОСТИ. Эти силы называются СИЛАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ.

Для измерения силы поверхностного натяжения можно воспользоваться чувствительным динамометром с подвешенной к нему провололочкой. Изменяя длину проволоочки, можно проследить, как при этом изменяется сила, необходимая для ее отрыва от поверхности жидкости.

Опыты показывают, что СИЛА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА ДЛИНЕ ЛИНИИ, ОГРАНИЧИВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬ ЖИДКОСТИ.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА, РАВНАЯ ОТНОШЕНИЮ СИЛЫ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ К ДЛИНЕ ЛИНИИ, ОГРАНИЧИВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬ ЭТОЙ ЖИДКОСТИ, НАЗЫВАЕТСЯ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ.

Чтобы получить единицу коэффициента поверхностного натяжения, его надо выразить из формулы, показывающей зависимость, установленную в опыте, и в полученное выражение подставить единицы силы – 1 Н и длины – 1 м.

Поскольку со стороны поверхностного слоя жидкости на тела действует сила, и под действием этой силы они могут перемещаться, совершая работу, можно сделать вывод, что поверхность жидкости обладает некоторой энергией.

ЭНЕРГИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ.

На основе этой зависимости можно дополнить физический смысл коэффициента поверхностного натяжения. Он показывает, чему равна энергия поверхностного слоя жидкости единичной площади. Соответственно, можно получить новую единицу коэффициента поверхностного натяжения.

ОБЪЯСНИТЬ ЯВЛЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ НА ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ, МОЖНО ОСНОВЫВАЯСЬ НА ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ О ЕЕ МОЛЕКУЛЯРНОМ СТРОЕНИИ.

Вероятно, молекулы, образующие поверхностный слой жидкости, чем-то отличаются от молекул, расположенных в ее глубинных слоях.

Действительно, они находятся в различных условиях. Если рассматривать границу раздела жидкости и воздуха, ситуация может выглядеть следующим образом. Молекулы внутри жидкости притягиваются соседними молекулами со всех сторон, поэтому молекулярные силы здесь скомпенсированы. Молекулы, расположенные на поверхности жидкости, притягиваются соседними молекулами в основном внутрь жидкости, так как плотность водяных паров, находящихся над жидкостью, несравнимо меньше плотности самой

жидкости. Сумма сил, действующих на молекулы поверхностного слоя, направлена внутрь жидкости.

Если предложенный механизм появления сил поверхностного натяжения верен, то становится понятным, что такие силы могут возникать не обязательно на границе жидкость-воздух, но и вообще на границе раздела жидкости с другой средой - газом, инородной жидкостью, твердым телом. Именно такие силы и возникали в описанных вначале явлениях. Под действием сил, направленных внутрь жидкости, число молекул на поверхности стремится уменьшиться. Граница раздела двух сред старается стать как можно короче.

С энергетической точки зрения этот процесс также находит объяснение. Система взаимодействующих молекул стремится перейти в состояние с наименьшей из возможных энергий. Минимальному значению энергии соответствует минимальная площадь поверхности жидкости.

Для объемных тел (при равных объемах) минимальной площадью поверхности обладает шар. Следовательно, жидкость, предоставленная сама себе, должна под действием сил поверхностного натяжения принять шарообразную форму.

Наше умозаключение подтверждается на опыте. Капельки жидкости действительно имеют форму ни цилиндриков, ни кубиков, а шариков. Кроме того, в опыте с плоскими масляными каплями на поверхности воды можно было заметить, что круглые капли, подплывая друг к другу, сливались в одну большую, тоже круглую каплю.

С силовой точки зрения явление объясняется так: **ДЛИНА ОКРУЖНОСТИ БОЛЬШОЙ КАПЛИ МЕНЬШЕ СУММЫ ДЛИН ОКРУЖНОСТЕЙ КАПЕЛЬ, ИЗ КОТОРЫХ ОНА ОБРАЗОВАЛАСЬ.**

Соответственно, у большой капли меньше сила поверхностного натяжения на границе, отделяющей ее от окружающей среды.

Когда жидкость соприкасается с твердым телом, на границе их раздела возможны следующие ситуации.

Если силы притяжения молекул жидкости друг к другу меньше сил их притяжения к молекулам твердого тела, жидкость должна растекаться по поверхности твердого тела и смачивать его.

Если же будут преобладать силы притяжения между молекулами самой жидкости, она будет стремиться принять форму капли.

Поверхность твердого тела смачиваться не будет. Явления **СМАЧИВАНИЯ** и **НЕСМАЧИВАНИЯ** хорошо известны из жизни. Смачиваются водой асфальт, кирпич. Не смачиваются водой жирные поверхности, листья некоторых растений. Капельки ртути на стекле, по той же причине, имеют форму шариков.

Рассматривая механизм взаимодействия молекул граничащих сред, можно предположить, что могут существовать вещества, состоящие из длинных молекул, разные концы которых неодинаково взаимодействуют с жидко-

стью. Если каким-то образом удастся сориентировать молекулы такого вещества одинаковым образом, то может оказаться, что одна поверхность получившегося тела будет смачиваться жидкостью, а другая поверхность того же самого тела - нет.

Опыт с застывшей на поверхности воды парафиновой пленкой убеждает нас, что действительно такие вещества существуют и парафин относится к ним.

Если в жидкость опустить тонкую трубку, называемую КАПИЛЛЯРОМ, то поверхность вещества, из которого она изготовлена, будет либо смачиваться, либо не смачиваться. В зависимости от этого, поверхность жидкости внутри трубки станет либо вогнутой, либо выпуклой. Соответственно, результирующая сил взаимодействия молекул жидкости и твердого тела будет направлена или вверх, или вниз. Уровень жидкости в капилляре изменится в том направлении, в каком действует сила.

Допустим, капилляр смачивается жидкостью, и она поднимается по нему. Подъем будет происходить до тех пор, пока сила поверхностного натяжения не уравнивается силой тяжести, действующей на жидкость. Приравняв значения этих сил и произведя ряд математических преобразований, мы можем получить уравнение, показывающее, от каких величин зависит высота подъема жидкости в капилляре. В частности, оказывается, что эта высота находится в обратной зависимости от радиуса капилляра. Опыт с капиллярными трубками разного радиуса убеждает нас в правильности полученных выводов.

Рассмотренные свойства жидкостей широко используются на практике. В частности, на явлении смачивания расплавленным оловом металлических поверхностей основана пайка.

Напротив, явление несмачивания тканей, пропитанных специальными составами, используется для изготовления туристических палаток. Несмачивание помогает некоторым видам насекомых и паукообразных перемещаться по поверхности воды. Так, вероятно, каждый наблюдал, как движется водоемка, опираясь на воду только кончиками широко расставленных лапок, которые покрыты несмачивающимся воскообразным налетом.

Пух и перья водоплавающих птиц обильно смазаны жиром, который вырабатывается специальными железами. Эффект несмачивания перьев сам по себе позволяет птице держаться на поверхности воды. Кроме того, способствует «плавучести» и воздух, заключенный между перьями и не вытесняемый оттуда водой.

В технике на явлении смачивания и несмачивания основан флотационный процесс обогащения руд (французский термин *flottation* и английский – *floatation* буквально означают плавание на поверхности воды). Суть этого процесса состоит в следующем. Очень сильно измельченная руда помещается в воду. Сюда же добавляется вещество, обладающее способностью смачивать

одну из подлежащих разделению частей и не смачивать другую. Добавляемое вещество не должно растворяться в воде. Указанными свойствами обладают некоторые масла. Пустая порода смачивается водой и тонет. Полезные частицы руды, покрытые тонкой пленкой добавки, водой не смачиваются. К ним прилипают очень мелкие пузырьки воздуха, вдуваемые в воду. За счет этого частицы переходят в пенный состав или остаются в воде во взвешенном состоянии. Это позволяет если и не полностью разделить пустую и ценную породы, то, по крайней мере, получить так называемый концентрат, дальнейшая обработка которого становится выгодной.

Капиллярные явления также весьма распространены в природе и часто используются в практической деятельности человека. Дерево, бумага, кожа, кирпич и очень многие другие предметы, окружающие нас, имеют капилляры.

За счет капилляров вода поднимается по стеблям растений и впитывается в полотенце, когда мы им вытираемся.

Кровеносная система человека, начинаясь с весьма толстых сосудов, заканчивается очень разветвленной сетью тончайших капилляров. Могут вызывать интерес, например, такие данные. Площадь поперечного сечения аорты равна  $8 \text{ см}^2$ . Диаметр же кровеносного капилляра может быть в 50 раз меньше диаметра человеческого волоса при длине 0,5 мм. В теле взрослого человека имеется порядка 160 млрд. капилляров. Их общая длина доходит до 80 тыс. км.

По многочисленным капиллярам, имеющимся в почве, вода из глубоких слоев поднимается к поверхности и интенсивно испаряется. Чтобы замедлить процесс потери влаги, капилляры разрушают путем разрыхления почвы с помощью борон, культиваторов, рыхлителей.