ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

*«Одной из основных задач теорети­ческого исследования в лю­бой области знания, яв­ляется установле­ние такой точки зрения, с которой объект исследо­вания прояв­ляется с наибольшей про­стотой».*

Джозайя Уиллард Гиббс

В природе наряду с силами тяготения, трения, упругости есть менее заметные, но не менее важные: это силы поверхностного натяжения. Проявления сил поверхностного натяжения столь многообразны, что даже перечислить их все нет возможности. Без этих сил мы не могли бы писать обычной шариковой ручкой. Нельзя было бы намылить руки: пена не образовалась бы. Нарушился бы водный режим почвы, что оказалось бы гибельным для растений. Пострадали бы важные функции нашего организма. Поверхностное натяжение является определяющим фактором многих технологических процессов: флотации, пропитки пористых материалов, нанесения покрытий, моющего действия, порошковой металлургии, пайки и др.

Основные сведения о том, что представляют собой эти силы, я почерпнул в источниках [1],[2]. Изложу полученные сведения вкратце.

Поверхностный слой жидкости обладает особыми свойствами. Молекулы жидкости в этом слое находятся в непосредственной близости от другой фазы – газа. Молекула, расположенная вблизи границы раздела жидкость – газ, имеет ближайших соседей только с одной стороны, поэтому сложение всех сил, действующих на эту молекулу, дает равнодействующую, направленную внутрь жидкости. Следовательно, любая молекула жидкости, находящаяся вблизи свободной поверхности, имеет избыток потенциальной энергии, по сравнению с молекулами, находящимися внутри.

Для того чтобы перевести молекулу из объема жидкости на поверхность, необходимо совершить работу. При увеличении поверхности определенного объема жидкости внутренняя энергия жидкости увеличивается. Эта составляющая внутренней энергии пропорциональна площади поверхности жидкости и называется поверхностной энергией. Величина поверхностной энергии зависит от сил молекулярного взаимодействия и количества ближайших соседних молекул. Для различных веществ поверхностная энергия принимает разные значения. Энергия поверхностного слоя жидкости пропорциональна его площади Ѕ:  
 Е= σ ·Ѕ,

где σ- коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м.

При соприкосновении жидкости с твердым телом наблюдается явление смачивания или несмачивания. Если силы взаимодействия между молекулами жидкости и твердого тела больше, чем между молекулами жидкости, то жидкость силы взаимодействия между молекулами жидкости больше, чем между растекается по поверхности твердого тела, т.е. смачивает и наоборот, если молекулами жидкости и твердого тела, то жидкость собирается в каплю и не смачивает поверхность жидкости.

Непосредственно о самих капиллярных явлениях. В природе часто встречаются тела, имеющие пористое строение (пронизаны множеством мелких каналов). Такую структуру имеют бумага, кожа, дерево, почва, многие строительные материалы. Вода или другая жидкость, попадая на такое твердое тело, может впитываться в него, поднимаясь вверх на большую высоту. Так поднимается влага в стеблях растений, керосин поднимается по фитилю, ткань впитывает влагу. Такие явления называются капиллярными. В узкой цилиндрической трубке смачивающая жидкость за счет сил молекулярного взаимодействия поднимается вверх, принимая вогнутую форму. Под вогнутой поверхностью появляется дополнительное давление, направленное вверх, в связи с чем уровень жидкости в капилляре выше уровня свободной поверхности. Несмачивающая же жидкость принимает выпуклую поверхность.

### Интересно было ознакомиться с историей изучения капиллярных и поверхностных сил [3], [4]. Первооткрывателем капиллярных явлений считается Леонардо да Винчи. Однако первые аккуратные наблюдения капиллярных яв­лений на трубках и стеклянных пластинках были проделаны Фрэнсисом Хокс­би в 1709 году. Первым экспериментально установленным фактом стал закон капиллярного подъема [жидкости](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1545.html), смачивающей стенки капилляра (Дж. Жюрен, 1718). Понятие поверхностного натяжения впервые ввел Я. Сегнер (1751), объяснив с его помощью сферическую форму капель несмачивающих [жидкостей](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1545.html) на твердой поверхности и цилиндрическую форму струй. В 1-й половине 19 в. на основе представления о поверхностном натяжении были установлены основные количественные закономерности поверхностных явлений: закон капиллярного [давления](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1165.html) (П. Лаплас, 1806), постоянство краевого угла [смачивания](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4108.html) (T. Юнг, 1804), зависимость [давления](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1165.html) насыщенного [пара](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3187.html) [жидкости](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1545.html) от кривизны поверхности (У. Томсон, 1870). Во 2-й половине 19 в. Дж. Гиббс развил термодинамическую теорию поверхностных явлений, в которой решающую роль играет поверхностное натяжение. В 20 в. разрабатываются методы регулирования поверхностного натяжения с помощью поверхностно активных веществ (ПАВ) и электрокапиллярных эффектов (И. Ленгмюр, П. А. Ребиндер, A. H. Фрумкин). Среди современных актуальных проблем - развитие молекулярной теории поверхностного натяжения различных жидкостей, включая расплавленные металлы, исследования поверхностных явлений в экстремальных условиях - при высоких температурах и [давлениях](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1165.html), в глубоком [вакууме](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/685.html), вблизи абсолютного нуля температур, при большой кривизне поверхности [жидкости](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1545.html), в условиях интенсивных внешних воздействий (вибрации, сильных электрических и магнитных полей, [ионизирующих излучений](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1726.html) и т. п.).

Методы определения поверхностного натяжения. Способы определения поверхностного натяжения делятся на статические и динамические[6]. В статических методах поверхностное натяжение определяется у сформировавшейся поверхности, находящейся в равновесии. Динамические методы связаны с разрушением поверхностного слоя.

Статические методы:

1. Метод поднятия в капилляре
2. Метод [Вильгельми](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D0%B8,_%D0%9B%D1%8E%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3_%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B4)
3. Метод лежачей капли
4. Метод определения по форме висячей капли.
5. Метод вращающейся капли

Динамические методы:

1. [Метод дю Нуи](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80_%D0%B4%D1%8E_%D0%9D%D1%83%D0%B8) (метод отрыва кольца).
2. Сталагмометрический, или метод счета капель.
3. Метод максимального давления пузырька.
4. Метод осциллирующей струи
5. Метод стоячих волн
6. Метод бегущих волн

В своей работе я буду использовать капиллярный метод (он описан в большом количестве источников, например [5]). Метод основан на использовании соотношения

h = 2σ/(ρgR) = 2σcosθ/(ρgr),

где R = r/cosθ, θ − краевой угол, радиус капилляра − r, радиус кривизны мениска − R.

В ходе экспериментов буду пытаться найти подтверждение уравнению Шишковского [7], согласно которому изменение поверхностного натяжения водного раствора жирных кислот (мыла) линейно зависит от логарифма концентрации раствора, а также подтверждение линейной зависимости поверхностного натяжения воды от температуры. Для составления соответствующих уравнений планирую использовать метод наименьших квадратов [9].

Анализируя вопрос о характере зависимости поверхностного натяжения мыльного раствора от его концентрации, необходимо было еще разобраться в том, почему мыло вообще снижает поверхностное натяжение. Ответ был найден в источниках [1], [13]. Оказывается, в состав всех мыл, включая средства для мытья посуды, стирки и шампуни, входит активное вещество, носящее название додецил сульфат натрия (или стеарат натрия). Молекула этого вещества состоит из длинного углеводородного «хвоста» (неполярного, не несущего заряда) и полярной «головы». Когда молекулы этого вещества оказываются в воде, их длинные углеводородные хвосты тянутся друг к другу, образуя шарики (мицеллы), поверхность которых состоит из заряженных «головок» вещества. В результате мицеллы притягиваются к полярным молекулам воды и хорошо с ними уживаются. «Намыленные» капли воды обладают меньшим поверхностным натяжением и могут сплющиваться и лучше проникать между волокнами ткани.



Есть еще идея исследовать скорость движения воды по капилляру при разных температурах. Тема эта важная, ведь скорость капиллярного впитывания играет существенную роль в водоснабжении растений, движении жидкости в почвах и других пористых телах, а капиллярная пропитка - один из распространённых процессов химической технологии. В связи с этим список литературы пополнился источниками, в которых рассматривается кинетика капиллярных процессов [11],[12]. Оказалось, что капиллярное движение воды в грунтах находится под пристальным вниманием инженеров, геологов, агрономов. В практике инженерно-геологических исследований капиллярные свойства обычно характеризуются максимальной величиной капиллярного поднятия, измеряемой в см или м, и скоростью капиллярного поднятия, измеряемой обычно в см/час. На высоту и скорость капиллярного поднятия влияют многие факторы, наиболее важными из которых являются гранулометрический и химико-минералогический состав грунтов, их структурно-текстурные особенности, а также состав водного раствора. Высота капиллярного поднятия воды в грунтах служит расчетной характеристикой и используется наряду с другими показателями при проектировании целого ряда инженерных сооружений, а также для определения глубины понижения грунтовых вод при дренировании сельскохозяйственных угодий во избежание их заболачивания или засоления.

Вообще, тема капиллярности в процессе изучения различных источников поразила меня своей актуальностью для многих областей человеческой деятельности. Она вызывает активный интерес в медицине и биологии (исследование всасывания воды, растворов и различных лекарств в живую клетку), в агрономии и проектировании инженерно-технических сооружений), в физике сплавов (ведь сплавы на определенном этапе – тоже жидкости!) и коллоидной химии. Еще, например, капиллярный метод широко применяется при контроле качества для поиска дефектов. И не только деталей при их изготовлении в цехах завода и лабораториях. Он применяется и в полевых условиях при необходимости технического обследования таких сооружений, как мосты, грузоподъемные краны, трубопроводы и сосуды под давлением и других сложных технических объектов. Капиллярным методом можно контролировать детали из любых конструкционных материалов: чёрных и цветных металлов (магнитных и немагнитных), пластмасс, стекла и керамики. Но! Незаменимая область применения капиллярных методов – контроль изделий из немагнитных, неметаллических, композиционных и других перспективных материалов, где капиллярный метод является одним из немногих, а зачастую и единственным. Капиллярные методы позволяют контролировать объекты любых форм и размеров, начиная от корпуса ракеты и кончая миниатюрной лопаткой турбореактивного двигателя, которые имеют очень сложную форму[14].

Список литературы

1. Асламазов Л. Г., Слободецкий И. Ш. «Задачи и не только по физике».

2. <http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/>

3.[www.medcoref.ru/mref-330.html‎](http://www.medcoref.ru/mref-330.html‎)

4. [www.xumuk.ru/encyklopedia/](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/)2/3422.html‎

### 5.‎ <http://fizportal.ru/method-capillary>

6. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Поверхностное\_натяжение](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D1%82%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)

### 7. <http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/PCC/Colloids_2.htm>

8. <http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/PCC_lab/pcclab_5.html>

9. Ефимова М. Р., Петрова Е. И., Румянцев В. Н. «Общая теория статистики».

10. §23 «Капиллярные явления». Физика. 10 класс; под ред. А. А Пинского, О. Ф. Кабардина.

11. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1283/>

### 12.<http://arsena-hotel.com/gruntovedenie/fizicheskie_svoystva/dvizhenie_vody1/>

### 13. <http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article_6226.html>

### 14. <http://ndt-testing.ru/oblasti-primenenija-kapilljarnyh-metodov-kontrolja.html>