**Департамент образования города Москвы**

**Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы**

**Школа № 1505 «Преображенская»»**

**ДИПЛОМНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

**на тему:**

**«Особенности капиллярных явлений»**

**Выполнила:**

**Кистанова Диана Ионовна**

**Руководитель:**

**Жилина Светлана Владимировна**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (подпись руководителя)

**Рецензент:**

**ФИО рецензента**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (подпись рецензента)

**Москва**

**2018/2019**

**Содержание**

**Введение**…………………………………………………………….……………3

**1. Теоретическая часть**…………………………………………………………4

**1.1 Поверхностное натяжение. Капиллярный эффект**……………………..4

**1.2 Явления смачивания и не смачивания**……………...….………………..7

**1.3 Капиллярные явления** …………………………………….....…………...11

**2. Практическая часть**……………………...………………………………….14

**Заключение**……………………...……………………..…………..……………20

**Список используемых источников и литературы**……………….....………21

**Введение**

**Актуальность темы исследования**. В 21 век все большее значение в жизни людей имеют естественные науки. Люди 21 веке все глубже изучают окружающий нас мир.

Существование живых организмов без капиллярных явлений невозможно. Человеческое тело получает кислород и питательные вещества по мельчайшим сосудам. Корни растений – это сеть капилляров, которая вытягивает влагу из земли, донося ее до самых верхних листьев. Простая бытовая уборка невозможна без капиллярных явлений, ведь по этому принципу ткань впитывает воду. Полотенце, чернила, фитиль в масляной лампе и множество устройств работает на этой основе. Капиллярные явления в технике играют важную роль при сушке пористых тел и других процессах.

Порой эти же явления дают нежелательные последствия, например, поры кирпича впитывают влагу. Чтобы избежать отсыревания зданий под воздействием грунтовых вод, нужно защитить фундамент с помощью гидроизолирующих материалов – битума, рубероида или толя. Промокание одежды во время дождя, к примеру, брюк до самых колен от ходьбы по лужам, также обязано капиллярным явлениям. Вокруг нас множество примеров этого природного феномена.

**Цель исследования** заключается в разработке лабораторной работы, с помощью которой можно будет: доказать существование капиллярных явлений, и выяснить , как зависит высота поднятия жидкости в капилляре от радиуса капилляра.

**Практическая значимость** заключается в том, что основные выводы, сформулированные в проектной работе, могут быть использованы на уроках физики.

**1. Теоретическая часть**

**1.1 Поверхностное натяжение. Капиллярный эффект**

Молекулы жидкости испытывают силы взаимного притяжения — на самом деле, благодаря этому жидкость мгновенно улетучивается. На молекулы внутри жидкости силы притяжения других молекул действуют со всех сторон и поэтому взаимно уравновешивают друг друга. Молекулы же на поверхности жидкости не имеют соседей снаружи, и результирующая сила притяжения направлена внутрь жидкости. В итоге вся поверхность воды стремится стянуться под воздействием этих сил. По совокупности этот эффект приводит к формированию так называемой силы поверхностного натяжения, которая действует вдоль поверхности жидкости и приводит к образованию на ней подобия невидимой, тонкой и упругой пленки.[[1]](#footnote-1)

Одним из следствий эффекта поверхностного натяжения является то, что для увеличения площади поверхности жидкости — ее растяжения — нужно проделать механическую работу по преодолению сил поверхностного натяжения. Следовательно, если жидкость оставить в покое, она стремится принять форму, при которой площадь ее поверхности окажется минимальной. Под действием этих сил поверхность жидкости как бы покрывается равномерно напряженной тонкой пленкой, стремящейся придать объему жидкости форму с минимальной поверхностью. Силы поверхностного натяжения развивают молекулярное давление в жидкости, нормальное к ее поверхности. Влиянием поверхностного натяжения обычно пренебрегают. Однако при изучении потоков с малой глубиной, в капиллярных трубках некоторых измерительных приборов, при решении ряда задач на фильтрацию его необходимо учитывать, так как силой поверхностного натяжения объясняется капиллярное поднятие или опускание жидкости на высоту, определяемую по зависимости:



где – коэффициент поверхностного натяжения;– диаметр капилляра, м;– угол между касательной к свободной поверхности в точке пересечения со стенкой и самой стенкой капилляра (для воды и стекла= 0° для ртути и стекла= 50°).

Капиллярный эффект – физическое явление, способности жидкостей, взаимодействуя с поверхностью твердых тел в тонких капиллярах изменять уровень в сообщающихся сосудах, заполнять легко смачиваемые щели, узкие каналы, пористые тела.[[2]](#footnote-2)

C явлением капиллярности приходится сталкиваться при использовании стеклянных трубок в приборах для измерения давления, а также в некоторых случаях истечения жидкости. Большое значение приобретают силы поверхностного натяжения в жидкости, находящейся в условиях невесомости.

Если жидкость находится в сосуде, то у стенок сосуда она может подниматься или опускаться относительно общего уровня. Это зависит от свойств жидкости и материала сосуда.[[3]](#footnote-3)

Будет жидкость собираться в «бусинки» или ровным слоем растекаться по твердой поверхности, зависит от соотношения сил межмолекулярного взаимодействия в жидкости, вызывающих поверхностное натяжение, и сил притяжения между молекулами жидкости и твердой поверхностью. В жидкой воде, например, силы поверхностного натяжения обусловлены водородными связями между молекулами. Поверхность стекла водой смачивается, поскольку в стекле содержится достаточно много атомов кислорода, и вода легко образует гидрогенные связи не только с другими молекулами воды, но и с атомами кислорода. Если же смазать поверхность стекла жиром, водородные связи с поверхностью образовываться не будут, и вода соберется в капельки под воздействием внутренних водородных связей, обусловливающих поверхностное натяжение.

Маленькие объекты с плотностью, большей плотности жидкости, способны «плавать» на поверхности жидкости, так как сила тяготения оказывается уравновешенной силой поверхностного натяжения. Некоторые насекомые (например, водомерки) способны передвигаться по воде, удерживаясь на ее поверхности за счет сил поверхностного натяжения.



Клоп-водомерка использует силу поверхностного натяжения, удерживающую его на поверхности воды. Он не тонет, поскольку вес клопа меньше силы поверхностного натяжения.[[4]](#footnote-4)

**1.2 Явления смачивания и не смачивания**

Взаимодействием молекул жидкостей на границе с твердыми телами нельзя прене­брегать, поскольку силы притяжения меж­ду молекулами жидкости и твердого тела могут преобладать над силами взаимодействия между самими молекулами жидкости[[5]](#footnote-5). Если это так, то говорят, что жидкость смачивает твердые тела. Так, вода смачивает чистые поверхности стекла, деревянного по­ла, металлические предметы. Тем не менее, если их покрыть масляной пленкой, напри­мер покрыть пол мастикой, вода будет со­бираться в маленькие и большие капли и не будет смачивать данные поверхности. Это объясняется тем, что силы притяжения между молекулами жидкости преобладают над силами притяжения их к молекулам.

Смачивание - явление возникающее вследствие взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердых тел. [[6]](#footnote-6)

Выяснить, смачивает ли жидкость твер­дое тело, можно по форме капли на его поверхности : если она растекается по ней, то жидкость смачивает поверхность твердого тела; и наоборот, если она соби­рается в «мешочек», то это указывает на то, что поверхность не смачивается жидкостью.

Смачивание бывает двух видов:

1. Иммерсионное(вся поверхность твёрдого тела контактирует с жидкостью)
2. Контактное (состоит из 3х фаз - твердая, жидкая, газообразная)

Смачивание зависит от соотношения между силами сцепления молекул жидкости с молекулами (или атомами) смачиваемого тела и силами взаимного сцепления молекул жидкости.

Степень смачивания характеризуется углом смачивания. Угол смачивания (или краевой угол смачивания) это угол, между поверхностью твердого тела и касательной к поверхности жидкости в точке

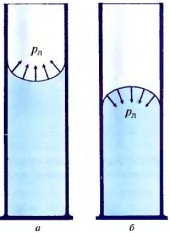
К примеру, популярный метод увеличения добычи нефти при помощи закачки воды в пласт исходит из того, что вода заполняет поры и выдавливает нефть. В случае мелких пор и чистой воды это далеко не так, поэтому приходится добавлять специальные ПАВ(поверхностно-активные вещества). Оценку смачиваемости горных пород при добавлении различных по составу растворов можно измерить различными приборами.

При соприкосновении жидкости с поверхностью твердого тела возможны два случая: жидкость смачивает твердое тело и не смачивает его. Если, например, капли ртути поместить на поверхность чистого железа и на чистое стекло, то на поверхности железа они будут растекаться, а на поверхности стекла иметь форму, близкую к шарообразной.

Для того чтобы защитить ме­таллические изделия от хими­ческой коррозии, их покрыва­ют смазкой, которая вызывает не смачивание жидкостью по­верхности металла.

В случае не смачивания молекулы жидкости между собою притягиваются сильнее, чем молекулы жидкости и соприкасающегося с ней твердого тела. Об этом свидетельствует тот факт, что вынутая из воды парафиновая пластинка оказалась сухой. Жидкости, у которых молекулы между собой притягиваются сильнее, чем молекулы жидкости и молекулы соприкасающегося с ней твердого тела, называются не смачивающими данное твердое тело. Одна и та же жидкость по отношению к разным веществам является смачивающей или не смачивающей. Так, ртуть не смачивает стекло, но смачивает цинк, медь.

Жид­кость, смачивающая поверхность, будто под­нимается по ее краям, образовывая вогну­тую поверхность — вогнутый мениск; несмачиваемая жидкость имеет выпуклый мениск. В широких сосудах свободная поверхность жидкости выравнивается и ста­новится почти горизонтальной. В тонких трубках мениск имеет сферическую форму.



Об­су­дим зна­че­ние сма­чи­ва­ния в про­мыш­лен­но­сти и в быту.[[7]](#footnote-7)

Для на­ча­ла, рас­смот­рим зна­ко­мый всем бы­то­вой при­мер – мытьё рук. Вы, ко­неч­но же, зна­е­те, что мыть руки лучше тёп­лой водой и с мылом. Да­вай­те раз­бе­рем­ся по­че­му. Если вы моете руки хо­лод­ной водой, то сле­ду­ет по­ни­мать, что у воды до­ста­точ­но боль­шой ко­эф­фи­ци­ент по­верх­ност­но­го на­тя­же­ния, а это зна­чит, что вода будет плохо сма­чи­вать ла­до­ни. Для того чтобы умень­шить ко­эф­фи­ци­ент по­верх­ност­но­го на­тя­же­ния воды, мы уве­ли­чи­ва­ем тем­пе­ра­ту­ру воды (с уве­ли­че­ни­ем тем­пе­ра­ту­ры воды ко­эф­фи­ци­ент по­верх­ност­но­го на­тя­же­ния умень­ша­ет­ся), и поль­зу­ем­ся мылом, ко­то­рое со­дер­жит по­верх­ност­но ак­тив­ные ве­ще­ства, силь­но умень­ша­ю­щие ко­эф­фи­ци­ент по­верх­ност­но­го на­тя­же­ния воды. Как ре­зуль­тат, сма­чи­ва­ние ла­до­ней на­мно­го лучше.

Эф­фек­ты сма­чи­ва­ния так же ра­бо­та­ют при ис­поль­зо­ва­нии клея. Скле­и­ва­ние де­ре­вян­ных, ре­зи­но­вых, бу­маж­ных и дру­гих по­верх­но­стей тоже ос­но­ва­но на вза­и­мо­дей­ствии между мо­ле­ку­ла­ми жид­ко­сти и мо­ле­ку­ла­ми твер­до­го тела. Любой клей в первую оче­редь дол­жен сма­чи­вать скле­и­ва­ю­щие по­верх­но­сти.

При­ме­ром при­ме­не­ния сма­чи­ва­ния в живой при­ро­де могут слу­жить перья во­до­пла­ва­ю­щих птиц. Эти перья все­гда сма­за­ны жи­ро­вы­ми вы­де­ле­ни­я­ми из осо­бых желез, что при­во­дит к тому, что перья этих птиц не сма­чи­ва­ют­ся водой. Тол­стый слой воз­ду­ха, за­па­са­е­мый таким об­ра­зом в пе­рьях утки, слу­жит хо­ро­шим теп­ло­изо­ля­то­ром.

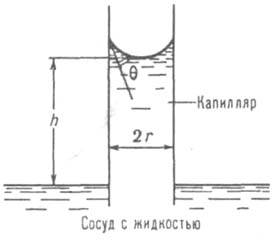
**1.3 Капиллярные явления**

Смачиванием обусловлено и такое явление, как **капиллярность**.[[8]](#footnote-8) Заключается оно в том, что под действием молекулярных сил смачивающая жидкость поднимается вверх по очень тонким трубкам, называемым капиллярами. Латинское слово «капиллус» означает «волос». Отсюда и название тонких трубок — капилляры. Их диаметр составляет миллиметр и менее.

Чем тоньше капилляр, тем на большую высоту в нем поднимается смачивающая его жидкость.

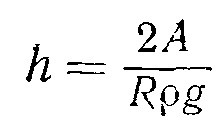
В отсутствие силы тяжести или в случае очень малых масс жидкость всегда принимает сферическую форму (капля), кривизна поверхности которой определяет мн. свойства вещества. [[9]](#footnote-9) Поэтому капиллярные явления ярко выражены и играют существенную роль в условиях невесомости, при дроблении жидкости в газовой среде (или распылении газа в жидкости) и образовании систем, состоящих из многих капель или пузырьков (эмульсий, аэрозолей, пен), при зарождении новой фазы капель жидкости при конденсации паров. пузырьков пара при вскипании, зародышей кристаллизации. При контакте жидкости с конденсированными телами (другой жидкостью или твердым телом) искривление поверхности раздела происходит в результате действия межфазного натяжения.

В случае смачивания, например, при соприкосновении жидкости с твердой стенкой сосуда, силы притяжения, действующие между молекулами твердого тела и жидкости, заставляют ее подниматься по стенке сосуда, вследствие чего примыкающий к стенке участок поверхности жидкости принимает вогнутую форму. В узких каналах, например, цилиндрических капиллярах, образуется вогнутый мениск - полностью искривленная поверхность жидкости (рис. 1).



(рис. 1)

Высота подъема воды увеличивается по мере уплотне­ния почвы. Высота капиллярного поднятия определяется по формуле[[10]](#footnote-10) (рис. 2):



(рис. 2)

где R — радиус капилляра; А — капиллярная постоян­ная жидкости, равная высоте подъема ее в смачивающейся трубке радиусом в 1 мм; р — плотность жидкости; g — ускорение силы тяжести.

Для воды А = 15,4 при 0° С. Поры определенной величины (вероятно, 0,005—0,1 мм) проводят воду скорее всего; при более узких капиллярных порах вследствие усиления трения и прилипания, а также при более широких порах вследствие уменьшения поверхност­ного натяжения капиллярное поднятие воды замедляется.

В природе капилляры встречаются довольно часто. Многие из окружающих нас тел имеют пористое строение: они пронизаны множеством мелких, иногда незаметных для глаз капилляров. К таким телам относятся дерево, бумага, кожа, почва, ткань, вата, различные строительные материалы. Вода и другие смачивающие их жидкости, соприкасаясь с такими телами, «втягиваются» в их капилляры и начинают перемещаться по всем направлениям внутри тел. Именно поэтому так быстро намокают кусочки ваты (или сахара), едва коснувшись воды. По этой же причине влага легко проникает в обычные кирпичи, а керосин поднимается по фитилю керосиновой лампы.

Капиллярные явления играют существенную роль в водоснабжении растений и перемещении влаги в почве. В сухую погоду почва ссыхается, и в ней образуются трещины — капилляры. По ним вода поднимается из-под земли вверх и испаряется. Поверхность земли из-за этого высыхает еще больше. Для сохранения влаги внутри земли верхний слой почвы разрыхляют. При этом капилляры разрушаются и вода остается в почве.

И наоборот, когда почва слишком влажная, ее укатывают. Капилляры в ней делаются тоньше, и глубина, с которой поднимается по ним жидкость, увеличивается. Поднимаясь наверх, вода испаряется, и почва постепенно высыхает.

1. **Практическая часть**

При изучении данной темы была разработана лабораторная работа по исследованию капиллярных явлений.

**Цель работы:**

* Доказать существование капиллярных явлений;
* Выяснить, как зависит высота поднятия жидкости в капилляре от радиуса капилляра.

**Оборудование:** бумажный круг, вода, карандаши, две полоски из хлопчатобумажной ткани, штатив, кювета для жидкости.

**Ход работы (опыт № 1):**

1. Возьмите бумажную белую окружность. Положите перед собой на столе.
2. Через центр окружности проведите два взаимно перпендикулярных диаметра.
3. Каждый из полученных четырех углов разделите напополам.
4. Каждый видимый радиус поделите пополам.
5. Точки, которые делят радиусы пополам, соедините отрезками. У вас получится восьмиугольник.
6. Стороны восьмиугольника поделите пополам.
7. Из середин сторон восьмиугольника восстановите высоты к этим сторонам, которые будут пересекать окружность некоторых точках.
8. Из этих точек проведите линии к вершинам восьмиугольника, получив треугольнки.
9. Окрасьте лепестки и внутреннюю часть полученного цветка.
10. Сложите лепестки цветка так, чтобы не был виден окрас цветка. Цветок готов к эксперименту.
11. Опустите сложенный цветок аккуратно, лепестками вверх, в стакан с водой

**Вопросы:**

1. Что произошло с лепестками? (лепестки поднялись вверх/остались на своем месте)
2. Почему это произошло?
3. Исходя из того, что цветок из бумаги, а бумага пронизана капиллярами, какой вывод вы сделаете о движении воды по капиллярам?
4. Существуют ли капиллярные явления?

**Ответы:**

1. Цветок раскрылся, лепестки поднялись вверх.
2. Это произошло, так как вода по капиллярам движется вверх.
3. Вода по капиллярам движется вверх.
4. Капиллярные явления существуют

**Ход работы (опыт № 2):**

1. Возьмите две полоски одинаковой длины и ширины из бумажной ткани (салфетка) и хлопчатобумажной ткани.

2. Расположите их на штативе так, чтобы коны тканей были на одинаковых уровнях.

3. Аккуратно опустите полоски в воду.

4. Подождите 1 минуту, доставайте полоски из воды.

5. Измерьте высоту поднятия воды в бумажной ткани, обозначим ее h1.

6. Измерьте высоту поднятия воды в хлопчатобумажной ткани, обозначим ее h2.

Результаты занесем в таблицу:

|  |  |
| --- | --- |
| h1, м | h1: м |
|  |  |
| r1, м | r2, м |
|  |  |

Радиус капилляра рассчитаем по формуле:

h=2σ/ρπr

r – радиус капилляра ткани

σ=0,0728 Н/м,

ρ=1000 кг/м3

π=3,14

h – высота подъема жидкости в ткани

Результаты занесем в таблицу:

|  |  |
| --- | --- |
| h1, м | h1: м |
| 0,09 | 0,032 |
| r1, м | r2, м |
| 0,0005 = 50\*10-6 | 0,001 = 1000\*10-6 |

Радиус капилляра рассчитаем по формуле:

r=2σ/ρhπ

r – радиус капилляра ткани

σ=0,0728 Р/м – поверхностное натяжение воды

ρ=1000 кг/м3 – плотность воды

π=3,14

h – высота подъема жидкости в ткани

**Ответьте на вопросы и сформулируйте вывод:**

1. Одинаковые или разные получились радиусы капилляров в разных материалах?

2. В каком материале высота подъема жидкости оказалась больше? С меньшим радиусом капилляров или с большим?

Какой вывод вы делаете из своего эксперимента?

**Ответы и вывод:**

1. В разных материалах высота подъема жидкости получилась разная.

2. Высота подъема жидкости оказалась больше в материале с меньшим радиусом капилляров.

**Вывод:** чем меньше радиус капилляров, тем выше поднимается жидкость.

**В завершении работы был проведен тест, который показал, насколько учащиеся усвоили данную тему:**

1.Для чего рыхлят почву?

* 1) *Чтобы земля была рыхлая*
* 2) *Чтобы увеличить испарение влаги из почвы*
* 3) *Чтобы уменьшить испарение влаги из почвы*
* 4) *Чтобы легче было пропалывать траву*

2.По какой формуле можно вычислить высоту подъёма жидкости в капилляре?

* 1)h = 2σ/ (ρ\*g)
* 2) h = 2σ/ (ρ\*r)
* 3) h = σ\*(ρgr)
* 4) h = 2σ/ (ρπr)

3.При погружении капиллярной стеклянной трубки радиусом r жидкость в трубке поднялась на высоту h над уровнем жидкости в сосуде. Какой будет высота подъёма жидкости в стеклянной трубке радиусом r/2

* 1) *h/2*
* 2) *2h*
* 3) *не изменится*
* *4)зависит от рода жидкости*

4. Если положить мел на мокрую губку, то он намокнет. Если же сухую губку положить на мокрый мел, то он останется сухой. Почему?

* 1) *У мела капилляры уже, чем у губки.*
* 2*) Молекулы воды обладают большей подвижность, чем молекулы воды мокрого мела*
* 3) *Когда мел находится на губке, то расстояние между молекулами мела и воды становится меньше, и мел намокает*
* 4*) У мела капилляры толще, чем у губки*

5.Бидон с керосином или бензином нельзя закрыть пробкой, обернутой тряпкой. Почему?

* *1) Бидон будет не эстетично выглядеть*
* *2) Керосин или бензин по капиллярам тряпки испарится из бидона*
* *3) Сложно найти тряпку такого размера*
* *4)Среди ответов нет правильного*

**Заключение**

Таким образом, в процессе исследования мной была подготовлена и проведена лабораторная работа, в ходе которой доказано, что капиллярные явления существуют, а также выяснено, что высота поднятия жидкости в капилляре зависит от радиуса капилляра.

По итогу лабораторной работы был проведен тест, по результатам которого следует, что 90% учащихся усвоили тему «Особенности капиллярных явлений».

Данная лабораторная работа помогает учителю и учащимся определить, насколько прочно усвоился изучаемый материал и повышает уровень теоретической и практической подготовки учащихся.

**Список используемых источников и литературы:**

1. <http://elementy.ru/trefil/21213/Poverkhnostnoe_natyazhenie>
2. <https://traditio.wiki/Капиллярный_эффект>
3. Г.С. Ландсберг Элементарный Учебник Физики 2010. С.465.
4. <https://foxford.ru/wiki/fizika/sila-poverhnostnogo-natyazheniya>
5. <http://worldofschool.ru/fizika/kondens/poverhnosti/smachivanie>
6. <https://studfiles.net/preview/2180832/page:22/>
7. <http://100ballov.kz/mod/page/view.php?id=2704>
8. <http://phscs.ru/physics7/wetting>
9. <http://chemport.ru/data/chemipedia/article_1536.html>
10. http://energomash.pro/clauses/gidrogeologiya/prosachivanie-i-kapillyarnyy-podem-vody-v-peskakh/

1. http://elementy.ru/trefil/21213/Poverkhnostnoe\_natyazhenie [↑](#footnote-ref-1)
2. https://traditio.wiki/Капиллярный\_эффект [↑](#footnote-ref-2)
3. Г.С. Ландсберг Элементарный Учебник Физики 2010. С.465. [↑](#footnote-ref-3)
4. <https://foxford.ru/wiki/fizika/sila-poverhnostnogo-natyazheniya> [↑](#footnote-ref-4)
5. http://worldofschool.ru/fizika/kondens/poverhnosti/smachivanie [↑](#footnote-ref-5)
6. https://studfiles.net/preview/2180832/page:22/ [↑](#footnote-ref-6)
7. <http://100ballov.kz/mod/page/view.php?id=2704> [↑](#footnote-ref-7)
8. http://phscs.ru/physics7/wetting [↑](#footnote-ref-8)
9. http://chemport.ru/data/chemipedia/article\_1536.html [↑](#footnote-ref-9)
10. http://energomash.pro/clauses/gidrogeologiya/prosachivanie-i-kapillyarnyy-podem-vody-v-peskakh/ [↑](#footnote-ref-10)