

1)Титульный. Здравствуйте. Команда «Лицея БГУ» рада приветствовать уважаемое жюри, команды-соперницы, а также зрителей. Сегодня вашему вниманию мы представим доклад о проделанной нами работе над задачей «Чернильная капля». Позвольте напомнить условие задачи: Поместите каплю чернил для шариковых ручек на поверхность воды, капля придет в движение. Объясните наблюдаемые явления качественно и количественно.

Вступление

2) В нашем докладе мы попытаемся определить

а)Химический состав чернил

б)Качественно объяснить эффект, который можно наблюдать в подобных экспериментах

в)От чего зависит мгновенная скорость чернильной капли

Начнем с первого пункта нашего плана.

3) Определим химический состав чернил. Всего в составе чернил может быть до 15 компонентов.

Чернила состоят из:

Воды – основной компонент и главный растворитель (40-85 процентов)

Соразтворителя. Вводится в состав чернил для улучшения растворимости красящего вещества (5-35 процентов)

Красящее вещество (2-20 процентов)

ПАВ. Усиливает смачивание поверхности субстрата.(0,1-12 процентов)

Также в состав чернил входит фиксирующая добавка (пенетрат). Помогает зафиксировать чернила на субстрате (бумаге, пленке и т.д.)

Регуляторы поверхностного натяжения, вязкости и кислотности чернил. Служат для установления и поддержания необходимых физико-химических характеристик чернил. С помощью их ПАВ распределены по всему объему капли чернил, а не на поверхности как это должно было быть.

Перейдем ко второму пункту плана. Рассмотрим из-за чего капля движется.

4)Как происходит движение

При попадание чернильной капли на поверхность воды наблюдается интенсивное беспорядочное движение капли чернил по всей поверхности воды, часто сопровождающееся вращением.

Когда чернильная капля лежит на поверхности воды происходит диффузия ПАВ в воду, что в свою очередь изменяет поверхностное натяжение воды. Разберем каждое явление подробнее.

Начнем с поверхностного натяжения.

5)Поверхностное натяжение

Поверхностное натяжение —это характеристика поверхности раздела фаз (тел), определяемая как работа образования единицы площади этой поверхности. Сила поверхностного натяжения направлена по касательной к поверхности жидкости, перпендикулярно к участку контура, на который она действует. Сила поверхностного натяжения пропорциональна длине того участка контура, на который она действует. Коэффициент

пропорциональности сигма– называется коэффициентом поверхностного натяжения. Он измеряется в ньютонах на метр.

$$F = \delta L$$

Коэффициент сигма зависит только от свойств самой жидкости. Добавляя ПАВ мы изменяем коэффициент поверхностного натяжения.

На данном рисунке показано направление сил поверхностного натяжения для любого тела. Вертикальная составляющая $F = cL \sin \alpha$ компенсирует силу тяжести. Горизонтальные составляющие $F = cL \cos \alpha$ компенсируются. Особенностью чернил является неравномерное растворении ПАВ в различных точках соприкосновения с водой, в результате чего неравномерно изменяется поверхностное натяжение воды, что обуславливает появление горизонтальной силы. Данный процесс показан на рисунке. Рассмотрим малые участки контура

Для первого

$$F_i = \delta_i L \cos \theta$$

Для второго

$$F_j = \delta_j L \cos \theta$$

Тогда результирующая сила

$$F = F_i - F_j = \delta_i L \cos \theta - \delta_j L \cos \theta$$

Чтобы определить результирующую силу надо рассмотреть силу поверхностного натяжения в каждой точке, а потом просуммировать.

Вторым важным физическим явлением является диффузия.

Диффузия.

Диффузия — процесс переноса материи из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией. Диффузия представляет собой процесс на молекулярном уровне и определяется случайным характером движения отдельных молекул. Все виды диффузии подчиняются одинаковым законам. Скорость диффузии пропорциональна площади поперечного сечения образца, а также разности концентраций и температуре. Но все же почему с разных сторон чернильной капли разное поверхностное натяжение? Разберемся.

1) Диффузия – процесс хаотический. Поэтому логично предположить, что в разных точках контура разная скорость диффузии ПАВ.

2) Для того, чтобы ПАВ в чернилах находился по всему объему, в них добавляют регуляторы поверхностного натяжения. Но все же на поверхности ПАВ больше, чем внутри капельки. Если мы рассмотрим стержень из которого выдуваем, заметно, что следуя нашим рассуждениям количество ПАВ с одной стороны будет больше, чем с другой.

Теперь перейдем к самим экспериментам

Основные проблемы опытов

При изучении движения чернильной капли возникают некоторые проблемы:

- 1) Мы не знаем точного химического состава чернил. При этом каждые чернила имеют свои особенности.
- 2) Так как капля двигается хаотически и постоянно изменяет направление, тяжело определить экспериментальную зависимость мгновенной скорости от тех или иных параметров.
- 3) Концентрация растворенных в воде веществ постоянно изменяется, что влечет за собой изменения параметров движения.

При проведении опытов наблюдаются различные виды движений. Это связано с тем, что чернила имеют разное химическое строение. Так на слайде видно, что капля не растекается, пока мы не пробиваем некоторую «пленку». На наш взгляд это связано с наличием в чернилах фиксирующих добавок (пенетрата). Количество и качество этой добавки также определяют поведение капли на воде.

Нет и все

В данных опытах не наблюдается движения капли. Эти эксперименты протекают при достаточно низкой температуре или при наличии большого количества пенетрата, что обуславливает малую скорость диффузии ПАВ в воду. Поэтому капля и не движется. Также на видео видно как хвостик чернил сжимается, уменьшает площадь. Это яркий пример действия сил поверхностного натяжения.

Реактивное движение

При повышении температуры или уменьшения в чернилах количества пенетрата капля движется, оставляя за собой хвост чернил. Этот эффект наблюдался чаще всего.

Растекание

При дальнейшем повышении температуры капля достаточно быстро растекается по всей поверхности. При этом мы видим, что диффузия происходит приблизительно с равной скоростью по всему контуру. В данных опытах нельзя однозначно определить чернильную каплю.

О, двигается

Также существует еще одно явление, которое наблюдается не во всех чернилах. Капля движется не оставляя за собой хвоста. На наш взгляд это объясняется наличием достаточного количества пенетрата. Но в то же время при большой концентрации ПАВ некоторая диффузия происходит, что и обуславливает такое движение.

О, кристаллик камфары

В одной из книг мы нашли, что похожий эффект наблюдается и с камфарными кристалликами. Данный эксперимент вы можете видеть на слайде.

Применение знаний

Чернила играют важную роль в жизни человека. Это один из способов передачи информации. И чем качественнее чернила, тем дольше, лучше

будет храниться ваша информация. Исследуя подобные задачи мы улучшаем качество. Так можно сказать, что те чернила, которые не плавали при наибольшей температуре – лучшие, так как они не взаимодействовали с водой. И эти чернила отлично сохраняют информацию находясь в воде.

Спасибо за внимание