

СЕРИЯ «НАНОШКОЛА»

Жданов Э.Р., Лачинов А.Н., Галиев А.Ф.

**УЧЕБНЫЕ ДЕМОНСТРАЦИИ
С ЭЛЕМЕНТАМИ «НАНО»**

Сборник лабораторных работ



Санкт-Петербург
Школьная лига
2013

Жданов Э.Р., Лачинов А.Н., Галиев А.Ф.

М 42 Учебные демонстрации с элементами «нано». Сборник лабораторных работ— СПб.: Школьная лига, Издательство «Лема», 2013. – 80 с.

Серия «Наношкола»

Пособие подготовлено в рамках проекта «Школьная лига РОСНАНО»

Учебное пособие рекомендовано к использованию в общеобразовательных школах экспертным советом программы «Школьная Лига РОСНАНО» в качестве материалов для элективных курсов, факультативов, организации учебно-исследовательской и проектной работы учащихся.

Председатель Экспертного совета, д.п.н. проф. Казакова Е.И.

© Жданов Э.Р., Лачинов А.Н., Галиев А.Ф., 2013

© АНПО «Школьная лига», 2013

ISBN 978-5-98709-695-6

Сборник содержит методические рекомендации по проведению демонстраций и опытов, позволяющих школьникам всех возрастов (с 1 по 11 классов) познакомиться со свойствами нановеществ и наноматериалов. Любая из 10 предложенных демонстраций может быть проведена на уроках химии, физики или биологии (окружающего мира). Демонстрации предполагают самостоятельную (под руководством педагога) деятельность детей, а также использование самых доступных веществ и материалов.

Авторы:

Жданов Эдуард Рифович – доцент, декан физико-математического факультета БГПУ им. М. Акмуллы

Лачинов Алексей Николаевич – профессор, заведующий кафедрой прикладной физики и нанотехнологий БГПУ им. М. Акмуллы

Галиев Азат Фаатович – ассистент кафедры прикладной физики и нанотехнологий БГПУ им. М. Акмуллы

Верстка *Д. Матиясевич* Корректор *Е. Брискина*

Автономная некоммерческая просветительская организация
в области естествознания и высоких технологий

«ШКОЛЬНАЯ ЛИГА»

Санкт-Петербург, 9 линия ВО, д. 8 каб. 28

e-мэйл: books@fondedu.ru тел. 8(812)640-21-31

генеральный директор М.М.Эпштейн

Подписано в печать 09.12.2013 Тираж 150 экз. Заказ № 3227

Отпечатано в ООО «Издательство «ЛЕМА»

Санкт-Петербург, Средний пр. В.О., 24 Телефон/факс: (812) 401-01-74

e-mai: izd_lemma@mail.ru

Содержание

Предисловие	4
МОЛОКО И КРАСИТЕЛИ.....	5
МОНОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ СЛОЙ	13
ОТ МИКРО К НАНО (ПОЛИЭТИЛЕН).....	19
НЕНЬЮТОНОВСКАЯ ЖИДКОСТЬ.....	24
КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ.....	30
ЯВЛЕНИЯ СМАЧИВАНИЯ И НЕСМАЧИВАНИЯ	36
ВУЛКАН НА КОЛЕНКЕ.....	41
УМНЫЕ ЖИДКОСТИ	49
ВОЛШЕБНЫЕ ПУЗЫРИ	54
САХАРНАЯ ЗМЕЯ	65
ОПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ.....	71

ПРЕДИСЛОВИЕ

Концепция образовательной деятельности Школьной лиги РОС-НАНО тесно связана с поддержкой перспективных образовательных проектов, направленных на развитие образовательного контента и современных образовательных технологий. К их числу могут быть отнесены проекты, связанные с поддержкой дистанционных форм обучения, с адаптацией зарубежных образовательных ресурсов, с разработкой и реализацией программ повышения квалификации для преподавателей вузов и других учебных центров, с ранней профессиональной ориентацией на уровне школьного образования.

Одним из таких проектов, направленных на разработку информационно-образовательной среды естественнонаучного образования, участие в сетевых обсуждениях, разработку и апробацию новых опытов и демонстраций, является Сетевая лаборатория разработчиков «УЧЕБНЫЕ ДЕМОСТРАЦИИ С ЭЛЕМЕНТАМИ “НАНО”».

Исходя из того, что нанотехнологии являются междисциплинарной областью фундаментальной и прикладной науки и техники, основные задачи работы лаборатории можно сформулировать следующим образом:

Основные задачи лаборатории:

- Расширение представлений учащихся и педагогов о физической картине мира на примере знакомства со свойствами нанообъектов;
- Реализация межпредметных связей, в целях интеграции дисциплин естественнонаучного цикла;
- Приобретение знаний об истории возникновения нанотехнологии, о методиках, используемых при создании нанообъектов, об уникальных свойствах наноматериалов, об их применении и перспективах развития этой отрасли науки.

В настоящее время в лаборатории представлено 10 методических рекомендаций по проведению демонстраций с элементами «НАНО», которые предназначены для педагогов, учащихся и всех, кому интересны достижения современной науки. Демонстрации предполагают самостоятельную (под руководством педагога) деятельность детей, а также использование самых доступных веществ и материалов.

МОЛОКО И КРАСИТЕЛИ



МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. Экологические проблемы. (3–4 классы)		
Среднее звено и предпрофильные классы	Тепловое движение. (7–8 классы)	Органические соединения. Химия и жизнь. (8–9 классы)	Пищеварительная система. (8–9 классы)
Старшие и профильные классы	Свойства жидкостей. (10 класс)	Химические связи. Поверхностно-активные вещества. (10–11 классы)	Органические вещества. (10–11 классы)

Приборы и принадлежности:

<p>1. Цельное молоко</p> 	<p>4. Пипетка или ватная палочка</p> 
<p>2. Сухие или жидкие красители</p> 	<p>5. Кювета (неглубокая тарелка и т.п.)</p> 
<p>3. Моющее средство</p> 	

Порядок выполнения работы:

<p>1</p>	<p>В широкий сосуд (кювету) налейте небольшое количество цельного молока, чтобы получился слой 1–2 см.</p>	
<p>2</p>	<p>Стараясь не двигать кювету, добавьте в нескольких местах по несколько капель каждого красителя.</p>	
<p>3</p>	<p>Возьмите ватную палочку, окуните её в моющее средство, а затем прикоснитесь ей в самый центр кюветы с молоком.</p>	

4	Наблюдайте за происходящим в кювете.	
---	--------------------------------------	---

МЛАДШИЕ КЛАССЫ

В процессе выполнения данного эксперимента-фокуса вы увидели, что жидкость для мытья посуды заставляет краски разбегаться. В результате на поверхности молока получают цветные завитки.

На самом деле всё было бы невозможно без молока. В молоке имеются очень маленькие (невидимые нам) частицы жира в виде клубков. Когда мы добавляем краситель, то частицы красителя прикрепляются к этим клубкам. Когда же мы добавляем моющее средство, то вещества, содержащиеся в моющем средстве, заставляют жировые клубки распутываться и разбегаться. А вместе с ними «разбегаются» и частички красителя.



Вопросы и задания

- Попробуйте взять вместо молока обычную воду. В этом случае, краска будет медленно растворяться (перемешиваться) в воде. Однако добавление моющего средства не вызовет бурного перемешивания.
- Попробуйте добавить в молоко пищевой краситель разных цветов. Когда они перемешаются, получатся новые цвета. Например, если взять жёлтый и красный краситель, при их смешивании получится оранжевый.

СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Жир в молоке находится в виде жировых шариков диаметром 2–5 микрон (в 100 раз меньше диаметра человеческого волоса), впрочем, они могут быть значительно бóльших и меньших размеров. В одном миллилитре молока насчитывают от 2 до 5 миллиардов жировых шариков разного диаметра. Чем они крупнее, тем их меньше в определённом объёме. Размер жировых шариков имеет большое значение в маслоделии. В молоке жирномолочных коров встречаются более крупные жировые шарики, они быстрее оседают, чем мелкие. Особое и сложное устройство оболочки жировых шариков препятствует их слиянию в свежем молоке и в то же время не мешает тому, что в сливках они объединяются в группы.

Для этого опыта нужно брать именно гомогенизированное молоко, то есть такое, где жир в виде очень мелкой взвеси равномерно распределён по всему объёму жидкости. Когда ты добавляешь в молоко краситель, сначала ничего не происходит. Капли красителя остаются там, куда ты их нанёс. Однако когда ты добавляешь мыло, оно начинает расплываться по поверхности молока.

Частицы молока – полярные молекулы; один конец каждой из таких частиц (молекул) заряжен положительно, а другой – отрицательно. Так как противоположные молекулы притягиваются друг к другу, положительно заряженные концы молекул мыла притягиваются к отрицательно заряженным частицам жира в молоке, и начинают двигать их. Двигаясь, частицы жира толкают и частицы красителя. Из-за этого краситель смешивается с молоком, и получаются красивые узоры.

Задания

- Пронаблюдайте «взрыв» цвета в кювете, зафиксируйте происходящее с помощью фото-, видеокамеры.
- Составьте отчёт по проделанной работе.
- Творческое задание: продумайте эффектную реализацию опыта, продемонстрируйте его одноклассникам.

СТАРШИЕ КЛАССЫ

Жир в молоке находится в виде жировых шариков диаметром 2–5 микрон, впрочем, они могут быть значительно бóльших и меньших размеров. В одном миллилитре молока насчитывают от 2 до 5 миллиардов

жировых шариков разного диаметра. Чем они крупнее, тем их меньше в определённом объёме. Размер жировых шариков имеет большое значение в маслоделии. В молоке жирномолочных коров встречаются более крупные жировые шарики, они быстрее оседают, чем мелкие (рис. 1). Особое и сложное устройство оболочки жировых шариков препятствует их слиянию в свежем молоке и в то же время не мешает тому, что в сливках они объединяются в группы.

В состав натуральных оболочек жировых шариков негомогенизованного молока входят белки, гликопротеиды, фосфолипиды, гликолипиды, холестерин, ферменты, β -каротин, витамин А, токоферолы и другие вещества.

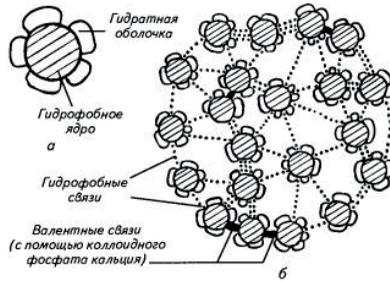
Все компоненты оболочки распределены асимметрично и соприкасаются (хотя бы частично) и с жировой, и с водной фазой. Липиды в оболочке (из них 40–90% фосфолипидов) распределяются равномерно.

В оболочке 21% протеидов, из которых 5% составляют гликопротеиды. Молекулы гликопротеидов пронизывают всю оболочку жирового шарика и играют основную роль в её стабилизации.

В оболочке находятся как гидрофобные, так и гидрофильные белки. Гидрофобные белки большей частью находятся во внутреннем слое оболочки, но частично выводят свои функциональные группы на поверхность оболочки в сторону водной фазы. Гидрофильные белки представляют собой низкомолекулярные полипептиды, которые находятся во внешнем слое оболочки. Они слабо сцеплены между собой и легко десорбируют в плазму при проявлении внешнего воздействия на оболочку. При разрушении оболочки эти белки первыми выводятся из внешнего слоя. Толщина натуральной оболочки жирового шарика от 10–15 нм (иногда 20–30 нм). Толщина адсорбционной оболочки 8–10 нм.

Применение механического воздействия при гомогенизации приводит к разрушению натуральной оболочки и дроблению крупных жировых шариков на более мелкие. Вместе с тем мелкие, вновь образующиеся жировые шарики, снова должны быть покрыты оболочкой, иначе будет нарушена стабильность жировой эмульсии в молоке, что приведёт к образованию «свободного» жира.

Площадь поверхности жировых шариков после гомогенизации увеличивается в 10 раз. В негомогенизованном молоке площадь поверхности жировых шариков в 1 мл составляет 1,2–1,5 м². В гомогенизованном молоке она достигает 15 м². В этом случае начинает формироваться адсорбционная оболочка. Адсорбционная оболочка формируется за счёт компонентов натуральной оболочки и адсорбируемых компонентов плазмы молока.



Мицелла и субмицеллы казеина

Внутренний слой оболочки жирового шарика – сплошной гелеобразный с трёхмерной структурой – состоит из развернутых макромолекул белков и липидно-белковых комплексов, высокоассоциированных между собой в основном за счёт межмолекулярных гидрофобных связей при содействии водородных связей и электростатического притяжения.

Внешний слой оболочки жирового шарика – диффузный, рыхлый, подвижный, сильно сольватированный дисперсионной средой – состоит из макромолекул белков или липидно-белковых комплексов, свёрнутых в глобулы с прочными гидратными оболочками. Структура этих глобул обусловлена внутримолекулярными гидрофобными взаимодействиями при содействии водородных связей и электростатического притяжения. Она обеспечивает наименьший контакт неполярных групп с водой.

Вокруг каждой полярной группы, расположенной на наружной поверхности оболочки жирового шарика и обращённой в сторону водной фазы, ориентируется слой противоионов, в основном ионов кальция, что и приводит к возникновению двойного электрического слоя с характерными для него адсорбционной и диффузной частями. Сильно гидратированные противоионы диффузной части ДЭС образуют гидратную оболочку, что и обуславливает высокую лиофильность поверхности оболочки жирового шарика.

Чем ближе к водной фазе расположены элементы внешнего слоя оболочки, тем в большей степени выражена их мицеллярная структура, выше плотность поверхностного заряда и прочнее гидратная оболочка, тем слабее они связаны между собой и легче десорбируют в плазму при внешнем воздействии.

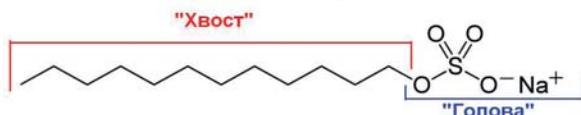
Оболочка жирового шарика плотно скреплена с ядром жира.

Об этом свидетельствует тот факт, что в гомогенизированных сливках обнаруживаются фрагменты натуральной оболочки. Оболочку жировых шариков цельного негомогенизированного молока называют нату-

ральной. После гомогенизации вновь образовавшиеся жировые шарики приобретают новую оболочку – адсорбционную.

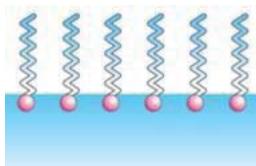
При добавлении в молоко моющего средства происходит одновременно несколько процессов. Во-первых, моющее средство снижает поверхностное натяжение, и за счёт этого пищевые красители начинают свободно перемещаться по всей поверхности молока. Но самое главное, что моющее средство вступает в реакцию с молекулами жира в молоке, и приводит их в движение.

Моющее средство является поверхностно-активным веществом (ПАВ). Молекулы таких веществ состоят из двух частей: «голова» и «хвост». «Голова» молекулы гидрофильная («любящая воду»), «хвост» – гидрофобный («отталкивающий воду»). Роль «голова» в молекуле ПАВ играют различные полярные группы (часто способные к электролитической диссоциации), например, $-\text{COONa}$, $-\text{SO}_3\text{Na}$, $(-\text{NR}_3)^+$ и другие. Такие группы хорошо притягивают молекулы воды. «Хвост» молекулы обычно состоит из длинных углеводородных радикалов. Углеводородные радикалы плохо взаимодействуют с молекулами воды.



Молекула лаурилсульфата натрия

Гидрофильный конец молекулы притягивается к воде, гидрофобный «хвост» – отталкивается и стремится покинуть слой воды. В результате часть молекул ПАВ выстраивается на поверхности воды, при этом «голова» молекулы находится в воде, а «хвост» – в воздухе. Образуется плёнка из молекул поверхностно-активного вещества.



Слой молекул ПАВ (например, мыла) на поверхности воды

Молоко на 87% состоит из воды. Но на пути молекул ПАВ встречаются жировые шарики. Гидрофобные «хвосты», испытывая выталкивающее давление со стороны водной основы молока, стремятся прикрепиться к жировым шарикам. Активные молекулы ПАВ вытесняют белки и липиды с оболочки шариков, и молекулы белков оказываются в водном

растворе. В оболочке молекулы белков находились в развёрнутом состоянии, так как в плотном конгломерате жирового шарика гидрофобные части молекул находятся внутри. Перейдя же в водную фазу при взаимодействии с окружающими молекулами воды, белковые молекулы в молоке «стремятся» свернуться так, чтобы неполярные боковые группы аминокислот оказались изолированы от водного раствора; на поверхности молекулы оказываются полярные гидрофильные боковые группы. Это и вызывает сильные волнения в молоке, которые мы можем наблюдать по активному движению микроскопических частиц краски.

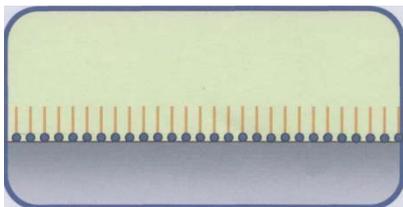
Контрольные вопросы и задания

- Пронаблюдайте «взрыв» цвета в кювете, зафиксируйте происходящее с помощью фото-, видеокамеры.
- Составьте подробный обоснованный отчёт по проделанной работе (согласно приложению).
- Творческое задание: продумайте эффектную реализацию опыта, продемонстрируйте его одноклассникам.
- Поверхностно-активные вещества – это...
- Почему в данном опыте не следует использовать обезжиренное молоко?
- Что такое мицеллы? Какие виды мицелл вы знаете?
- Поясните термины гидрофобность и гидрофильность.
- Жирность молока 3,5%. Сколько жировых шариков будет в 1 литре молока, если диаметр шариков $d = 2$ микрон? *Сколько их будет, если диаметр шариков d находится в интервале от 2 до 5 мкм. А их относительное количество N/N_0 прямо пропорционально d .

Литература

1. Что такое молоко
<http://animalialib.ru/books/item/f00/s00/z0000013/st002.shtml>
2. Мыльные пузыри
<http://chemistry-chemists.com/Video-Physics/big-soap-bubble.html>
3. Поверхностно-активные вещества
<http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3420.html>
4. Мицеллы
[http://ru.wikipedia.org/wiki/ Мицеллы](http://ru.wikipedia.org/wiki/Мицеллы)
5. Машкин М.И. Молоко и молочные продукты. – К.: Урожай, 1996. – 336 с.

МОНОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ СЛОЙ



МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. (3–4 классы)		
Среднее звено и пред-профильные классы	Сила трения. (7–8 классы)	Растворы, органические соединения. (8–9 классы)	Клетка, мицеллы. (6–9 классы)
Старшие и профильные классы	Явления смачивания и капиллярности. (10–11 классы)	Поверхностно-активные вещества. (10–11 классы)	Клетка, эволюция жизни. (10–11 классы)

Приборы и принадлежности:

<p>1. Микрошприц</p> 	<p>4. Линейка</p> 
<p>2. Детская присыпка или мел</p> 	<p>5. Кювета (неглубокая тарелка и т.п.)</p> 
<p>3. 1%-ный раствор олеиновой кислоты</p> 	<p>6. Дистиллированная вода</p> 

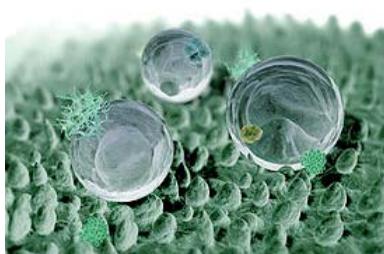
Порядок выполнения работы

<p>1</p>	<p>В широкий сосуд (кювету) налейте дистиллированную воду (при отсутствии подойдёт водопроводная).</p>	
<p>2</p>	<p>Поверхность воды покройте тонким слоем присыпки.</p>	
<p>3</p>	<p>На поверхность воды капните каплю объёмом $V_1 = 100$ мкл однопроцентного раствора олеиновой кислоты в этаноле.</p>	
<p>4</p>	<p>Измерьте средний диаметр максимально расплывшегося масляного пятна d. С этой целью измерьте диаметр пятна в шести различных направлениях и вычислите среднеарифметическое значение.</p>	$d_{cp} = \frac{\sum d_i}{6}$

5	Пренебрегая разностью значений плотности этанола и олеиновой кислоты (0,789 г/см ³ и 0,887 г/см ³ соответственно), вычислите объём кислоты.	$V = 0,01 V_1$
6	Вычислите диаметр молекулы олеиновой кислоты.	$D = \frac{V}{S} = \frac{4V}{\pi d^2}$

МЛАДШИЕ КЛАССЫ

Представьте, что Вы оказались под дождём, без зонта. Первое время будет даже приятно, а потом промокнете до последней ниточки. Однако современные технологии позволяют сделать такую одежду, которая способна «выйти сухой из воды». Что же «отталкивает» дождь? Почему одни материалы легко впитывают воду, а другие остаются сухими? Оказывается, всему виной микроструктура материалов. Если поверхность материала, подобно листьям лотоса или крыльям насекомых, состоит из микроскопических «пупырышков», то материал будет отталкивать воду. Тогда говорят о несмачиваемости или гидрофобности. Если же такой структуры нет, то вода легко смачивает поверхность материала – наблюдается *гидрофильность*.

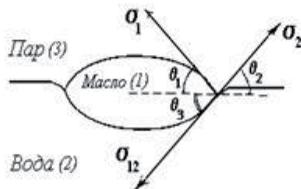


Если поверхность материала, подобно листьям лотоса или крыльям насекомых, состоит из микроскопических «пупырышков», то материал будет отталкивать воду. Тогда говорят о несмачиваемости или гидрофобности. Если же такой структуры нет, то вода легко смачивает поверхность материала – наблюдается *гидрофильность*.

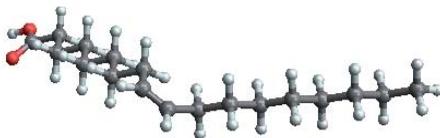
Не схожие ли явления наблюдаются в нашем опыте? Оказывается, да! Вспомните эти капли жира, похожие на линзы, на поверхности бульона! В одних случаях капли жидкости на поверхности другой жидкости «разбегаются», образуя плёнку толщиной в одну молекулу! В других же остаются в виде капли.

СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Капля жидкости (например, масла), несённая на поверхность другой жидкости (например, воды), в которой она не растворяется, при равновесии принимает форму линзы, схематично представленную на ри-



сунке. Геометрические соотношения между межфазовыми натяжениями соответствуют показанным на этом рисунке. При равновесии после выделения горизонтальных составляющих межфазовых натяжений можем записать:



$$\sigma_1 \cos\Theta_1 + \sigma_{12} \cos\Theta_3 = \sigma_2 \cos\Theta_2 ,$$

где σ_1 , σ_2 , σ_{12} – поверхностное натяжение масла, воды и межфазовое натяжение на поверхности масло-вода; углы Θ_1 , Θ_2 , Θ_3 – соответствующие углы для выделения горизонтальной составляющей поверхностного (межфазового) натяжения.

Жидкость будет растекаться по поверхности другой жидкости, если углы Θ_i будут стремиться к нулю. Примером такого случая как раз и является растекание олеиновой кислоты.

Интересно, что олеиновая кислота содержится в оливковом масле – до 81%, в арахисовом – до 66%, в подсолнечном – до 40%, в говяжьем жире 41–42%, в свином – 37–44%. Химическую формулу можно представить в виде $C_{18}H_{34}O_2$.

СТАРШИЕ КЛАССЫ

Наиболее характерным свойством жидкости, отличающим её от газа, является то, что на границе с газом жидкость образует свободную поверхность, наличие которой приводит к возникновению явлений особого рода, называемых поверхностными. Своим возникновением они обязаны особым физическим условиям, в которых находятся молекулы вблизи свободной поверхности.

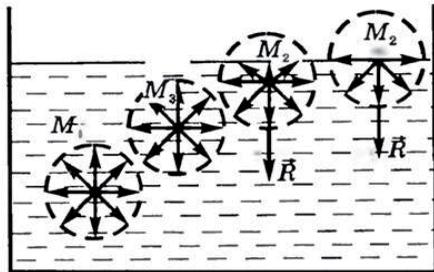
На каждую молекулу жидкости действуют силы притяжения со стороны окружающих её молекул, расположенных от неё на расстоянии порядка 10^{-9} м (радиус молекулярного действия). На молекулу M_1 , расположенную внутри жидкости (рис. 1), действуют силы со стороны таких же молекул, и равнодействующая этих сил близка к нулю.

Для молекул M_2 равнодействующие силы отличны от нуля и направлены внутрь жидкости, перпендикулярно к её поверхности. Таким образом, все молекулы жидкости, находящиеся в поверхностном слое, втягиваются внутрь жидкости. Но пространство внутри жидкости занято другими молекулами, поэтому *поверхностный слой создаёт давление на жидкость (молекулярное давление)*. Чтобы переместить молекулу M_3 ,

расположенную непосредственно под поверхностным слоем, на поверхность, необходимо совершить работу против сил молекулярного давления. Следовательно, молекулы поверхностного слоя жидкости обладают дополнительной потенциальной энергией по сравнению с молекулами внутри жидкости. Эту энергию называют *поверхностной энергией*. Очевидно, что величина поверхностной энергии тем больше, чем больше площадь свободной поверхности. Пусть площадь свободной поверхности изменилась на ΔS , при этом поверхностная энергия изменилась на $\Delta W_p = \sigma \times \Delta S$, где σ – коэффициент поверхностного натяжения. Так как для этого изменения необходимо совершить работу $A = \Delta W_p$, то $A = \sigma \times \Delta S$. Отсюда $\sigma = A/\Delta S$.

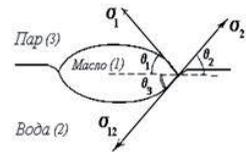
Единицей коэффициента поверхностного натяжения в СИ является джоуль на квадратный метр (Дж/м²).

Коэффициент поверхностного натяжения – величина, численно равная работе, совершённой молекулярными силами при изменении площади свободной поверхности жидкости на 1 м² при постоянной



температуре. Так как любая система, предоставленная сама себе, стремится занять такое положение, в котором ее потенциальная энергия наименьшая, то жидкость обнаруживает стремление к сокращению свободной поверхности. Поверхностный слой жидкости ведёт себя подобно растянутой резиновой плёнке, т.е. всё время стремится сократить площадь своей поверхности до минимальных размеров, возможных при данном объёме. Например, капля жидкости в состоянии невесомости имеет сферическую форму.

Капля жидкости (например, масла), нанесённая на поверхность другой жидкости (например, воды), в которой она не растворяется, при равновесии принимает форму линзы, схематично представленную на рисунке. Геометрические соотношения между межфазовыми натяжениями соответствуют



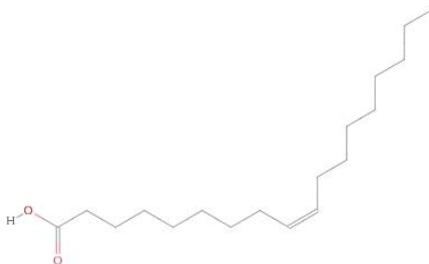
показанным на этом рисунке. При равновесии после выделения горизонтальных составляющих межфазовых натяжений можем записать:

$$\sigma_1 \cos\Theta_1 + \sigma_{12} \cos\Theta_3 = \sigma_2 \cos\Theta_2 ,$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_{12}$ – поверхностное натяжение масла, воды и межфазовое натяжение на поверхности масло-вода; углы $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ – соответствующие

углы для выделения горизонтальной составляющей поверхностного (межфазового) натяжения.

Жидкость будет растекаться по поверхности другой жидкости, если углы Θ_i будут стремиться к нулю. Примером такого случая как раз и является растекание олеиновой кислоты.



Литература

1. Поверхностное натяжение
<http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3421.html>
<http://www.physbook.ru/>
2. Эффект Лотоса
<http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article24268>
3. Поисковая система с математическими приложениями
<http://www.wolframalpha.com/>

ОТ МИКРО К НАНО (ПОЛИЭТИЛЕН)

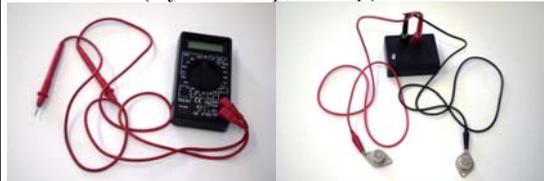


МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. (3–4 классы)		
Среднее звено и пред-профильные классы	Агрегатные состояния вещества. (7–8 классы)	Органические соединения. Химия и жизнь. (8–9 классы)	Органические вещества, теории зарождения жизни. (8–9 классы)
Старшие и профильные классы	Проводники и диэлектрики. (10–11 классы)	Полимеры. (10–11 классы)	Органические вещества. (10–11 классы)

Приборы и принадлежности:

1. Звуковой или световой индикатор короткого замыкания (мультиметр, тестер)



2. Полиэтилен



Порядок выполнения работы

1	Включите тестер, выставьте режим «прозвонки», замкните электроды. При замыкании электродов будет слышен звуковой сигнал.	
2	Зажмите между электродами полиэтиленовую плёнку. Так как плёнка является диэлектриком, цепь будет разомкнута, звукового сигнала не последует. В обычных условиях полиэтилен не проводит электрический ток (является диэлектриком).	
3	Растяните полиэтиленовую плёнку до появления металлического блеска (но не до появления разрывов). Это может не получиться с первого раза, многое зависит от вида полиэтилена.	
4	Зажмите между электродами растянутый участок полиэтиленовой плёнки. При этом должен прозвучать звуковой сигнал. Полиэтилен начал проводить электрический ток!	

МЛАДШИЕ КЛАССЫ

Полимеры играют важнейшую роль в жизни человека. Это не только изолента, скотч, одноразовая посуда и мусорные мешки. Это еще и сверхпроводящие провода, огнезащитные материалы, очистительные фильтры, и даже



процессоры и микросхемы! В то же время полимеры бывают настолько устойчивы, что, даже находясь в агрессивной среде, могут сохранять свои свойства в течение сотен лет. Поэтому загрязнение природы такими синтетическими полимерами недопустимо.

СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Полиэтилен, он же петротен, алкатен, хостален, стафлен, юнипол, карлон, хей-жеск и др., $(-\text{CH}_2\text{CH}_2-)_n$, твёрдый белый полимер; термопласт. В зависимости от способа получения различают полиэтилен высокого давления, или низкой плотности, молекулярная масса $3 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^5$ полиэтилен высокого давления (ВД) и полиэтилен низкого давления (НД), или высокой плотности – $5 \cdot 10^4 - 10^6$. Они отличаются друг от друга структурой макромолекул, а, следовательно, и свойствами. Степень кристалличности 60% (ВД) и 70–90% (НД). Полиэтилен обладает низкой газо- и паропроницаемостью (наименьшей для сильнополярных веществ, наибольшей для углеводородов). Химическая стойкость зависит от молекулярной массы и плотности. Полиэтилен не реагирует со щелочами любой концентрации, с растворами любых солей, в том числе и солей-окислителей, карбоновыми, соляной и плавиковой кислотами. Он разрушается 50%-ной HNO_3 , а также жидкими и газообразными C_{12} и F_2 . Бром и йод через полиэтилен диффундируют. Полиэтилен не растворяется в органических растворителях при комнатной температуре и ограниченно набухает в них.

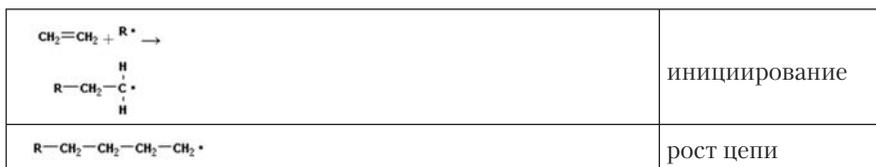
Полимеры лежат в основе жизни. Большинство учёных считают, что жизнь зародилась в процессе образования $\text{C}-\text{C}$ и $\text{C}=\text{C}$ связей. Некоторые же учёные считают, что жизнь на Земле зародилась благодаря случайному попаданию полимеров из космического пространства на планету. Сегодня эта теория имеет право на существование, так как в радиоспектрах космических тел обнаруживаются такие соединения как фуллерены, т.е. полимеры.



СТАРШИЕ КЛАССЫ

Полимерами называют высокомолекулярные соединения, состоящие из одной, двух или более малых молекул (звеньев), которые связаны между собой химической связью. Полимеры получают методами полимеризации и поликонденсации. Днём возникновения полимеров можно считать соединение атомов углерода в цепочку (С–С или С=С связи)

Полимеризация – реакция образования полимера без образования низкомолекулярных продуктов. В качестве мономера используется молекула, содержащая кратную связь. При полимеризации этилена роль бифункциональной структурной единицы играет двойная связь, которая под влиянием инициатора (например, органического пероксида перикиси бензооила (С₆Н₅СОО)₂) легко переходит в радикальное состояние R; присоединение радикала создает условия для роста цепи:



Для реакции полимеризации характерны три стадии: инициирование, рост цепи и обрыв цепи:



Полимеризация может осуществляться между разными мономерами. Такие соединения называют сополимерами. В таблице приведены примеры полимеров и сополимеров, получаемых реакцией полимеризации.

Мономер	Мономерное звено	Полимер
этилен $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	полиэтилен
винилхлорид $\text{CH}_2=\text{CHCl}$	$-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$	поливинилхлорид
$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	полистирол

Поликонденсация сопровождается образованием полимера и низкомолекулярного соединения (H_2O , HCl , NH_3 и т.п.). Мономеры должны содержать минимум две функциональные группы. Типичная реакция поликонденсации лежит в основе получения фенолформальдегидных смол или полиэфирных соединений.

Литература

1. Полимеры
<http://www.chemistry.ru/course/content/chapter12/section/paragraph6/theory.html>
2. Вычислительная и справочная система
<http://www.wolframalpha.com/>

НЕНЬЮТОНОВСКАЯ ЖИДКОСТЬ



МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. (3–4 классы)		
Среднее звено и предпрофильные классы	Агрегатные состояния вещества. Сила трения. (7–8 классы)	Органические соединения. Химия и жизнь. (8–9 классы)	Обмен веществ и превращение энергии. (8–9 классы)
Старшие и профильные классы	Свойства жидкостей. Механика жидкостей и газов. (10–11 классы)	Углеводы. Полимеры. (10–11 классы)	Органические вещества. (10–11 классы)

Приборы и принадлежности:

<p>1. Крахмал</p> 	<p>2. Вода</p> 	<p>3. Два глубоких сосуда</p> 	<p>4. Салфетки или бумажные полотенца</p> 
---	--	---	---

Порядок выполнения работы

1	<p>Растворите крахмал в холодной воде, в пропорции 1:1.</p>	
2	<p>Зачерпните пригоршню и резко вырвите из раствора. В руках окажется осколок с характерными кристаллическими сколами по краям.</p>	
3	<p>Пронаблюдайте, как вырванный Вами «осколок» моментально оплывает и растекается обычной жидкостью, проливаясь сквозь пальцы.</p>	
4	<p>Попробуйте перелить раствор из одного сосуда в другой.</p>	
5	<p>Экспериментируйте! (Например, попробуйте другие пропорции смеси.)</p>	

Раствор крахмала ведёт себя по-разному в зависимости от воздействия. Если на него воздействовать резко, быстро, сильно, он проявляет свойства, близкие к свойствам твёрдых тел, а при медленном воздействии становится жидкостью. Объяснение этого явления предложил Скотт Уайтукайтис, физик из университета Чикаго: вместе с коллегами он решил заглянуть внутрь непрозрачной смеси воды и крахмала и посмотреть, как она себя ведёт при резком ударе. Регистрируя происходящее под поверхностью смеси с помощью рентгеновской установки, выяснили, что удар выдавливает воду, находящуюся между крупинками крахмала, и трение между ними резко возрастает, подобно снежинкам в снежке – они слипаются вместе и создают расширяющийся фронт вещества, который в месте удара ведёт себя как твёрдое тело.

Применение

В мире, как ни странно, очень популярны неньютоновские жидкости. Например, умный пластилин или хендгам. На ощупь напоминает жевательную резинку, но он может течь, рваться и ломаться. В США на основе неньютоновских жидкостей министерство обороны начало выпуск для военных бронежилетов, которые по своим характеристикам даже лучше обычных, так как легче по весу и проще в изготовлении. Также их применяют в автопроме: изготовленные на основе этих жидкостей моторные масла, их ещё называют «умными маслами», уменьшают износ двигателя автомобиля. Неньютоновская жидкость предлагается и как средство для ремонта дорожных полотен.

В природе есть пример неньютоновских жидкостей – это зыбучие пески.

МЛАДШИЕ КЛАССЫ

Вы, наверное, слышали о зыбучих песках? А что они собой представляют и какую опасность несут, знают немногие. Зыбучий песок может за считанные минуты поглотить человека, животное, корабли, и даже целые города! Между тем это обычный песок, но обладающий свойствами неньютоновской жидкости. Такие жидкости не подчиняются интуитивным ощущениям (законам Ньютона). Если бы вода была неньютоновской жидкостью, то из крана она вытекала бы с большим трудом. Зато при достаточно большой скорости можно было бы ходить по водной поверхности. Однако при остановке мы провалились бы в такую воду.

Почему же одни жидкости «послушные», а другие могут вести себя как твёрдые тела? Всё дело в молекулах, из которых состоят жидкости.

Обычная вода состоит из простых молекул и некоторого количества растворённых веществ. Если же растворить в воде крахмал, обладающий очень сложным строением молекул, то мы получим раствор, напоминающий зыбучий песок.



Контрольные вопросы и задания

- После выполнения работы зарисуйте опыт.
- На рисунке изобразите строение жидкости и твёрдого тела.
- Приведите примеры использования неньютоновской жидкости.

СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Ньютоновскими называются жидкости, которые имеют вязкость, не зависящую от силы (а точнее, от изменения скорости деформации), которую к ним прикладывают. Вязкость – это коэффициент пропорциональности между образующейся в жидкости в ответ на деформацию силой вязкого трения и изменением скорости этой деформации. Ньютоновская вязкость зависит только от температуры и давления и полностью характеризует поведение жидкости. Ньютоновскими является большая часть жидкостей, с которыми мы привыкли иметь дело: вода, водные растворы, нефтепродукты, ацетон и т.п.

Однако существуют жидкости (растворы полимеров, коллоидные суспензии, строительные растворы, пищевые и кормовые смеси и т.п.), которые не подчиняются закону Ньютона.

Обычно такие жидкости сильно неоднородны и состоят из крупных молекул, образующих сложные пространственные структуры. Такие жидкости называются неньютоновскими или Бингемовскими. Для неньютоновских жидкостей динамическая вязкость может зависеть от градиента скорости, времени и т.д. Неньютоновские жидкости, как правило, обладают сложным строением. Например, формулу картофельного крахмала можно записать в таком виде $(C_6H_{10}O_5)_n$ (как и у целлюлозы). Однако пространственное строение крахмала весьма сложное. Внутренняя часть крахмального зерна состоит из спиралей – амилозы. А оболочка – из амилопектина. Попробуйте выучить название амилопектина по ИЮ-ПАК: 2 - [6 - [[4,5 - Dihydroxy - 3 - [3,4,5 - trihydroxy -6- (hydroxymethyl) oxan - 2 - yl] oxy - 6 - [4,5,6 - trihydroxy - 2 - (hydroxymethyl) oxan - 3 - yl]

oxyoxan - 2 - yl] methoxy] - 4,5 - dihydroxy - 2 - (hydroxymethyl) oxan-3-yl] oxy - 6 - (hydroxymethyl) oxane - 3,4,5 - triol.

Контрольные вопросы и задания:

- Составьте обоснованный отчёт о проделанной работе.
- Поясните термины: вязкость, плотность.

СТАРШИЕ КЛАССЫ

Основной характеристикой гидродинамических свойств жидкости является вязкость. Вязкость – свойство жидкости оказывать сопротивление относительному сдвигу её слоёв. Вязкость проявляется в том, что при относительном перемещении слоёв жидкости на поверхностях их соприкосновения возникают силы сопротивления сдвигу, называемые силами внутреннего трения (вязкости).

Если рассмотреть то, как распределяются скорости различных слоёв жидкости по сечению потока, то можно легко заметить, что чем дальше от стенок потока, тем скорость движения частиц больше. У стенок потока скорость движения жидкости равна нулю. При движении двух соседних слоев жидкости друг относительно друга между ними имеется идеальный контакт, неосуществимый при соприкосновении твёрдых поверхностей, как бы тщательно они ни были отшлифованы. Молекулы более быстрого слоя увлекают за собой молекулы медленного слоя, так как между ними действует молекулярное притяжение, и в свою очередь тормозятся ими. В этом причина вязкости или внутреннего трения в жидкостях. Из-за текучести жидкости здесь уже не происходит разрыва всех молекулярных связей, как при скольжении твёрдых поверхностей. Часть молекул «перескакивает» в направлении действия молекулярных сил. Величина трения обратно пропорциональна текучести жидкости и значительно уступает по величине сухому трению, если только относительная скорость слоёв жидкости не очень

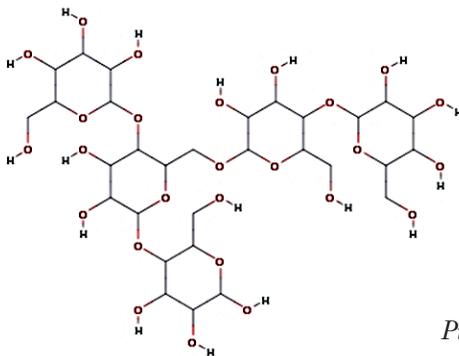


Рис.:
пространственное
строение крахмала

велика. Если между соседними слоями жидкости выделить некоторую площадку S , то согласно гипотезе Ньютона:

$$F = \eta S \frac{\partial v}{\partial y},$$

где F – силы вязкого трения; dv/dy – градиент (быстрота изменения) скорости, η – коэффициент вязкого трения. Физический смысл коэффициента вязкого трения – число, равное силе трения, развивающейся на единичной поверхности при единичном градиенте скорости. Единицы измерения: $[Н \cdot с / м^2]$, $[Пз]$ (Пуаз), $1Пз = 0,1Н \cdot с / м^2$.

Особенностью ньютоновских жидкостей является полное отсутствие трения покоя. Однако существуют жидкости (растворы полимеров, коллоидные суспензии, строительные растворы, пищевые и кормовые смеси и т.п.), которые не подчиняются закону Ньютона. Такие жидкости называются неньютоновскими или Бингемовскими. Для неньютоновских жидкостей динамическая вязкость может зависеть от градиента скорости, времени и т.д.

Неньютоновские жидкости, как правило, обладают сложным строением. Например, формулу картофельного крахмала можно записать в таком виде $(C_6H_{10}O_5)_n$ (как и у целлюлозы). Однако пространственное строение крахмала весьма сложное. Внутренняя часть крахмального зерна состоит из спиралей – амилозы. А оболочка – из амилопектина. Название амилопектина по ИЮПАК: 2-[6-[[4,5-Dihydroxy-3-[3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl) oxan-2-yl] oxy-6-[4,5,6-trihydroxy-2-(hydroxymethyl) oxan-3-yl] oxyoxan-2-yl] methoxy]-4,5-dihydroxy-2-(hydroxymethyl) oxan-3-yl]oxy-6-(hydroxymethyl) oxane-3,4,5-triol.

Контрольные вопросы и задания

- Составьте обоснованный отчёт о проделанной работе.
- Поясните термины: вязкость, плотность.

Литература

1. Описание крахмала
<http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2156.html>
2. Поисковая система с математическими приложениями
<http://www.wolframalpha.com/>

КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ



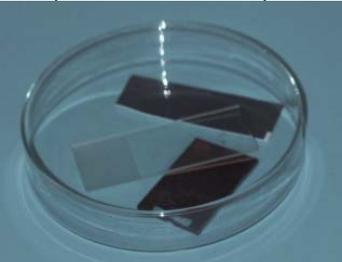
МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. (3–4 классы)		
Среднее звено и предпрофильные классы	Три состояния вещества. (7–8 классы)	Анализ почвы и воды. (8–9 классы)	Строение клетки, кровь. (8–9 классы)
Старшие и профильные классы	Поверхностное натяжение жидкости. (10–11 классы)	Жидкое состояние вещества. (10–11 классы)	Биологическая эволюция. (10–11 классы)

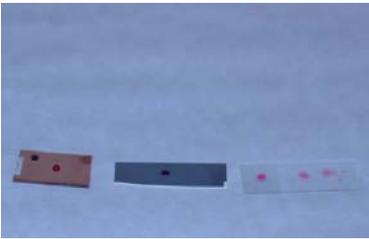
Рекомендации

Демонстрация охватывает широкий круг явлений, связанных с такими вопросами, как физика жидкостей, граница раздела двух тел, поверхностно-активные вещества, бионика. Представленное описание лишь частично раскрывает суть опыта. Логично дополнить демонстрацию описанием таких явлений, как эффект лотоса, гидрофилизация и гидрофобизация поверхности, осмос и т.д. Демонстрацию можно адаптировать под объяснение как тем из общей школьной программы цикла естественнонаучных дисциплин, так и при проведении элективных курсов, кружков, подготовке к олимпиадам. Кроме того, демонстрация может быть положена в основу научной (проектной) работы школьника. Широкие вариации в этом направлении открываются, если использовать краевой угол смачивания не только для определения характеристик поверхности твёрдых тел, но и свойств самой жидкости.

Приборы и принадлежности

<p>1. Вода (подкрашенная)</p> 	<p>3. Фотоаппарат</p> 
<p>2. Пипетка</p> 	<p>4. Набор образцов (стекло, ситалл, металлическая плёнка, поверхность с нанопокрытием и т.д.)</p> 

Порядок выполнения работы

1	Наберите воду в пипетку, поместите по капле воды на исследуемые образцы.	
2	Используя фотоаппарат в режиме макро, сделайте снимки профилей капель, загрузите полученные фотографии в любой графический редактор.	
3	Измерьте диаметры и высоту капель (размерность не имеет значения, можно измерять в пикселях, точках, мм и т.д.).	
4	Рассчитайте значения косинуса краевого угла смачивания.	$\cos \theta = \frac{(d/2)^2 - h^2}{(d/2)^2 + h^2} = 0,34$
5	Сравните полученные результаты для разных поверхностей, сделайте вывод об их смачиваемости/несмачиваемости (гидрофильности/гидрофобности)	

МЛАДШИЕ И СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Эффект лотоса – эффект крайне низкой смачиваемости поверхности, который можно наблюдать на листьях и лепестках растений рода Лотос (*Nelumbo*), и других растений, как, например, настурция, тростник обыкновенный и водосбор.



Капля воды на листе лотоса

Вода, попадающая на поверхность листьев, сворачивается в шарообразные капли. При стекании с листа вода заодно захватывает с собой частицы пыли, тем самым очищая поверхность растения.

Эффект возникает как по причине особенностей микростроения поверхности, так и по причине её высокой гидрофобности. Биологическое значение эффекта лежит в защите растения от заселения микроорганизмами, грибами и водорослями. Дополнительный эффект самоочистки лежит в большем коэффициенте полезного действия фотосинтеза.

Подобное действует и для насекомых. Со своими ногами они не могут достать и чистить все районы своего тела. Тем лучше для них, когда влажность и пыль самостоятельно стекают. Похожим образом устроены крылья бабочек и многих других насекомых, для которых защита от избыточной воды жизненно необходима: намокнув, они потеряли бы способность летать.

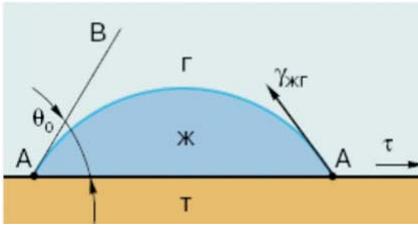
Эффект лотоса был открыт немецким ботаником Вильгельмом Барлоттом в 1990-х годах, хотя о свойствах листьев лотоса известно давно.

Одно из практических направлений изучения этого эффекта – создание так называемых супергидрофобных материалов.

[http://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект лотоса](http://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_лотоса)

СТАРШИЕ КЛАССЫ

Краевой угол смачивания или $\cos(\theta)$ является характеристикой гидрофильности (гидрофобности) поверхности твёрдых тел. Он определяется как угол между касательной АВ, проведенной к поверхности смачивающей жидкости, и смачиваемой поверхностью твёрдого тела АА, при этом всегда отсчитывается от касательной в сторону жидкой фазы. Касательную проводят через точку соприкосновения трёх фаз: твёрдой фазы (мембраны), жидкости (дистиллированная вода) и газа (воздух).



Метод растекающейся капли: краевой угол смачивания θ капли жидкости (ж) на твёрдой поверхности (τ); третья фаза – газ (г).

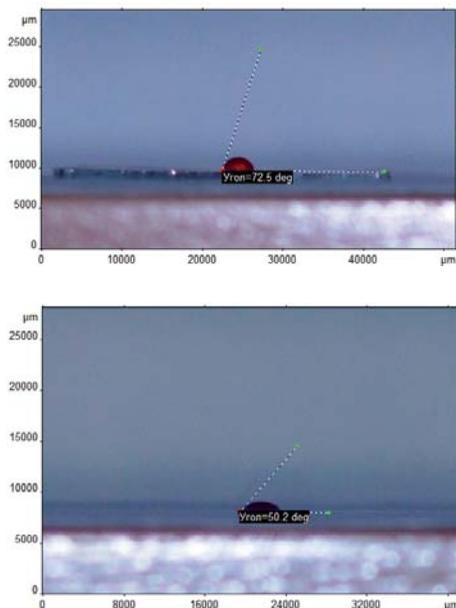
Граничный контур (периметр основания капли) называется линией трёхфазного контакта (ЛТК). Этот термин подчёркивает, что в смачивании участвуют три фазы: 1) твёрдое тело, 2) смачивающая жидкость, 3) фаза-«предшественник», которая находилась в контакте с твёрдой поверхностью до подвода жидкости.

В соответствии с теорией Юнга-Лапласа, краевой угол определяется конкуренцией двух сил, действующих на ЛТК. Одна сила – это притяжение молекул жидкости к ближайшим молекулам жидкости на поверхности капли. В расчёте на единицу длины ЛТК – это сила поверхностного натяжения жидкости (в мН/м).

Другая сила создается притяжением тех же молекул ЛТК к ближайшим молекулам на поверхности твёрдое тело–газ. Эта сила направлена вдоль поверхности твёрдого тела во внешнюю сторону от ЛТК. Юнг назвал ее силой адгезии (в мН/м) (*adhesion* – прилипание). Равновесный краевой угол θ находят из условия механического равновесия на ЛТК по основным размерам капель жидкости, наносимых на твёрдые поверхности: высоте h и диаметру основания капли d . Значения $\cos(\theta)$ рассчитывают по формуле:

$$\cos \theta = \frac{(d/2)^2 - h^2}{(d/2)^2 + h^2}.$$

Таким образом, для определения краевого угла смачивания необходимо измерить высоту капли h и диаметр её основания d . Параметры капли h и d измеряют по фотографии капли в любом графическом редакторе или непосредственно с дисплея. Так как полученное значение – величина безразмерная, не имеет значения, в каких единицах будут измерены h , d (в мм, см, пикселях и т.д.).



Фотографии капель на поверхности медной плёнки и ситалла, обработанные в программе FemtoScan on-line.

Литература

1. Измерение краевого угла смачивания поверхности мембран методами растекающейся капли и прикрепленного пузырька
<http://www.mtc.kubsu.ru/Metod4.html>
2. Поверхностное натяжение и адгезионные свойства тонкоплёночных покрытий
<http://personal.gu-unpk.ru/sim/Scient/adgSPB.htm>
3. Об эффекте лотоса
<http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article24268>
4. Фемтоскан онлайн
<http://www.femtoscanonline.com/en/>

ЯВЛЕНИЯ СМАЧИВАНИЯ И НЕСМАЧИВАНИЯ

*2 «а» класс, ГБОУ лицей № 179, г. Санкт-Петербург
Учителя начальных классов Резванова Марина Михайловна, Матвеева Людмила Владиславовна*

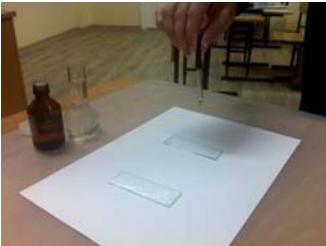
ЯВЛЕНИЯ СМАЧИВАНИЯ И НЕСМАЧИВАНИЯ

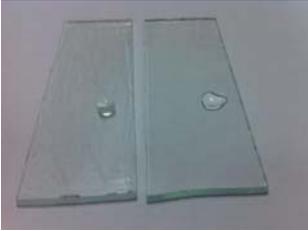
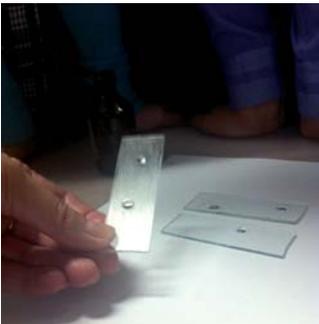
В начальной школе мы не говорим о краевом угле смачивания, а знакомим с явлениями смачивания и несмачивания. Перед опытом с учащимися провели беседу, в ходе которой выяснили, что одни предметы намокают (смачиваются), а другие воду не пропускают (не смачиваются).

Приборы и принадлежности

1	Стеклянные пластинки, свечка, пипетка, вода, масло. Одну из пластинок покрыли парафином.	
2	Фотоаппарат	

Порядок выполнения работы

1	Набрали воду в пипетку, поместили по капле воды на чистую стеклянную пластинку, и пластинку, покрытую парафином.	
---	--	---

2	Рассмотрели капли (можно зарисовать).	
3	Наклонили пластинку, смазанную парафином – капли скатываются.	
4	Наклонили чистую пластинку – капля стекает.	
4	Таким же образом провели опыт с каплями масла (на фото: верхняя капля – масло, нижняя – вода).	
6	Вывод: Если жидкость не смачивает твёрдое тело, то она не растекается по его поверхности тонкой плёнкой, а собирается в круглые капельки, которые легко скатываются с поверхности.	

То же самое попробовали сделать на тарелках, натерев одну из них свечкой.

Реплики по ходу опыта:

«А там, где свечкой намазали, капля катится, как яблочко по тарелочке...»

«... круглая, как шарик. Не смачивает...»

«А где не натерли – просто стекает и хвост за собой тащит...»

«Ага, как резинка стирательная. Пока сползёт – ничего от неё не останется...»

«Цепляется за тарелку...»



ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ

Почему не тонет водомерка?

Для опыта взяли стакан с водой и скрепку.

Оказывается, на поверхности воды есть невидимая плёнка. Скрепка лежит как в гамаке.

Знакома детям с явлениями смачивания и не-смачивания, нельзя не сказать и о *капиллярности*.



КАПИЛЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Как пьют деревья?

Для опыта нам потребовались: тарелка, подкрашенная жидкость, кусочек сахара, два стакана, бинт.

Порядок выполнения работы

1	Налили в тарелку подкрашенную воду.	
2	Положили кусочек сахара.	
	Результат	
3	В один из стаканов налили воду и опустили жгут из бинта, а второй конец опустили в пустой стакан.	

Для этого опыта требуется время.



Все опыты ребята проводили самостоятельно. Спорили, проверяли, фотографировали.

Кто-то сказал, что у него часы покрыты наноплёнкой. Капали и на них. Здорово! Есть капля! Не смачиваются!

Опыты оказались простыми и наглядными. Ребята с удовольствием повторяют их и дома. В окружающем мире есть много тем, где эти опыты будут уместны, как на уроке, так и во внеурочной деятельности.

ВУЛКАН НА КОЛЕНКЕ



МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. (3–4 классы)		
Среднее звено и предпрофильные классы	– (7–8 классы)	Химические реакции. (8–9 классы)	Обмен веществ и превращение энергии. (8–9 классы)
Старшие и профильные классы	– (10–11 классы)	Кислоты и щелочи. (10–11 классы)	Водоросли. (10–11 классы)

Приборы и принадлежности

<p>1. Пластилин</p> 	<p>4. Краситель</p> 
<p>2. Пищевая сода</p> 	<p>5. Жидкость для мытья посуды</p> 
<p>3. Уксус</p> 	

Порядок выполнения работы

<p>1</p> <p>Изготавливаем из пластилина модель вулкана, в жерло можно вставить сосуд объёмом 100 мл. Подobie сосуда также можно изготовить из пластилина. При отсутствии пластилина можно использовать обычный стакан, однако придётся пожертвовать зрелищностью эксперимента.</p>	
<p>2</p> <p>Изготавливаем лаву из смеси моющего средства и пищевой соды в соотношении 1:1, добавляем краситель для эффектности, вливаем готовую лаву в жерло.</p>	

3	Доливаем в жерло уксус, наблюдаем за зрелищем.	
---	--	---

МЛАДШИЕ КЛАССЫ

Чтобы приготовить вулкан, вполне безопасный и, тем не менее, очень эффектный, потребуется тарелка, пластилин, питьевая сода (гидрокарбонат натрия), уксусная кислота (можно воспользоваться столовым уксусом – 3–9%-ным раствором уксусной кислоты), краситель (можно взять фукорцин из домашней аптечки или красный пищевой краситель, или даже свекольный сок), любая жидкость для мытья посуды.



Пластилин делят на две части и одну из них раскатывают в плоский «блин» – основание вулкана, а из второй лепят полый конус с отверстием наверху (склоны вулкана). Зацепив обе части по краям, надо налить внутрь воду и убедиться, что «вулкан» не пропускает её снизу. Объём внутренней полости «вулкана» не должен быть очень велик (лучше всего 100–200 мл, это ёмкость чайной чашки или обычного стакана). Вулкан на тарелке ставят на поднос.

Чтобы «зарядить» вулкан «лавой», готовят смесь жидкости для мытья посуды (1 столовая ложка), сухой питьевой соды (1 столовая ложка) и красителя (достаточно нескольких капель). Эту смесь наливают в «вулкан», а потом добавляют туда уксус (четверть чашки). Начинается бурная реакция с выделением углекислого газа. Из жерла вулкана показывается ярко окрашенная пена...

СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Обычная пищевая сода имеет прямое отношение к нанотехнологиям. Например, сода применяется при производстве биотоплива (<http://www.nanonewsnet.ru/news/2010/pishchevaya-soda-postavlena-na-sluzhbu-proizvodstvu-biotopliva>). Как видно из строения молекул, сода имеет много общего с уксусом.

Уксусную кислоту, концентрация которой близка к 100%, называют ледяной. 70–80%-ный водный раствор уксусной кислоты называют ук-

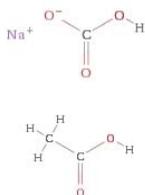
сусной эссенцией, а 3–15%-ный – уксусом. Водные растворы уксусной кислоты широко используются в пищевой промышленности (пищевая добавка E260) и бытовой кулинарии, а также в консервировании. Уксусную кислоту применяют для получения таких лекарственных и душистых веществ, как растворитель (например, в производстве ацетилцеллюлозы, ацетона). Она используется в книгопечатании и крашении.

Уксусная кислота используется как реакционная среда для проведения окисления различных органических веществ. В лабораторных условиях это, например, окисление органических сульфидов пероксидом водорода, в промышленности – окисление параксилола кислородом воздуха в терефталевую кислоту.

Поскольку пары уксусной кислоты обладают резким раздражающим запахом, возможно её применение в медицинских целях в качестве замены нашатырного спирта для выведения больного из обморочного состояния.

Двууглекислый натрий (бикарбонат) применяется в химической, пищевой, лёгкой, медицинской, фармацевтической промышленности, цветной металлургии, поставляется в розничную торговлю.

Зарегистрирован в качестве пищевой добавки E500.



Применение:

- в химической промышленности – для производства красителей, пенопластов и других органических продуктов, фтористых реактивов, товаров бытовой химии, наполнителей в огнетушителях, для отделения двуокиси углерода, сероводорода из газовых смесей (газ поглощается в растворе гидрокарбоната при повышенном давлении и пониженной температуре, раствор восстанавливается при подогреве и пониженном давлении).
- в лёгкой промышленности – в производстве подошвенных резин и искусственных кож, кожевенном производстве (дубление и нейтрализация кож), текстильной промышленности (отделка шёлковых и хлопчатобумажных тканей).
- в пищевой промышленности – хлебопечении, производстве кондитерских изделий, приготовлении напитков.

Литература

1. Вулканы на столе. <http://alhimik.ru/show/show3.html#10.3>
2. Уксусная кислота. http://ru.wikipedia.org/wiki/Уксусная_кислота
3. Гидрокарбонат натрия. http://ru.wikipedia.org/wiki/Гидрокарбонат_натрия

«ВУЛКАН»

*Светлана Константиновна Павленко
учитель химии высшей категории МБОУ СОШ № 58
г. Пензы*

В нашей школе на протяжении многих лет проводятся факультативные занятия по химии с 8 по 11-ый классы, целью которых является не только углубление знаний учащихся по предмету, но и расширение их кругозора, профориентация, межпредметная интеграция. В частности, в 9-ом классе хорошо зарекомендовал себя курс по выбору, состоящий из двух модулей: «Химия в быту», «Химия и питание». На базе данного курса (модуль «Химия в быту») нами была проведена учебная демонстрация с элементами «НАНО» «Вулкан» в двух вариантах. Первый вариант базируется на непосредственном использовании химических реактивов школьной лаборатории и требует строгого соблюдения правил техники безопасности. Во втором же варианте аналогичный опыт (со сходными визуальными эффектами) демонстрируется с использованием средств домашнего обихода и не требует наличия вытяжного шкафа и специального химического оборудования. В силу выше изложенного, второй вариант опыта «Вулкан» может быть продемонстрирован на уроках географии, окружающего мира, природоведения.



*Учащиеся 9 «А» класса на факультативном занятии по химии
(демонстрация опыта «Вулкан»)*



1 ВАРИАНТ. РАЗЛОЖЕНИЕ ДИХРОМАТА АММОНИЯ («Вулкан»)

Оборудование: шпатель, металлическая пластинка, деревянная лучина, этиловый спирт, спиртовка, спички.

Техника безопасности:

Остерегаться попадания на кожу дихроматов – эти вещества вызывают аллергию и являются канцерогенными.

Оксид хрома III является опасным веществом, опыт проводить под тягой, соблюдать правила пожарной безопасности.

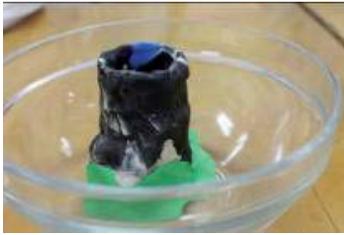


1	Перед нами – оранжевые кристаллы дихромата аммония.	
2	Горящая лучина вызывает бурную реакцию. Дихромат аммония – особенная соль, в её составе – окислитель и восстановитель. Окислитель – хром (VI) превращается в хром (III), образуется зелёный оксид хрома. Восстановитель – азот, входящий в состав иона аммония, превращается в газообразный азот.	
3	Реакция началась от горячей лучины, но не прекратилась, когда лучину убрали, а стала ещё интенсивней. Дело в том, что в процессе реакции выделяется теплота, и процесс лавинообразно развивается до тех пор, пока вся масса дихромата не превратится в оксид хрома (III), азот и воду.	
4	Оксид хрома – очень твёрдое, тугоплавкое вещество зелёного цвета, его используют как абразив. Температура плавления – почти 2300°С. Оксид хрома – очень устойчивое вещество, не растворяется даже в кислотах. Благодаря устойчивости и интенсивной окраске окись хрома используется при изготовлении масляных красок.	

Реакция протекает по уравнению
 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.

2 ВАРИАНТ. ВУЛКАН НА СТОЛЕ

Оборудование: пластилин, гидрокарбонат натрия (пищевая сода), уксус, пищевой краситель, средство для мытья посуды.

1	Пластилин делят на две части и одну из них раскатывают в плоский «блин» – основание вулкана, а из второй лепят полый конус с отверстием наверху (склоны вулкана).	
2	Зацепив обе части по краям, надо налить внутрь воду и убедиться, что «вулкан» не пропускает её снизу. Объём внутренней полости «вулкана» не должен быть очень велик (лучше всего 100–200 мл, это ёмкость чайной чашки или обычного стакана).	
3	Чтобы «зарядить» вулкан «лавой», готовят смесь жидкости для мытья посуды (1 столовая ложка).	
4	Добавляем сухой пищевой соды (1 столовая ложка).	

5	В полученную смесь добавляем красный пищевой краситель.	
6	Перемешиваем полученную смесь и «заряжаем ею вулкан».	
	Затем добавляем туда уксус (четверть чашки). Начинается бурная реакция с выделением углекислого газа. Из жерла вулкана показывается ярко окрашенная пена.	
7		

УМНЫЕ ЖИДКОСТИ



МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. (3–4 классы)		
Среднее звено и предпрофильные классы	Агрегатные состояния вещества. Сила трения. (7–8 классы)	Растворы. (8–9 классы)	Химическая организация клетки. (8–9 классы)
Старшие и профильные классы	Свойства жидкостей. (10–11 классы)	Стёкла. (10–11 классы)	Органические вещества. (10–11 классы)

Отличительной особенностью данной демонстрации является возможность её адаптации под изучение различных свойств жидкостей. Таких как вязкость, текучесть, плотность, растворимость, диффузия, испарение, внутреннее трение, взвеси, броуновское движение. Опыт состоит из нескольких блоков и может быть выполнен частично. Приветствуется дополнение демонстрации новыми элементами. Демонстрацию можно адаптировать под объяснение как тем из общей школьной программы цикла естественнонаучных дисциплин, так и при проведении лабораторных работ, элективных курсов, кружков, подготовке к олимпиадам. Демонстрация может быть положена в основу научной (проектной) работы школьника.

Приборы и принадлежности:

<p>1. Умный пластилин</p> 	<p>5. Стеклянный, стальной или пластмассовый шарик</p> 
<p>2. Вода</p> 	<p>6. Воронка</p> 
<p>3. Подсолнечное масло</p> 	<p>7. стакан или штатив</p> 

<p>4. Высокая пробирка или мензурка</p> 	<p>8. Фотоаппарат или видеокамера на штативе</p> 
---	--

Порядок выполнения работы

Внутреннее трение		
1	Наливаем в пробирку воду, примерно на половину высоты.	
2	Доливаем подсолнечное масло.	
3	Устанавливаем видеокамеру или фотокамеру для съёмки пробирки.	
4	Опускаем стеклянный шарик в пробирку и одновременно запускаем съёмку видео (фото с частотой 4–8 кадров в секунду).	
5	Анализируем полученное фото/видео, определяем скорость/ускорение шарика в различных слоях жидкостей.	
6	Рассчитываем внутреннее трение жидкостей.	

Текучесть		
1	Ставим воронку в стакан или закрепляем на штативе.	
2	Наполняем воронку умным пластилином.	
3	Фиксируем время вытекания пластилина из воронки.	

Плотность, диффузия		
1	Подбираем 3–10 различных по плотности жидкостей (вода, подсолнечное масло, моющее средство).	
2	Заливаем в пробирку одинаковое количество жидкостей.	

МЛАДШИЕ КЛАССЫ

В ходе опыта предлагается продемонстрировать различие в свойствах жидкостей. Особенно эффектно выглядит опыт с жидкостями, окрашенными в разные цвета. Также нескучным будет демонстрация свойств «умного пластилина». При наличии микроскопа также возможно ознакомление с броуновским движением.



СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Существуют три агрегатных состояния вещества – твёрдое, жидкое и газообразное. Интуитивно доступная для понимания тема, однако существует ряд материалов, агрегатное состояние которых не следует определять «на ощупь». Одним из таких материалов является стекло. Обычно на вопрос, что такое стекло – твёрдое тело, жидкость или газ,



получают ответ – твёрдое тело. В этот момент следует чётко разделять понятия агрегатного состояния и физических свойств материалов. По физическим свойствам стекло – твёрдое тело. Но по агрегатному состоянию стекло – жидкость. Жидкость с очень большой вязкостью. На самом деле подобных материалов в природе довольно много. Более текучий материал (менее вязкий) – это смола. Физикам из Австралии потребовалось несколько десятилетий, чтобы изучить её текучесть. Вы можете самостоятельно проделать этот опыт. Потребуется всего лишь смола, воронка и несколько десятилетий. Ну а если вам не хватит терпения на сто

лет, опыт можно проделать с более текучими материалами. Например, с популярной игрушкой «умный пластилин».

СТАРШИЕ КЛАССЫ

Вязкость (внутреннее трение) – одно из явлений переноса, свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. В результате происходит рассеяние в виде тепла работы, затрачиваемой на это перемещение.

Механизм внутреннего трения в жидкостях и газах заключается в том, что хаотически движущиеся молекулы переносят импульс из одного слоя в другой, что приводит к выравниванию скоростей – это описывается введением силы трения. Вязкость твёрдых тел обладает рядом специфических особенностей и рассматривается обычно отдельно.

Различают динамическую вязкость (единица измерения в Международной системе единиц (СИ) – Па·с, в системе СГС – Пуаз; $1 \text{ Па}\cdot\text{с} = 10 \text{ Пуаз}$) и кинематическую вязкость (единица измерения в СИ – $\text{м}^2/\text{с}$, в СГС – Стокс, внесистемная единица – градус Энглера). Кинематическая вязкость может быть получена как отношение динамической вязкости к плотности вещества и своим происхождением обязана классическим методам измерения вязкости, таким как измерение времени вытекания заданного объёма через калиброванное отверстие под действием силы тяжести. Прибор для измерения вязкости называется вискозиметром.

Переход вещества из жидкого состояния в стеклообразное обычно связывают с достижением вязкости порядка 10^{11} – 10^{12} Па·с.

В процессе демонстрации предлагается вычислить коэффициент внутреннего трения жидкостей по методу Стокса.

Связь свойств жидкостей и нанотехнологий можно продемонстрировать, например, используя растворы наночастиц.

Литература

1. Эксперимент длиной в 100 лет
<http://smp.uq.edu.au/content/pitch-drop-experiment>
2. Метод Стокса
<http://ums.physics.usu.ru/lmf/w/lab12.pdf>

ВОЛШЕБНЫЕ ПУЗЫРИ



МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. (3–4 классы)		
Среднее звено и предпрофильные классы	Законы геометрической оптики. (7–8 классы)	Поверхностно–активные вещества. (8–9 классы)	Липиды и мицеллы. (8–9 классы)
Старшие и профильные классы	Интерференция света, поверхностное натяжение. (10–11 классы)	Поверхностно–активные вещества, глицерин. (10–11 классы)	Строение клетки и мицеллообразование. (10–11 классы)

Приборы и принадлежности:

1. Дистиллированная вода



6. Нашатырный спирт



2. Жидкость для мытья посуды



7. Поливиниловый спирт



3. Детский шампунь



8. Сахар



4. Стиральный порошок



9. Чайник (кипяток)



5. Глицерин

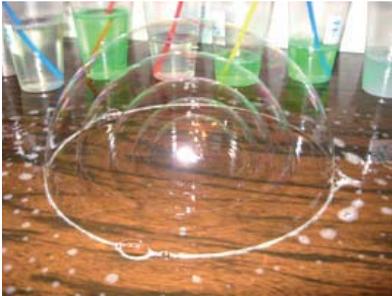


10. Стаканчики, мерные ёмкости, трубочки



Порядок выполнения работы

1	<p>Приготовьте мыльные растворы по различным рецептам и разлейте их в пронумерованные стаканчики.</p>	
2	<p>Опыт 1. Проверка качества. Для проверки качества состава мыльных пузырей надутый пузырь необходимо проткнуть пальцем, предварительно смочив его тем же мыльным раствором, и если пузырь не лопнет, то состав считается хорошим (данные занесите в таблицу).</p>	
3	<p>Опыт 2. Время жизни. Надуйте мыльный пузырь, определите его время жизни для каждого раствора (данные занесите в таблицу).</p>	
4	<p>Опыт 3. Размер. Используя несколько попыток, надуйте максимально большой пузырь для каждого раствора с помощью коктейльной соломинки, разрезанной на конце (данные занесите в таблицу).</p>	

5	<p>Опыт 4. Лёгкость надувания. Из каждого состава надуйте подряд 10 пузырей (данные занесите в таблицу).</p>	
6	<p>Опыт 5. «Матрёшка». Надуйте мыльные пузыри один в другом. Для этого поверхность обильно смачиваем мыльным составом, далее трубочка окунается в мыльный раствор и по одному один в другом надуваются пузыри. Трубочку по всей длине, опускаемой в пузырь, также смочите раствором (данные занесите в таблицу).</p>	

Сводная таблица тестирования составов мыльных пузырей (пример)

№ состава	1	2	3	4	5	6	7
Проткнуть	+	+	+	+	+	+	+
Время жизни пузыря	30 мин	50 мин	5 мин	10 мин	1 мин	1 мин	15 мин
Средний размер	5–6 см	10–15 см	7–10 см	7–10 см	5–6 см	7–8 см	15–18 см
Максимально получившийся размер	8 см	25 см	15 см	15 см	8 см	12 см	25 см
Из десяти получилось	9/10	8/10	7/10	9/10	6/10	6/10	5/10
Из них маленьких	9	2	4	5	6	4	0
Из них больших размер	0	6	3	4	0	2	5
Тест матрёшка	Плохо	Хорошо	Отлично	Удовл.	Удовл.	Хорошо	Отлично

МЛАДШИЕ КЛАССЫ

Пускать мыльные пузыри – отличная забава для детей и взрослых. Здесь открываются безграничные возможности для творчества и отличного препровождения времени. Устройте среди детей конкурс на лучший состав мыльного раствора, на разработку собственного способа надувания пузырей и т.д.



СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Пузырь существует потому, что поверхность любой жидкости (в данном случае воды) имеет некоторое поверхностное натяжение, которое делает поведение поверхности похожим на поведение чего-нибудь эластичного. Однако пузырь, сделанный только из воды, нестабилен и быстро лопается. Для того, чтобы стабилизировать его состояние, в воде растворяют какие-нибудь поверхностно-активные вещества, например, мыло. Распространённое заблуждение состоит в том, что мыло увеличивает поверхностное натяжение воды. На самом деле, оно делает как раз обратное, уменьшает поверхностное натяжение примерно до трети от поверхностного натяжения чистой воды. Когда мыльная плёнка растягивается, концентрация мыльных молекул на поверхности уменьшается, увеличивая при этом поверхностное натяжение. Таким образом, мыло избирательно усиливает слабые участки пузыря, не давая им растягиваться дальше. В дополнение к этому, мыло предохраняет воду от испарения, тем самым делая время жизни пузыря еще больше.

Сферическая форма пузыря также получается за счёт поверхностного натяжения. Силы натяжения формируют сферу потому, что сфера имеет наименьшую площадь поверхности при данном объёме. Эта форма может быть существенно искажена потоками воздуха и самим процессом надувания пузыря. Однако, если оставить пузырь плавать в спокойном воздухе, его форма очень скоро станет близкой к сферической.

СТАРШИЕ КЛАССЫ

Что бы ни говорили, но надувать мыльные пузыри не зазорно и в 10-ом классе. Тем более, если при этом нужно решить экспериментальную задачу вроде этой: какую работу надо совершить, чтобы выдуть мыльный пузырь диаметром 1 м? Поверхностное натяжение мыльного

раствора равно $4 \cdot 10^{-2}$ Н/м. Пусть учащиеся попробуют выдуть пузырь такого диаметра. Заодно они навсегда запомнят разницу между бытовым и физическим значением слова «работа». Ведь ответ в несколько десятков мДж может быть несопоставим с потраченными на выдувание такого пузыря килокалориями ☺.

Попробуйте приготовить растворы с различным содержанием глицерина. Концентрация глицерина повлияет как на «время жизни», так и на размеры выдуваемых пузырей. Благодаря своим физико-химическим свойствам глицерин сильно влияет на поверхностное натяжение и мицеллообразование. Заодно можно изучить теорию мицеллообразования.

10 составов для мыльных пузырей.

В рецептах мы используем слово «часть», что означает – любой объём. Например:

Состав № 4:

16 частей воды

3 части моющего средства

1 часть глицерина

Значит, это могут быть

16 ложек воды, 3 ложки моющего средства, 1 ложка глицерина

или

160 мл воды, 30 мл моющего средства, 10 мл глицерина.

В качестве моющего средства предлагаем использовать «Фейри» (по нашим данным, именно «Фейри» даёт наилучший результат).

Итак, составы:

Состав 1.

50 грамм сахара

10 грамм кипятка

Смешивая, получаем сироп.

Затем смешать с моющим средством в соотношении 20 сиропа и 1 моющего средства.

Состав 2.

0,5 чашки детского шампуня

1,5 чашки дистиллированной воды

2 чайные ложки сахара (без горки)

Смешать и добавить к полученной смеси *столько же* глицерина (т.е. объём глицерина равен объёму смеси остальных компонентов).

Состав 3.

200 мл детского шампуня
400 мл дистиллированной воды
3 столовые ложки глицерина
Смешать.

Состав 4.

16 частей воды
3 части моющего средства
1 часть глицерина

Состав 5.

100 мл воды
2 мл детского шампуня
10 мл глицерина
Смешать и добавить нашатырный спирт до прозрачности.

Состав 6.

4 части дистиллированной воды
1 часть моющего средства
1 часть глицерина
0,1 части нашатырного спирта
Смешать.

Состав 7.

2 части моющего средства
6 частей дистиллированной воды
1 часть глицерина

Состав 8.

600 мл горячей воды
300 мл глицерина
20 капель нашатырного спирта
50 грамм порошкового моющего средства
Смешать, настоять 2–3 дня, профильтровать и ещё на сутки поставить в холодильник.

Состав 9.

1 литр дистиллированной воды
150 мл глицерина
300–400 мл детского шампуня

Состав 10.

- 1 часть жидкость для посуды
- 5 частей поливинилового спирта
- 7 частей воды
- 0,4 части глицерина

Некоторые составы на первый взгляд одинаковые, но в таком тонком деле как мыльный пузырь, пропорции могут играть решающую роль!

Литература

1. Мыльные пузыри и нанотехнологии
<http://www.membrana.ru/particle/11634>
2. Память мыльных плёнок
<http://www.nanonewsnet.ru/news/2011/mylnye-plenki-imeyut-pamyat>
3. Опыты с поверхностным натяжением
<http://simplescience.ru/video/about:surface/>

«ВОЛШЕБНЫЕ ПУЗЫРИ»

*Головина Настя, 8 «б» класс
Учитель Коряжкина Светлана Анатольевна
Физика, факультатив. МБОУ «Гимназия № 3 в Академгородке»
г. Новосибирска*

Цель работы

Исследовать разные растворы мыльных пузырей.

Приборы и принадлежности

Раствор для мыльных пузырей 1 флакон, средство для мытья посуды 50 мл, чистая вода 150 мл, глицерин 25 мл, трубочка для выдувания пузырей, масштабная линейка 50 см.

Мыльный пузырь – тонкая многослойная плёнка мыльной воды, наполненная воздухом, обычно в виде сферы с переливчатой поверхностью.

Плёнка пузыря состоит из трёх слоёв: два слоя мыла и вода между ними. Эти слои мыла содержат в себе молекулы, одна часть которых является гидрофильной (хорошо смачиваемая водой), а другая гидрофобной (плохо смачиваемая водой). Гидрофильная часть привлекается тонким слоем воды, в то время как гидрофобная, наоборот, выталкивается. В результате образуются слои, защищающие воду от быстрого испарения, а также уменьшающие поверхностное натяжение. Когда мы надуваем пузырь, слой мыла растягивается и пузырь лопается. Глицерин (ещё можно добавлять сахар) увеличивает плотность воды, от чего улучшается сцепление молекул воды и плёнка становится прочнее.

Пузырь существует потому, что поверхность любой жидкости (в данном случае воды) имеет некоторое поверхностное натяжение, которое делает поведение поверхности похожим на поведение чего-нибудь эластичного. Однако, пузырь, сделанный только из воды, нестабилен и быстро лопается. Для того, чтобы стабилизировать его состояние, в воде растворяют какие-нибудь поверхностно-активные вещества, например, мыло. Распространённое заблуждение состоит в том, что мыло увеличивает поверхностное натяжение воды. На самом деле оно делает как раз обратное, уменьшает поверхностное натяжение примерно до трети от поверхностного натяжения чистой воды. Когда мыльная плёнка растягивается, концентрация мыльных молекул на поверхности уменьшается, увеличивая при этом поверхностное натяжение. Таким образом, мыло избирательно усиливает слабые участки пузыря, не давая им растягиваться дальше. В дополнение к этому, мыло предохраняет воду от испарения, тем самым делая время жизни пузыря ещё больше.

Сферическая форма пузыря также получается за счёт поверхностного натяжения. Силы натяжения формируют сферу потому, что сфера имеет наименьшую площадь поверхности при данном объёме. Эта форма может быть существенно искажена потоками воздуха и самим процессом надувания пузыря. Однако, если оставить пузырь плавать в спокойном воздухе, его форма очень скоро станет близкой к сферической.

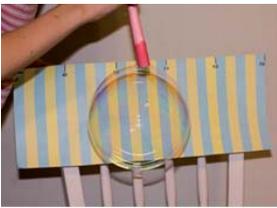
Опыт 1. Время жизни

Выдуваем пузыри приблизительно 10 см в диаметре. Засекаем по секундомеру, сколько времени (в секундах) пузырь пролежит на тарелке и не лопнет. С каждым видом пузырей делаем 10 попыток.

№	Специальный раствор	Самодельный
1	28,66	43,28
2	13,54	46,66
3	42,53	35,26
4	32,26	39,29
5	37,12	42,21
6	63,36	71,22
7	34,95	28,52
8	53,5	31,2
9	47,44	39,51
10	6,16	49,83
Ср. значение	35,952	42,698
Max.	63,36	71,22

Опыт 2. Размер

Аккуратно выдуваем насколько возможно большой пузырь.

Специальный раствор (20 см)	Самодельный (30 см)
	

Опыт 3. Количество пузырей.

Стараемся выдуть как можно больше пузырей. С каждым видом раствора делаем по 20 попыток.

Результат эксперимента

	Специальный раствор	Самодельный
Min.	1	1
Max.	12	4
Ср. значение	5,8	2,7
		

Выводы по проделанной работе можно сделать разные. Можно сравнить мыльные растворы по разным параметрам: времени жизни пузыря, его прочности, лёгкости, по коэффициенту поверхностного натяжения, по цвету пузырей.

Главное – получить удовольствие от этого занятия и желание далее изучать непонятное и загадочное явление – мыльный пузырь!

Выводы

1. Пузыри из самодельного раствора живут дольше.
2. Из самодельного раствора можно выдуть пузыри большего диаметра.
3. Большее количество выдуваемых пузырей за один раз получается из специального раствора.

САХАРНАЯ ЗМЕЯ



МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. (3–4 классы)		
Среднее звено и предпрофильные классы	–	Органические соединения. Химия и жизнь. (8–9 классы)	Обмен веществ и превращение энергии. (8–9 классы)
Старшие и профильные классы	–	Углеводы (10–11 классы).	Органические вещества. (10–11 классы)

Приборы и принадлежности:

<p>1. Речной песок</p> 	<p>4. Пищевая сода</p> 
<p>2. Сахарная пудра</p> 	<p>5. Спички</p> 
<p>3. Этиловый спирт</p> 	<p>6. Несгораемая основа</p> 

Порядок выполнения работы

<p>1</p>	<p>Насыпьте на несгораемую основу «гору» песка и сделайте в ней небольшое углубление. Пропитайте песок этиловым спиртом.</p>	
<p>2</p>	<p>Тщательно перемешайте сахарную пудру и пищевую соду в соотношении 2:1. Высыпьте полученную смесь в углубление в песке.</p>	

3 Подоignite песок. Через пару минут наблюдайте за рождением змеи.



МЛАДШИЕ КЛАССЫ

Сладкий сахар может превратиться в «чёрную гадюку», если насыпать в тарелку 3–4 столовые ложки сухого просеянного речного песка и сделать из него горку с углублением на вершине, пропитать песок этиловым спиртом, а потом заложить в углубление горки хорошо растёртую в ступке смесь (1 столовая ложка сахарной пудры и 1 чайная ложка питьевой соды) и поджечь эту смесь. Через 2–3 минуты на поверхности смеси появятся чёрные шарики, а у основания – чёрная жидкость. Когда почти весь спирт сгорит, смесь чернеет, и из песка медленно выползает извивающаяся толстая чёрная змея с «воротником» из догорающего спирта. Змея тем длиннее, чем дольше горит спирт.

В пламени горящего спирта сахар плавится и обугливается, а выделяющийся из соды углекислый газ вспучивает и двигает горящую массу. Остаток после горения – карбонат натрия, смешанный с мельчайшими частичками угля.



СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Вращение плоскости поляризации поперечной волны – физическое явление, заключающееся в повороте поляризационного вектора линейно-поляризованной поперечной волны вокруг её волнового вектора при прохождении волны через анизотропную среду. Волна может быть электромагнитной, акустической, гравитационной и т.д.

Линейно-поляризованная поперечная волна может быть описана как суперпозиция двух циркулярно поляризованных волн с одинаковым волновым вектором и амплитудой. В изотропной среде проекции полевого вектора этих двух волн на плоскость поляризации колеблются синфазно, их сумма равна полемому вектору суммарной линейно-поляризованной волны. Если фазовая скорость циркулярно поляризованных волн в среде различна (*циркулярная анизотропия среды*, см. также *двойное лучепреломление*), то одна из волн отстаёт от другой, что приводит к появлению разности фаз между колебаниями указанных проекций на выбранную плоскость. Эта разность фаз изменяется при распространении волны (в однородной среде – линейно растёт). Если повернуть плоскость поляризации вокруг волнового вектора на угол, равный половине разности фаз, то колебания проекций полевых векторов на неё будут вновь синфазны – повернутая плоскость будет плоскостью поляризации в данный момент.

Вращение плоскости поляризации электромагнитной волны в плазме при наложении магнитного поля (эффект Фарадея).

Таким образом, непосредственной причиной поворота плоскости поляризации является набег разности фаз между циркулярно поляризованными составляющими линейно-поляризованной волны при её распространении в циркулярно-анизотропной среде. Для электромагнитных колебаний такая среда называется оптически активной (или гиротропной), для упругих поперечных волн – акустически активной. Известен также поворот плоскости поляризации при отражении от анизотропной среды (см., например, магнитооптический эффект Керра).

Циркулярная анизотропия среды (и, соответственно, поворот плоскости поляризации распространяющейся в ней волны) может зависеть от наложенных на среду внешних полей (электрического, магнитного) и от механических напряжений (см. Фотоупругость). Кроме того, степень анизотропии и набег фаз, вообще говоря, могут зависеть от длины волны (дисперсия). Угол поворота плоскости поляризации линейно зависит, при прочих равных условиях, от длины пробега волны в активной среде. Оптически активная среда, состоящая из смеси активных и неактивных молекул, поворачивает плоскость поляризации пропорционально

концентрации оптически активного вещества, на чём основан поляриметрический метод измерения концентрации таких веществ в растворах; коэффициент пропорциональности, связывающий поворот плоскости поляризации с длиной луча и концентрацией вещества, называется удельным вращением данного вещества.

В случае акустических колебаний поворот плоскости поляризации наблюдается лишь для поперечных упругих волн (так как для продольных волн плоскость поляризации не определена) и, следовательно, может происходить лишь в твёрдых телах, но не в жидкостях или газах.

СТАРШИЕ КЛАССЫ

Если перестроить молекулы сахарозы в виде отражения в зеркале, то получится мёд. Дело в том, что сахароза обладает *хиральностью*. Хиральность (англ. *chirality*) – геометрическое свойство жёсткого объекта (пространственной структуры) быть не совместимым со своим зеркальным отображением в идеальном плоском зеркале. Хиральный объект не имеет элементов симметрии 2-го рода, таких, как плоскости симметрии, центры симметрии и зеркально-поворотные оси. Если хотя бы один из этих элементов симметрии присутствует, объект является ахиральным. Хиральными бывают молекулы, кристаллы, наноструктуры (например, нанотрубки).

Хиральные молекулы могут существовать в виде двух оптических изомеров (энантиомеров), являющихся зеркальными отражениями друг друга, и различающихся в способности вращать плоскость поляризации света по часовой (D-изомеры) или против часовой стрелки (L-изомеры) (рис.). Энантиомеры характеризуются совпадающими физическими свойствами, а также одинаковыми химическими свойствами при взаимодействии с ахиральными веществами. В то же время, на различиях во взаимодействии энантиомеров данного вещества с конкретным оптическим изомером другого вещества может быть основано разделение энантиомеров, например, метод хиральной хроматографии. В химии хиральность чаще всего связана с наличием асимметрического углеродного центра, несущего четыре различных заместителя.

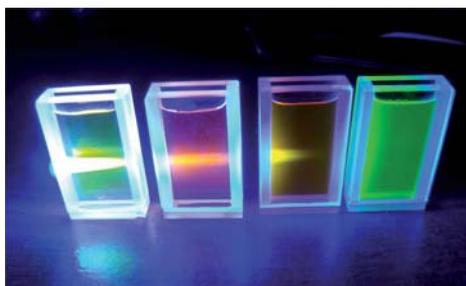
При наличии в молекуле нескольких асимметрических центров говорят о диастереоизомерии. В этом случае могут существовать несколько пар энантиомеров (пара энантиомеров должна характеризоваться взаимно противоположной конфигурацией всех асимметрических центров), а свойства диастереомеров из разных энантиомерных пар могут сильно отличаться.

Почти все биомолекулы хиральны, включая аминокислоты природного происхождения и сахара. В природе большинство этих веществ обладают определённой пространственной конфигурацией: например, большинство аминокислот относится к пространственной конфигурации L, а сахара — к D. В связи с этим, энантиомерная чистота является необходимым требованием к биологически активным препаратам.

Литература

1. Выходки сахара
<http://alhimik.ru/show/show10.html#10.10>
2. Сахар против рака
<http://www.nanonewsnet.ru/news/2013/sakhar-podsvechivaet-rakovye-opukholi-pri-mrt-vyuasnili-uchenye>
3. Сахар питает мозг
<http://www.nanonewsnet.ru/news/2012/mozhno-li-poglupet-ot-sakhara>
4. Хиральность
<http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1953>
5. Вращение плоскости поляризации
http://ru.wikipedia.org/wiki/Вращение_плоскости_поляризации

ОПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ



МЕЖПРЕДМЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ

	Физика	Химия	Биология
Младшие классы	Предмет: Окружающий мир. Наблюдения живой и неживой природы. (3–4 классы)		
Среднее звено и предпрофильные классы	Оптические явления. (7–8 классы)	Методы анализа. (8–9 классы)	Строение глаз, зрение. (8–9 классы)
Старшие и профильные классы	Оптические явления. (10–11 классы)	Коллоидные растворы. (10–11 классы)	– (10–11 класс)

Приборы и принадлежности:

1. Мука или крахмал	3. Вода
	
2. стакан	4. Фонарь или лазер (лазерная указка)
	

Порядок выполнения работы

1	Насыпьте в стакан одну чайную ложку крахмала. Добавьте воды и тщательно перемешайте.	
2	Поставьте стакан напротив источника света и наблюдайте окрашивание раствора в голубоватый оттенок.	

3	Направьте луч лазера через раствор, наблюдайте рассеяние света в растворе.	
4	Повторите опыт с другими растворами	

МЛАДШИЕ КЛАССЫ

С явлениями, связанными с распространением света, мы встречаемся каждый день. Утром и вечером мы наблюдаем красивый красный рассвет и закат. Днём можно любоваться синевой неба. Что же окрашивает небо в различные цвета? Почему после дождя появляется радуга? Почему море синее? Ответ на эти вопросы лежит в структуре света и того пространства, в котором он распространяется.

Если в воздухе имеются мельчайшие капли воды, то образуется радуга. Только вот догнать её не получится, она наблюдается только в определённом положении относительно Солнца. Искусственную радугу вы можете наблюдать около фонтанов, если брызги от фонтана будут находиться между Вами и Солнцем.



СРЕДНИЕ КЛАССЫ

Оптические явления часто сопряжены с наноразмерами. Оно неудивительно, если вспомнить, что цвет – это электромагнитные излучения с длиной волны в интервале от 400 до 750 нм.

Эффект Тиндаля был открыт в результате исследования учёным взаимодействия све-



товых лучей с различными средами. Он выяснил, что при прохождении лучей света через среду, содержащую взвесь мельчайших твердых частиц, – например, пыльный или задымлённый воздух, коллоидные растворы, мутное стекло – эффект рассеяния уменьшается по мере изменения спектральной окраски луча от фиолетово-синей к жёлто-красной части спектра. Если же пропустить через мутную среду белый, например, солнечный, свет, который содержит полный цветовой спектр, то свет в синей части спектра частично рассеется, в то время как интенсивность зелёно-жёлто-красной части света останется практически прежней. Поэтому, если смотреть на рассеянный свет после прохождения им замутнённой среды в стороне от источника света, он покажется нам синее, чем исходный свет. Если же смотреть на источник света вдоль линии рассеяния, то есть через замутнённую среду, источник покажется нам краснее, чем он есть на самом деле. Именно поэтому дымка от лесных пожаров, например, кажется нам голубовато-фиолетовой.

Эффект Тиндаля возникает при рассеянии на взвешенных частицах, размеры которых превышают размеры атомов в десятки раз. При укрупнении частиц взвеси до размеров порядка $1/20$ длины световых волн (примерно от 25 нм и выше), рассеяние становится полихромным, то есть свет начинает рассеиваться равномерно во всём видимом диапазоне цветов – от фиолетового до красного. В результате эффект Тиндаля пропадает. Вот почему густой туман или кучевые облака кажутся нам белыми – они состоят из плотной взвеси водяной пыли с диаметром частиц от микронов до миллиметров, что значительно выше порога рассеяния по Тиндалю.

Можно подумать, что небо кажется нам сине-голубым благодаря эффекту Тиндаля, но это не так. В отсутствие облачности или задымления небо окрашивается в сине-голубой цвет благодаря рассеянию «дневного света» на молекулах воздуха. Такой тип рассеяния называется рассеянием Рэля (в честь сэра Рэля; см. Критерий Рэля). При рассеянии Рэля синий и голубой свет рассеивается даже сильнее, чем при эффекте Тиндаля: например, синий свет с длиной волны 400 нм рассеивается в чистом воздухе в девять раз сильнее красного света с длиной волны 700 нм. Вот почему небо кажется нам синим – солнечный свет рассеивается во всем спектральном диапазоне, но в синей части спектра почти на порядок сильнее, чем в красной. Еще сильнее рассеиваются ультрафиолетовые лучи, обуславливающие солнечный загар. Именно поэтому загар распределяется по телу достаточно равномерно, охватывая даже те участки кожи, на которые не попадают прямые солнечные лучи.

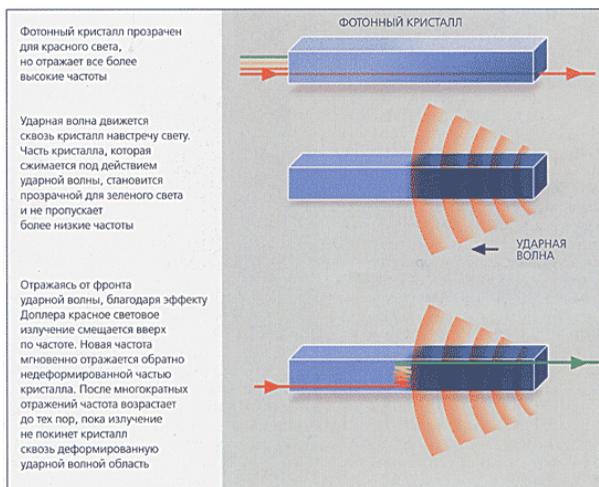
СТАРШИЕ КЛАССЫ

Фотонный кристалл, сокр. ФК (англ. photonic crystal) – материал, структура которого характеризуется периодическим изменением показателя преломления в 1, 2-х или 3-х пространственных направлениях. Отличительная особенность фотонных кристаллов (ФК) – наличие пространственно периодического изменения показателя преломления. В зависимости от числа пространственных направлений, вдоль которых показатель преломления периодически изменяется, фотонные кристаллы называются одномерными, двумерными и трёхмерными, или сокращенно 1D ФК, 2D ФК и 3D ФК (D – от английского dimension) соответственно.

Потенциал практических применений ФК огромен благодаря уникальным возможностям управления фотонами и ещё не до конца раскрыт. Нет сомнения, что в ближайшие годы будут предложены новые устройства и конструктивные элементы, возможно принципиально отличающиеся от тех, которые используются или разрабатываются сегодня.

Среди фотонных устройств, появления которых можно ожидать в ближайшем будущем, следующие:

- низкопороговые ФК лазеры сверхмалых размеров;
- сверхяркие ФК светодиоды с управляемым спектром излучения;
- сверхминиатюрные ФК волноводы с микронным радиусом изгиба;
- фотонные интегральные схемы с высокой степенью интеграции на основе планарных ФК;
- миниатюрные ФК спектральные фильтры, в том числе перестраиваемые;



- ФК устройства оперативной оптической памяти;
- ФК устройства обработки оптических сигналов;
- средства доставки мощного лазерного излучения на основе ФКВ с полой сердцевиной.

Фотонные кристаллы встречаются и в природе, придавая дополнительные оттенки цветовой окраске окружающего нас мира. Так, перламутровое покрытие раковин моллюсков, таких, как галиотисы, имеет структуру 1D ФК, усики морской мыши и щетинки многощетинкового червя представляют собой 2D ФК, а природные полудрагоценные камни опалы и крылья африканских бабочек-парусников (*Papilio ulysses*) являются природными трёхмерными фотонными кристаллами.

Фотонный кристалл TiO_2



Литература

1. Эффект Тиндаля
<http://elementy.ru/trefil/21224>
2. Светорассеяние
<http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1855>
3. Фотонный кристалл
<http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1905>

Оптические эффекты

*Кулакова Ксения (10 а), Фролов Илья (10 а), Уланов Антон (9 б)
Учитель Лучинкина Ирина Александровна
Физика. МБОУ СОШ № 63 г. Пензы*

Цель работы

Ознакомиться с эффектом Тиндаля.

Приборы и принадлежности

Крахмал, вода, две прозрачные ёмкости (фужеры), источники света (фонарик, лазерная указка), фотоаппарат.

Эффект Тиндаля был открыт в результате исследования учёным взаимодействия световых лучей с различными средами. Он выяснил, что при прохождении лучей света через среду, содержащую взвесь мельчайших твёрдых частиц – например, пыльный или задымлённый воздух, коллоидные растворы, мутное стекло – эффект рассеяния уменьшается по мере изменения спектральной окраски луча от фиолетово-синей к жёлто-красной части спектра. Если же пропустить через мутную среду белый, например солнечный, свет, который содержит полный цветовой спектр, то свет в синей части спектра частично рассеется, в то время как интенсивность зелёно-жёлто-красной части света останется практически прежней. Поэтому, если смотреть на рассеянный свет после прохождения им замутнённой среды в стороне от источника света, он покажется нам синее, чем исходный свет. Если же смотреть на источник света вдоль линии рассеяния, то есть через замутнённую среду, источник покажется нам краснее, чем он есть на самом деле.

Предварительно в качестве коллоидных растворов были опробованы: раствор ПАВ (жидкого мыла) в воде, раствор ячного белка в подсолённой воде и раствор крахмала в кипящей воде (бесцветный кисель). Наилучшие результаты по наблюдению эффекта Тиндаля удалось достичь с бесцветным киселём.

Ход работы

Готовим коллоидный раствор. Для этого чайную ложку крахмала насыпаем при интенсивном помешивании в кипящую воду объёмом 200 мл. (ВНИМАНИЕ! Данную операцию лучше проводить вдвоём: один фиксирует, используя рукавицу, кастрюлю с кипящей водой, интенсивно перемешивая воду, другой всыпает крахмал.) Поскольку крахмал предварительно не размешан в небольшом объёме холодной воды, то большая

его часть слипается в комки разного размера. Даём раствору остыть, и переливаем, освобождаясь от комков, процеживая через чайное сито, в фужер. Полученный раствор не прозрачен, луч лазера почти сразу рассеивается в нём.

Через несколько часов наблюдаем чёткое расслоение исследуемого раствора на прозрачную верхнюю и непрозрачную нижнюю части (в случае правильного приготовления киселя – без комков – такое расслоение происходит через сутки).

Все опыты для лучшей наглядности проводим в затенённом помещении, где единственным источником света является свет фонарика или лазера. Фотосъёмку желательно проводить с помощью штатива, с увеличенным временем выдержки.

Проводим опыты, освещая фракции раствора лучом фонарика сверху и на просвет. (Используем фонарик фотоаппарата Nokia, поскольку его свет ближе к естественному, а у большинства светодиодных фонариков свет с выраженным синим оттенком.) Убеждаемся, что эффект Тиндаля наблюдается в прозрачной верхней части раствора. Наблюдаем прохождение света через верхнюю и нижнюю части раствора. Фиксируем покраснение света фонарика при прохождении луча через верхнюю часть и рассеяние света при прохождении через нижнюю часть раствора.

Пропускаем луч лазера через фужер с чистой водой и верхнюю часть раствора. Наблюдаем рассеяние луча лазера в коллоидном растворе. Пропускаем луч лазера через воду, верхнюю и нижнюю части коллоидного раствора. Наблюдаем рассеяние луча лазера в различных фракциях раствора.





Фото 3. Наблюдение рассеянного света в стороне от источника.



Фото 4. Наблюдение приложения света через воздух и коллоидный раствор.



Фото 5. Наблюдение прохождения луча лазера через воду и коллоидный раствор.



Фото 6. Наблюдение рассеяния луча лазера в свежеразбавленном коллоидном растворе.



Фото 7. Прохождение луча лазера через воду и две фракции раствора.



Фото 8. Луч лазера на экране после прохождения нижней части коллоидного раствора.

НАБЛЮДЕНИЯ И ВЫВОДЫ:

Центральная часть рассеивающегося луча отличается от окружающей его более тёмной области, и эта область темнее более удалённой соседней области. Эта третья область луча в свою очередь темнее, чем центральная область. Затемнение средней области луча не нужно рассматривать как сдвиг к инфракрасной части спектра, как результат преимущественного рассеяния длинноволновых частей спектра луча, поскольку свет лазера монохромен, имеет одну длину волны. Точно такое же распределение светлых и затенённых зон наблюдается на экране и после прохождения луча через нижнюю часть раствора (см. фото 8).

Можно предположить, что наблюдаемое на фотографиях расщепление луча лазера – проявление явления интерференции света.

Что касается эффекта Тиндаля, то главным выводом является то, что данный эффект наглядно проявляется только при использовании источника света, по своим характеристикам близкого к солнечному свету. Эффект легко фальсифицировать, используя светодиодные фонарики, дающие свет, сдвинутый по спектру в сторону синего цвета.

Кроме того, эффект Тиндаля по-разному проявляется в разных коллоидных растворах. Используемый нами коллоидный раствор позволяет наблюдать данный эффект нагляднее, чем в предложенном растворе крахмала в холодной воде, а также в предлагаемых в литературе растворе куриного белка в подсолённой воде и ПАВ в воде.

Проведённые опыты дают основания полагать, что эффект Тиндаля для данного коллоидного раствора проявился выражено как при наблюдении рассеянного света в стороне от источника (фото 3), так и при прохождении света через коллоидный раствор (фото 4). На фото 3 отчётливо видно, что рассеянный в растворе свет более синий, чем свет источника. На фото 4 при падении света, проходящего через воздух, на левую часть экрана рядом с областью тени от фужера, виден «естественный» цвет источника света. Справа на экране в области тени от фужера виден цвет прошедшего через прозрачную часть раствора света того же источника. Спектр прошедшего коллоидный раствор света сдвинулся в сторону жёлто-красной области.

На фото 5 видно почти полное отсутствие рассеяния луча лазера в воде и интенсивное рассеяние в прозрачной верхней части коллоидного раствора. На фото 7 видно рассеяние луча лазера в двух фракциях коллоидного раствора при условии, что луч идёт почти по границе нижней фракции (направление луча в правом фужере на фото 7 сверху и в сторону наблюдателя: луч после прохождения нижней части фракции выходит в воздух).

Мы увидели, что эффект Тиндаля хорошо проявляется в прозрачных коллоидных растворах, а в непрозрачных (см. фото 6, где луч лазера полностью рассеивается при прохождении свежеприготовленного непрозрачного коллоидного раствора) идентифицировать эффект достаточно трудно. Однако, если толщина непрозрачного коллоидного слоя небольшая, как при выходе луча лазера на фото 7, то и в нём можно наблюдать эффект Тиндаля. На фото 7 видно, что после прохождения границы раздела участков коллоидного раствора луч лазера расширяется. Это можно объяснить большей концентрацией коллоидных частиц в нижнем слое раствора. На этой же фотографии видны три зоны рассеяния света в этой части коллоидного раствора.