

Предлагается веб-сайтом «Попробуй себя инженером» www.tryengineering.org

Тема занятия

Занятие посвящено изучению того, как площадь поверхности кристаллов и их форма зависят от размера зерна. Учащиеся познакомятся с понятием «площадь поверхности» и с наноструктурами сахара, а затем в группах приступят к практической части.

Обзор занятия

На занятии «Выращивание кристаллов сахара» учащиеся узнают о том, как наноструктуры влияют на площадь поверхности зерна и как можно получить различные кристаллы без вмешательства в молекулярную структуру. Учащиеся в группах исследуют площадь поверхности зерна и молекулярную структуру кристаллов сахара в разных состояниях.



Возрастной уровень

8–14 лет.

Задачи

- ◆ Получить знания о наноструктурах.
- ◆ Получить знания о кристаллах.
- ◆ Получить знания о площади поверхности.
- ◆ Узнать о принципах коллективной работы и работы в группах.

Предполагаемые результаты для учащихся

В результате такой работы учащиеся должны получить базовые знания по следующим темам:

- ◆ наноструктуры;
- ◆ площадь поверхности;
- ◆ решение проблем;
- ◆ работа в команде.

Работа в рамках занятия

Учащиеся узнают, как площадь поверхности может меняться на наноуровне. Группы учащихся исследуют виды сахара с различным размером зерна. Они прогнозируют, как кристаллы, выращенные из разных растворов, будут различаться на молекулярном уровне в зависимости от размера зерна исходного материала. Учащиеся делают прогнозы, проводят эксперимент и обсуждают итоги с классом.

Ресурсы/материалы

- ◆ Документы и ресурсы в помощь преподавателю (прилагаются).
- ◆ Листы для работы учащихся (прилагаются).
- ◆ Перечень ресурсов для учащихся (прилагается).

Соответствие курса учебной программе

См. прилагаемый лист о соответствии курса учебной программе.

Интернет-ресурсы

- ◆ TryEngineering (www.tryengineering.org)
- ◆ TryNano (www.trynano.org)
- ◆ National Nanotechnology Initiative (www.nano.gov)

Рекомендуемая литература

- ◆ The Science of Sugar Confectionery (ISBN: 0854045937).
- ◆ Understanding Nanotechnology (ISBN: 0446679569).

Факультативное составление эссе

- ◆ Напишите эссе или один абзац о том, какое значение имеет площадь поверхности зерен сахара различных видов для пекаря, который хочет приготовить глазурь для пончиков. Что ему следует выбрать: сахарный песок или сахарную пудру? Почему?

Выращивание кристаллов сахара

Материалы подготовлены ИИЭИЭ в рамках проекта «Попробуй себя инженером»
www.tryengineering.org © 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

Стр. 2 из 14



Для преподавателей: соответствие курса учебной программе

Обратите внимание: все планы занятий данного блока составлены в соответствии с Национальными стандартами США в отношении преподавания научных дисциплин (U.S. National Science Education Standards), которые разрабатываются Национальным исследовательским советом (National Research Council) и утверждаются Национальной ассоциацией преподавателей научных дисциплин (National Science Teachers Association), а также, если применимо, в соответствии со Стандартами технологической грамотности Международной ассоциации преподавания технологических дисциплин (International Technology Education Association's Standards for Technological Literacy) и Принципами и стандартами школьного преподавания математических дисциплин Национального совета преподавателей математики (National Council of Teachers of Mathematics' Principals and Standards for School Mathematics).

◆ Национальные стандарты США в отношении преподавания научных дисциплин, ступень K-4 (возраст 4—9 лет)

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ А: наука как процесс познания

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны:

- ◆ развить способности, необходимые для научного познания;
- ◆ понять, в чем заключается процесс научного познания.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ В: физика

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- ◆ свойства объектов и материалов.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ Е: наука и технология

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны:

- ◆ развить навыки выполнения технологических разработок.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ G: история науки и ее природа

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- ◆ наука как человеческое изобретение.

◆ Национальные стандарты США в отношении преподавания научных дисциплин, классы 5—8 (возраст 10—14 лет)

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ А: наука как процесс познания

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны:

- ◆ развить способности, необходимые для научного познания;
- ◆ понять, в чем заключается научное познание в конкретном случае.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ В: физика

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- ◆ свойства вещества и их изменение.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ Е: наука и технология

В результате учебных мероприятий уровня 5—8-х классов учащиеся должны:

- ◆ развить навыки выполнения технологических разработок;
- ◆ выработать понимание вопросов, касающихся науки и технологий.

Выращивание кристаллов сахара

**Для преподавателей:
соответствие курса учебной программе (продолжение)**

**◆ Принципы и стандарты школьного преподавания математических дисциплин
(возраст 6—18 лет)**

Стандарты измерений

- ◆ Понимание подлежащих измерению характеристик объектов, а также единиц, систем и процедуры измерения.
- ◆ Применение соответствующих техники, инструментов и формул для измерений.

Взаимосвязь

- ◆ Умение видеть и применять математические закономерности за пределами непосредственно математического контекста.

◆ Стандарты технологической грамотности: любой возраст

Природа технологии

- ◆ Уровень 1: учащиеся получают базовые знания о характеристиках и объеме применения технологий.

Технология и общество

- ◆ Уровень 6: учащиеся получают базовые знания о роли общества в разработке и использовании технологий.

Выращивание кристаллов сахара

Ресурсы для преподавателей

◆ Смысл занятия

Занятие посвящено изучению того, как площадь поверхности кристаллов и их форма зависят от размера зерна. Учащиеся знакомятся с понятием «площадь поверхности» и с наноструктурами сахара, а затем в группах выполняют практические задания (в частности, выращивают сахарные кристаллы из разных видов сахара).

◆ Цели занятия

- ◆ Получить знания о наноструктурах.
- ◆ Получить знания о кристаллах.
- ◆ получить знания о площади поверхности.
- ◆ Получить знания о принципах коллективной работы и работы в группах.



◆ Материалы

Перечень ресурсов для учащихся.

- ◆ Листы для работы учащихся.
- ◆ Микроскоп или видеомикроскоп для работы в классе.
- ◆ Задание по растворению. Комплект материалов для каждой группы учащихся:
 - 2 чистые чашки из термостойкого стекла или 2 мерных стакана объемом не менее литра (их можно также использовать в задании по кристаллизации), теплая вода, 1 чайная ложка сахарного песка, 1 чайная ложка сахарной пудры.
- ◆ Задание по кристаллизации. Комплект материалов для каждой группы учащихся:
 - 2 чистые чашки из термостойкого стекла или 2 мерных стакана объемом не менее литра; 2 тонких ватных жгута, длина которых составляет 1,5 высоты чашки; 2 карандаша или палочки; груз для подвешивания на жгуте (гайка, винт); 750 мл сахарного песка; 750 мл сахарной пудры; 500 мл горячей воды (ее должен разливать преподаватель).

◆ Работа

1. Предоставьте учащимся вспомогательную литературу. Ее можно прочитать в классе или дать заранее в качестве домашнего задания.
2. Задание по растворению
 - А. Учащиеся наливают в стеклянные чашки по 250 мл теплой воды.
 - Б. Затем они добавляют в одну из них чайную ложку сахарной пудры, а в другую — чайную ложку сахарного песка.
 - В. После наблюдения за растворением они отвечают на вопросы о том, как площадь поверхности зерна влияет на скорость процесса.

Выращивание кристаллов сахара

Ресурсы для преподавателей (продолжение)**◆ Процедура (продолжение)**

3. Задание по кристаллизации
 - А. Преподаватель наливает в чашки по 250 мл горячей воды.
 - Б. Учащиеся добавляют в одну из них 750 мл сахарного песка, а в другую — 750 мл сахарной пудры и размешивают, пока сахар не растворится (пока вода не станет прозрачной). Примечание. Можно вскипятить воду, чтобы сахар лучше растворялся. Это должен делать взрослый (преподаватель).
 - В. В каждый стакан опустите по жгуту. Для этого привяжите один конец жгута к карандашу, а второй погрузите вертикально в сахарный раствор. Для этого к нему можно прикрепить гайку или винт. Жгуты можно подготовить заранее: окуните их в сахарный раствор и дайте высохнуть. В этом случае на них уже будут кристаллы сахара, что ускорит кристаллизацию после погружения в сахарный раствор, так как имеющиеся кристаллы будут помогать формироваться новым.
 - Г. Наблюдайте за чашками четыре — семь дней.
 - Д. Записывайте наблюдения по мере роста кристаллов.
 - Е. Исследуйте каждый из полученных кристаллов под микроскопом и запишите наблюдения в таблицу.
4. На этапе оценки учащиеся заполняют листы для работы.

◆ Необходимое время

Два-три занятия по 45 минут (необходимо провести их в течение семи дней).

◆ Рекомендации

- Используйте не просто горячую, а кипящую воду. В целях безопасности все процедуры должны выполняться под присмотром взрослого.
- Если у вас нет микроскопа, используйте любой современный видеоскоп, подключенный к монитору компьютера. Примером может служить электронный микроскоп Eye Clops (25—45 долларов США) или цифровой микроскоп Carson zPix (79 долларов США).

Для учащихся Что такое нанотехнологии?

Представьте, что вы можете наблюдать, как красное кровяное тельце движется по вене. А каково было бы увидеть, как атомы натрия и хлора приближаются друг к другу, обмениваются электронами и формируют кристаллик соли? Или наблюдать, как вибрируют молекулы в ванночке с водой при повышении температуры? Благодаря микроскопам, которые совершенствовались в последние десятилетия, сегодня мы можем увидеть и это. Возможность наблюдать за материалами, измерять их и даже вносить в них изменения на молекулярном или атомном уровне называется нанотехнологией, или нанонаукой. Приставка «нано» означает одну миллиардную часть. Ученые и инженеры применяют ее для обозначения крайне малых величин, в том числе единиц длины (нанометр), времени (наносекунда), объема (нанолитр) и массы (нанограмм). Чаще всего эта приставка используется именно при измерении длины, наиболее распространенная единица среди названных — нанометр (нм). Диаметр атома менее 1 нм, а чтобы получить цепочку длиной 1 нм, необходимо выстроить 10 атомов водорода. Атомы других элементов крупнее атомов водорода, но и их диаметр менее нанометра. Диаметр атома типичного вируса составляет около 100 нм, а длина бактерии — около 1000 нм. Благодаря таким устройствам, как атомно-силовые микроскопы и растровые электронные микроскопы, сегодня мы можем рассматривать наномир, ранее скрытый от глаз человека.

◆ Растровый электронный микроскоп

Растровый электронный микроскоп — это особый тип электронного микроскопа, позволяющий получить изображение поверхности путем ее растрового сканирования сфокусированным электронным пучком. При растровом сканировании изображение разрезается на последовательные (обычно горизонтальные) полосы, называемые строками сканирования. Электроны взаимодействуют с атомами, формирующими образец, и генерируют сигналы, содержащие данные о форме, составе и даже электрической проводимости поверхности. На снимке справа показана пыльца различных растений, увеличенная в 500 раз. Этот снимок был получен с помощью растрового электронного микроскопа в лаборатории Дартмутского колледжа (www.dartmouth.edu/~emlab/gallery).



Выращивание кристаллов сахара

Для учащихся**Сферы применения нанотехнологий**

Материалы с различными физическими свойствами, полученными в результате изменений на наноуровне, позволяют изготавливать новые изделия. Многие из них еще исследуются, однако некоторые уже нашли коммерческое применение.

Например, добавление наночастиц позволило изобрести ткани, устойчивые к загрязнениям. Производители автомобилей повышают прочность бамперов с помощью нанокристаллов. Изменение оптических свойств суспензии (за счет изменения размера и формы коллоидных частиц в растворе) позволило создать цветные фильтры и цветные лампы. При производстве таких изделий, как велосипедные рамы и теннисные ракетки, стали использоваться угольные нанотрубки, позволяющие повысить прочность и уменьшить вес.

◆ Применение в биомедицине

Ожидается, что нанотехнологии сыграют важную роль в повышении качества медицинского обслуживания благодаря диагностике заболеваний на ранних стадиях, разработке более совершенных лекарств и имплантатов, развитию адресной терапии и т. д. Для раннего распознавания ряда смертельных заболеваний разрабатываются биодатчики из наноматериалов, при изготовлении которых используются инновационные методы производства устройств и обработки сигналов. В этих датчиках применяются угольные трубки или кремниевые нанопровода, удерживающие зондирующую молекулу, которая ищет в организме признаки определенного заболевания. Ожидается, что массовое производство нанобиодатчиков будет возможно благодаря заимствованию технологий из области изготовления компьютерных чипов. Также нанотехнологиям отводится важная роль в терапии. Ожидается, что они внесут значительный вклад в совершенствование синтетических медикаментов и адресной терапии. В частности, кандидатами на доставку медикаментов считаются молекулы семейства дендримеров (каскадные молекулы). Эти крупные полимеры имеют форму мешочка, в который можно поместить медикамент, чтобы молекула доставила его к нужному органу.

◆ Применение в транспортной сфере

Нанотехнологии могут быть очень полезны и в транспортной сфере: композиционные материалы (композиты) с уменьшенным весом и повышенной прочностью могут применяться в самолето- и автомобилестроении. Они создаются из двух или более материалов со значительно различающимися физическими или химическими свойствами. Эта разность сохраняется и в окончательной структуре. Нанокompозиты легче и прочнее других широко используемых композитов.

Выращивание кристаллов сахара



Материалы для учащихся

Что такое площадь поверхности?

Площадь поверхности — это размер внешней оболочки объекта; она измеряется в квадратных единицах. Если у объекта плоские грани, его площадь поверхности можно рассчитать, сложив площади всех граней. Даже объекты без углов, такие как сфера, имеют площадь поверхности.

◆ Формулы площади поверхности квадратных фигур

Площадь поверхности куба можно рассчитать по следующей формуле:

$$X = 6Y^2 \text{ (произведение 6 и } Y^2\text{).}$$



На рисунке слева показан куб, длина ребра которого равна Y . Так как его грань — квадрат, то все ее стороны равны. Чтобы рассчитать площадь поверхности куба, необходимо сначала найти площадь его грани. Площадь грани равна $Y \times Y$, или Y^2 . Чтобы найти площадь поверхности куба, необходимо умножить это значение на 6. Например, если длина ребра Y равна 10 мм, то площадь одной грани составляет 100 кв. мм, а площадь поверхности куба — 600 кв. мм.

◆ Формулы площади поверхности прямоугольных фигур

Площадь поверхности параллелепипеда можно рассчитать по следующей формуле:

$$X = 4AB + 2AC.$$



Ребра параллелепипеда неодинаковы, поэтому для подсчета площади поверхности необходимо знать размер трех из них (остальные будут соотноситься с ними по величине). На рисунке выше они обозначены буквами A , B и C . Чтобы найти площадь передней грани параллелепипеда, необходимо умножить A на B . Так как параллелепипед имеет четыре одинаковые грани, то для расчета их общей площади произведение A и B необходимо умножить на четыре ($4 \times A \times B$). Это первая часть формулы. Также нам необходимо найти площадь двух меньших граней. Для этого умножим A на C . Таких граней две, поэтому получаем выражение $2 \times A \times C$ — вторую часть нашей формулы. Если, например, длина ребра A составляет 10 мм, ребра B — 30 мм, а ребра C — 15 мм, то площадь параллелепипеда рассчитывается описанным ниже образом.

$$A \times B = 300 \text{ мм, следовательно, } 4AB = 1200 \text{ кв. мм.}$$

$$A \times C = 150 \text{ мм, следовательно, } 2AC = 300 \text{ кв. мм.}$$

Таким образом, площадь поверхности параллелепипеда составляет 1500 кв. мм.

◆ Почему важна площадь поверхности

Базовые свойства наночастиц могут существенно отличаться от свойств крупных частиц. Речь идет о механических свойствах, электрической проводимости, реакции на изменение температуры и даже о химических реакциях. Площадь поверхности — один из параметров, который изменяется по мере уменьшения частицы. Так как химические реакции обычно происходят на поверхности частицы, увеличение ее площади ведет к изменениям протекания этих реакций.

Выращивание кристаллов сахара

Работа для учащихся Задание по растворению

Вы работаете в группе инженеров, перед которой стоит задача изучить зависимость площади поверхности кристалла сахара от его состояния. Размеры кристаллов могут различаться, что определяет область его применения.

◆ Виды сахара

Сахарная обсыпка. Крупнозернистый сахар, такой как сахарная обсыпка, часто используется для добавления «блесток» на кондитерские изделия, например печенье или конфеты. Этот эффект возникает из-за того, что грани крупных кристаллов отражают свет.

Сахарный песок. Размер зерна обычного сахарного песка составляет около 0,5 мм, такой сахар обычно добавляется в чай или кофе.

Кондитерский сахар. Кондитерский сахар получают путем просеивания сахарного песка. Размер его зерна составляет около 0,35 мм, такой сахар часто используется в выпечке.

Сахарная пудра. Сахарная пудра — это очень мелко размолотый сахар. Величина зерна молотого сахара составляет около 0,060 мм, а сахарной пудры — 0,024 мм. Эти два вида широко применяются в выпечке, где сахар должен быстро растворяться. Из сахарной пудры готовят глазурь и другие кондитерские украшения.

Строение молекул сахара всегда одинаково и не зависит от величины зерна.

◆ Влияние размера зерна на площадь его поверхности

Площадь поверхности сахара в грамме сахарной пудры гораздо больше, чем в грамме кондитерского сахара. А площадь поверхности в грамме кондитерского сахара гораздо больше, чем в грамме сахарного песка.

◆ Задание по растворению

Налейте в две чистые чашки по 250 мл теплой воды. Добавьте в одну чашку чайную ложку сахарной пудры, а в другую — чайную ложку сахарного песка. Ответьте на вопросы ниже.

Какой вид сахара растворился быстрее?

Как вы думаете, почему? Как повлияла площадь поверхности на скорость растворения?



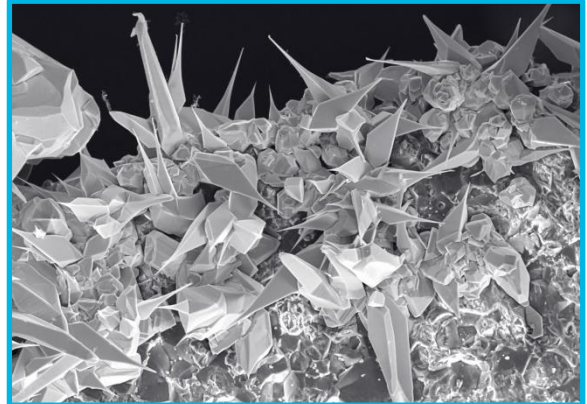


Работа для учащихся

Задание по кристаллизации

◆ Что такое кристалл?

Кристалл — это твердая структура, атомы, молекулы и ионы которой организованы в пространстве в виде определенного узора. Формирование кристаллической структуры из жидкости или из жидких растворов называется кристаллизацией. Структура кристалла, сформированного из жидкости, зависит от химических свойств жидкости и физических условий окружающей среды, таких как давление воздуха. Снежинки, алмазы, столовая соль — все это примеры кристаллов. Существует научная дисциплина, которая изучает кристаллы и их образование, — кристаллография.



◆ Что такое насыщение?

Такие вещества, как сахар, не могут растворяться в воде бесконечно. После достижения определенного предела добавляемый сахар будет оставаться в твердом состоянии. Этот предел называется насыщением. На этом занятии мы растворим в горячей воде сахар двух видов. По мере испарения воды степень насыщения раствора будет повышаться и сахар начнет прилипать к жгуту, формируя твердые молекулы. Эти молекулы будут притягивать другие, а те — следующие, в результате будут формироваться кристаллы. По мере испарения воды сахарный раствор будет насыщаться и кристаллы на жгуте будут расти. По окончании эксперимента на жгуте будет примерно квадриллион (1 000 000 000 000 000) молекул.

◆ Постановка задачи

Обсудите в группе следующий вопрос: если растворить в воде сахар разных видов (песок, пудру, кубики рафинада), а затем вырастить кристаллы, будет ли их вид различаться под микроскопом? Запишите ответ в поле ниже.

Ответьте на вопрос и приведите не менее двух аргументов в пользу своей гипотезы.

Почему?

1.

2.

Выращивание кристаллов сахара



Работа для учащихся

Задание по кристаллизации (продолжение)

◆ Этап тестирования

Вы получили следующие материалы:

- ◆ 2 чистые чашки из термостойкого стекла или 2 мерных стакана объемом не менее литра;
- ◆ 2 тонких ватных жгута, длина которых составляет 1,5 высоты чашки;
- ◆ 2 карандаша или палочки;
- ◆ груз для подвешивания на леске (например, гайка);
- ◆ 750 мл сахарного песка;
- ◆ 750 мл сахарной пудры;
- ◆ 500 мл очень горячей воды (ее будет разливать преподаватель).

◆ Наблюдение

Вы будете группой выращивать кристаллы из сахара двух видов: песка и пудры. Помните, что размер зерна сахарного песка составляет около 0,5 мм, а зерна сахарной пудры — около 0,06 мм. Рассмотрите сахарный песок и сахарную пудру под микроскопом или видеоскопом. Запишите свои наблюдения за ростом кристаллов в таблицу ниже.

	Сахарный песок	Сахарная пудра	Кристалл, выращенный из раствора сахарного песка	Кристалл, выращенный из раствора сахарной пудры
Опишите, что вы видите				
Нарисуйте то, что видите				

**Работа для учащихся****Задание по кристаллизации (продолжение)****◆ Исследование**

1. Напишите на одной чашке «Сахарный песок», а на другой — «Сахарная пудра».
2. Добавьте в каждую из них 750 мл сахара соответствующего вида.
3. Попросите преподавателя налить в чашки по 250 мл горячей воды.
4. Размешивайте сахар, пока вода не станет прозрачной (это означает, что сахар растворился). Примечание. Чтобы растворить сахар, можно также довести воду до кипения. В этом случае все растворы должен готовить преподаватель.
5. Окуните в каждую чашку по ватному жгуту, а затем выньте их и оставьте сохнуть на тарелке не менее десяти минут. Чем дольше жгуты будут сохнуть, тем лучше. На них уже будут кристаллы сахара, которые помогут формироваться новым, что ускорит кристаллизацию после погружения жгутов в сахарный раствор.
6. Привяжите один конец каждого жгута к карандашу, а второй опустите вертикально в сахарный раствор. Можно прикрепить к жгуту винт или болт, чтобы он сохранял вертикальное положение.
7. Следите за ростом кристаллов и записывайте свои наблюдения.
8. Изучите под микроскопом образцы кристаллов, выращенных из сахарного песка и сахарной пудры. Запишите свои наблюдения в таблицу на предыдущей странице.

**Выращивание кристаллов сахара**

Работа для учащихся**Задание по кристаллизации (продолжение)****◆ Этап оценки**

Ответьте в группах на перечисленные ниже вопросы.

1. Чем кристаллы, выращенные из сахарного песка, отличаются от кристаллов из сахарной пудры? Будьте конкретны и, если необходимо, проиллюстрируйте свой ответ.

2. Подтверждают ли полученные результаты вашу гипотезу? Удивлены ли вы результатом?

3. Назовите две сферы применения, в которых предпочтителен сахар с большей площадью поверхности зерна. Почему?

4. Предложите еще одну сферу, где могут применяться нанотехнологии. Например, инженеры изучают возможности применять нанотехнологии с целью увеличить площадь поверхности солнечных панелей: это позволит повысить их производительность, так как они смогут улавливать больше лучей. Есть ли у вас похожие идеи?

5. Какие сведения о нанотехнологиях или наноструктурах показались вам наиболее интересными?

Выращивание кристаллов сахара