



# Строение вещества в вопросах и ответах: от моющего средства до алмаза

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАБОТЫ ШКОЛЬНИКОВ

АВТОР: АЛЕКСАНДР ЮЛЬЕВИЧ АЗБЕЛЬ,  
КАНД. ФИЗ-МАТ. НАУК, ФТИ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ

Для возраста

**7 класс**

Трудоемкость

**2 часа**



htweek.ru

---

## МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАБОТЫ ШКОЛЬНИКОВ

### 1. Разные тела и одинаковые вещества (15 минут)

Все предметы, которые существуют вокруг нас, в физике называются телами. Это совсем не обязательно тела людей и животных. Бывают, например, космические тела или геометрические тела. Физика обычно оперирует понятием «физическое тело».

Тела всегда имеют массу и объем, а часто – и определенную форму, если они твердые.

Все тела разные. Даже автомобили одной марки, типовые дома или однайцевые близнецы хоть чуть-чуть, но отличаются друг от друга.

Как вы думаете, являются ли телами:

- солнечный зайчик
- изображение на экране смартфона
- звук
- облако в небе
- компьютерный файл

Тела состоят из веществ. И вот вещества, в отличие от тел, уже бывают одинаковы. Медный таз и жила медного провода очень сильно отличаются, но изготовлены из одного вещества – меди. Айсберг и сосулька непохожи, но состоят из одинакового вещества – льда, то есть воды в твердом состоянии. Эта же вода, но уже в жидком состоянии, образует жидкое тело, заполняющее стакан или аквариум.

На самом деле абсолютно чистой воды практически не бывает, в ней всегда есть какие-то примеси. Да и вообще чистые вещества встречаются довольно редко, обычно мы имеем дело со смесями различных веществ; но при этом

---

какого-то «основного» вещества в смеси может быть намного больше остальных.

Попробуйте угадать, какое из перечисленных веществ часто применяется в чистом виде:

- железо
- медь
- углерод

Что значит «одинаковость» веществ? Это не такой простой вопрос. Ответим на него чуть позже, а сейчас сделаем небольшое отступление.

Каждое вещество обладает присущими только ему свойствами. Свойств этих великое множество, и только их список может занять много страниц. Тем не менее перечислим некоторые понятия, а вы попробуйте угадать, можно ли их отнести к свойствам веществ:

- температуры плавления и кипения
- прозрачность
- масса
- цвет
- электропроводность
- объем
- вкус и запах
- ядовитость или полезность
- ровность поверхности
- способность реагировать с другими веществами

---

Теперь мы готовы к тому, чтобы понять, что значит «одинаковость» веществ. **Вещества считаются одинаковыми, когда одинаковы все их свойства.** При этом надо учитывать, что некоторые свойства (например, электропроводность) могут очень сильно зависеть даже от малых примесей других веществ.

## 2. Молекулы – кирпичики вещества (20 минут)

Свойства вещества не зависят от его количества. Миллилитр воды такой же жидкий и «мокрый» на ощупь, как тонна воды, и замерзает при такой же температуре. Более того, свойства вещества не зависят и от его происхождения. Вода из колодца, водопровода или стекающая с крыши в дождь – одна и та же вода; конечно, в этой воде могут быть разные примеси, но вы это вряд ли сможете почувствовать.

Вообще, если подумать, это довольно удивительно. И уже в древности люди пытались понять, каким образом вещества получают присущие им постоянные свойства. Попробуем и мы решить эту загадку.

Посмотрите на два дома -

[https://designcapital.ru/facades/img/big/fasad\\_5a2abafbea52c.jpeg](https://designcapital.ru/facades/img/big/fasad_5a2abafbea52c.jpeg) и

[https://designcapital.ru/facades/img/big/fasad\\_5a8b057ddd6b6.jpeg](https://designcapital.ru/facades/img/big/fasad_5a8b057ddd6b6.jpeg). Они разные?

Безусловно. Но сложены из одних и тех же кирпичей, примерно таких -

<https://ideal->

[home.shop/upload/iblock/208/208bd681428eed9c06a711bd0fd9eecf.jpeg](https://ideal-home.shop/upload/iblock/208/208bd681428eed9c06a711bd0fd9eecf.jpeg). Из

таких кирпичей стандартного размера 250x120x65 мм сложены вообще все кирпичные дома в России, по крайней мере современные.

Вы наверняка отличите друг от друга два автомобиля разных марок -

[https://poster.nicefon.ru/2016\\_07/09/1080x610/1031568caaf0e0f0f9e0e1.jpg](https://poster.nicefon.ru/2016_07/09/1080x610/1031568caaf0e0f0f9e0e1.jpg) и

<https://avtonovostidnya.ru/wp-content/uploads/2011/12/2012-Volkswagen-Passat-CC.jpg>.

---

Но по узлам автомобиля –

топливному насосу (например,

<https://a.allegroimg.com/original/1130c5/14b49f534a318980721ec7d2c5da/POMPA-PALIWA-VOLVO-XC-60-2-0D-OPEL-MERIVA-D-XC60> и <https://www.todx.ru/upload/dc3c/patron/pfp434.jpeg>),

генератору (например, [https://www.startline-spb.ru/admin/upload/nl/045/11133\\_0.jpg](https://www.startline-spb.ru/admin/upload/nl/045/11133_0.jpg) и

[https://cdn.izap24.ru/images/products/source/65669/65669204\\_generator-volkswagen-caddy-95-04-120-amper-stardax.jpg](https://cdn.izap24.ru/images/products/source/65669/65669204_generator-volkswagen-caddy-95-04-120-amper-stardax.jpg)),

кондиционеру и т.д. – сделать это уже вряд ли сможете. А если эти два автомобиля разобрать до самых мелких деталей, то даже специалист автосервиса может не отличить их винтики, гаечки и шайбочки.

Вы легко отличите собак разных пород

(<https://i.pinimg.com/originals/c5/cc/1a/c5cc1a24fe7dfd29370bde73e739f64f.jpg>)

и даже собак одной породы (<https://natalyland.ru/wp-content/uploads/f/0/1/f01a8b0de4f9cc2bbf9182ef257b1afd.jpeg>),

если знакомы с ними. Но если вам показать только когти

(<https://fb.ru/misc/i/gallery/52853/3234888.jpg>) или нос собаки

(<https://i.ucrazy.ru/files/pics/2020.04/photo15881583881.jpg>), указать ее породу

будет уже сложно. А увидев волос собаки, вы уж точно не укажете породу собаки, и даже не сможете с уверенностью утверждать, что это собака, а не кошка или человек (если вы не профессионал с микроскопом).

Примеры с домами, автомобилями и собаками демонстрируют нам два фундаментальных свойства мира:

**1. Все предметы состоят из частей.**

**2. Чем мельче эти части, тем больше они похожи друг на друга.**

При чем тут свойства веществ? А при том, что каждое вещество состоит из своих «кирпичиков», причем все кирпичики данного вещества **абсолютно одинаковы**, и именно они задают свойства вещества. Тогда все становится на свои места. Вода из колодца, водопроводного крана или дождевой тучи

---

состоит из одних и тех же «кирпичиков», и поэтому это одна и та же вода. Эта гениальная догадка древних мыслителей полностью подтверждена наукой, а «кирпичики» по-научному называются – **молекулы**.

Разнообразие молекул очень велико, сейчас их известно несколько десятков миллионов, и каждый день открывается множество новых (наука о строении молекул называется химией). Это очень много, но гораздо меньше, чем даже число людей на планете.

А почему мы не замечаем этих «кирпичиков»-молекул? Как вы помните из учебника, потому что они очень маленькие. Скорее всего, вы на уроке физики проделывали опыт с многократным растворением крупинки марганцовки в нескольких больших сосудах с водой, показывающий малость молекул марганцовки.

А вот вам еще пример демонстрации крошечности молекул. Знаете, как измеряют жгучесть перца? Концентрированный экстракт перца разводят водой до такой степени, когда дегустаторы перестают ощущать жгучесть раствора. Степень разведения – это и есть т.н. шкала жгучести Сквилла. Как вы думаете, какая примерно жгучесть у самых «сильных» сортов перца? Выберите один из трех вариантов:

Вариант 1. 100.

Вариант 2. 10 000.

Вариант 3. 1 000 000.

Попробуем грубо оценить размер молекул. Возьмите блюдо большого диаметра и наполните его водой. Наберите в пипетку немножко керосина или уайт-спирита. Капните из пипетки одну каплю в центр блюда и сразу внимательно смотрите, что будет происходить с каплей. Вы увидите, что капля моментально растечется по всей поверхности воды, а потом понемножку начнет собираться в мелкие капельки. Если предположить, что в первые

---

секунды капля растеклась пленкой одинаковой толщины по всей водной поверхности, посчитайте толщину этой пленки, приняв объем капли за  $1 \text{ мм}^3$ . Размер молекулы уж точно не больше толщины пленки, а скорее всего, гораздо меньше, если пленка состоит из многих слоев молекул.

Чтобы получить представление о размерах молекул и других объектов, подвигайте очень интересную интерактивную шкалу масштабов Вселенной <https://htwins.net/scale2/index.html> - если есть время, то на уроке, или же дома.

### 3. Атомы – детали молекул (10 минут)

А есть ли составные части у самих молекул? Да, есть, и они называются атомами. Атомы, как и молекулы, бывают разных видов. Но если видов молекул, как вы помните – многие миллионы, то видов атомов гораздо меньше. В полном соответствии с нашими наблюдениями – чем мельче детали, тем меньше их разнообразие. Сколько именно существует видов атомов? Возможно, у вас в классе висит периодическая таблица элементов Д.И.Менделеева, там чуть больше сотни элементов. Если не висит в классе – можете посмотреть в интернете, например, на <https://periodic.artlebedev.ru/?gshl=5ThB>. Элементы – это и есть виды атомов.

Но если даже малюсенький кусочек вещества содержит огромное число молекул, то число атомов в молекуле не так велико. Молекула может состоять вообще из одного-единственного атома – например, молекула газа гелия, которым надувают поднимающиеся вверх воздушные шарики. А молекула из нескольких десятков атомов считается уже очень большой.

Поэтому не стоит говорить об атомах как о «кирпичиках» молекул, потому что атомов в молекуле гораздо меньше, чем кирпичей даже в небольшом доме. Скорее, атомы – это детали молекул. Сравнение именно с деталями правильнее еще и потому, что молекула собирается из атомов строго определенным образом. Нехватка атома, лишний атом, атом не того вида или даже прикрепленный не в нужное место атом – это уже совсем другая

---

молекула, и вещество из таких молекул может обладать совершенно другими свойствами. Как и при сборке машины ассортимент, количество и места соединения деталей должны на 100% соответствовать чертежу (напомним, что чертежами сборки молекул из атомов занимается химия). А в строительной документации обычно не указывают точное место укладки каждого кирпича.

«Атом» по-гречески означает «неделимый». Потому что долгое время считали, что у самого атома никаких составных частей уже нет. Однако оказалось, что это не так. Эту историю вы подробно будете изучать в старших классах. А сейчас попробуйте ответить – почему нельзя считать, что у атома нет никаких составных частей? Ориентируйтесь не на свои знания, а только на здравый смысл. Выпишите свои версии на доске или в тетрадях, можете работать в группах. А потом подискутируйте, отстаивая свою точку зрения. Учитель будет вашим арбитром.

#### 4. Вещество - результат соединения молекул (10 минут)

Если молекулы – кирпичики вещества, то эти кирпичики надо еще как-то соединить вместе. Как это происходит? Выпишите свои версии на доске или в тетрадях, можете работать в группах. А потом подискутируйте, отстаивая свою точку зрения. Учитель будет вашим арбитром.

Притяжение или отталкивание отдельных молекул друг к другу столь слабо, что мы никак не можем его ощутить. Но результат взаимодействия множества молекул, составляющих вещество, очень хорошо виден. Как вы думаете, где? Один ответ достаточно очевиден, так что вы должны его дать быстро.

А как насчет газов? Как вы думаете, давление воздуха или сила потоков ветра – это результат взаимодействия молекул газов, входящих в состав воздуха?

О «прочности» жидкостей говорить не приходится - считается, что жидкости вообще не имеют своей формы. Но вообще это не совсем так. Многие из вас

---

видели фильмы или репортажи о космонавтах и помнят, что в невесомости жидкость принимает форму шара -

[https://cs6.pikabu.ru/post\\_img/2014/10/24/12/1414179492\\_107437334.png](https://cs6.pikabu.ru/post_img/2014/10/24/12/1414179492_107437334.png).

Происходит это как раз из-за притяжения молекул жидкости друг к другу. На Земле же сила тяжести заставляет изначально круглые капли растекаться по горизонтальной поверхности, на которую они попали.

Но капли воды растекаются не только по горизонтальной поверхности. С вертикальных поверхностей вода тоже сразу не скатывается – иначе бы поставленные на ребро тарелки мгновенно высохли, а автобусам не нужны были бы «дворники» на лобовом стекле. Мелкие капли воды успешно прилипают даже снизу к горизонтальной поверхности. А возможность пользования полотенцем как раз обусловлена способностью капель воды прилипнуть к волокнам ткани полотенца независимо от того, как это полотенце повернуто. Как вы думаете, проявляются ли межмолекулярные силы в способности капель воды (и других жидкостей) прилипнуть к поверхностям даже «вниз головой»? И если проявляются, то как именно? Возможно, вы это уже изучали на уроках физики, так что надо просто вспомнить.

Чтобы проверить ваше понимание межмолекулярных связей, ответьте на вопрос. Что важно для хорошего склеивания деталей? Выберите один из трех вариантов ответа:

Вариант 1. Хорошее смачивание поверхности клеем.

Вариант 2. Прочность клея.

Вариант 3. И прочность клея, и хорошее смачивание поверхности клеем.

## 5. Разные молекулы – разная твердость (20 минут)

Как вы поняли, прочность материала зависит от силы связей между его молекулами. Силу межмолекулярных связей непосредственно измерить очень сложно (проще рассчитать, но это уже совсем другая история). А можно ли измерить прочность? Да, измерениям прочности посвящена целая область

---

науки и техники. Там много своих нюансов – хрупкость и пластичность, прочность на разрыв или сжатие, и т.д.

А мы с вами попробуем приблизительно сравнить между собой прочность некоторых доступных веществ. Точнее – не просто прочность, а твердость. В «бытовом» понимании чем тверже вещество, тем труднее поцарапать его поверхность. А менее твердые вещества царапаются легче. Существует простой способ сравнения твердости двух веществ. Если первое вещество своим острым краем может поцарапать второе вещество, а второе вещество не может поцарапать первое – значит, твердость первого вещества выше. Если оба вещества могут царапать друг друга – значит, их твердость примерно одинакова.

Учитель выдаст вам образцы материалов. Ваша задача – экспериментально проверить, какие материалы какими царапаются, и выстроить их по твердости. Проверить, царапается ли чем-нибудь очень маленькое острие стеклореза, вы не сможете, но сможете проверить, царапает ли стеклорез всё остальное. Разбейтесь на группы по числу выданных учителем наборов образцов. По окончании работы выпишите на доске свои результаты и сравните их.

Наверняка у вас получилось, что наименее твердый материал – графит. Если вдруг у вас не было графита, поверьте на слово. Графит даже мягче бумаги, поэтому он стирается бумагой, оставляя на ней свой след (это же относится к свинцу, им тоже можно писать, что и делали до изобретения карандаша). А самый твердый материал – острие стеклореза, которое, скорее всего, сделано из крошечного алмаза.

Что самое интересное в этой истории? А то, что графит и алмаз – разные формы одного и того же элемента, углерода. Только атомы (в данном случае они же молекулы) у них связаны по-разному. Вот так – [https://itexts.net/files/online\\_html/76785/333.png](https://itexts.net/files/online_html/76785/333.png) – связаны атомы в графите. Четко видны слои, связи между которыми легко рвутся. А вот устройство алмаза – <https://mt-online.ru/wp-content/uploads/atomnaya-reshetka->

---

[almazа.webp](https://www.chemtube3d.com/diamond/), <https://www.chemtube3d.com/diamond/>. Прочная, жесткая конструкция. Разница соответственно и в плотности – у графита около  $2,2 \text{ г/см}^3$ , а у алмаза  $3.5 \text{ г/см}^3$ .

Алмазы очень нужны, и даже не столько как украшения, сколько в промышленности для механической обработки деталей. Как вы поняли, алмазом можно «снимать стружку» с любого, даже самого твердого материала (включая, кстати, и сам алмаз, что используется при огранке бриллиантов). Но вот беда – природных месторождений алмазов в мире немного, и стоят алмазы очень дорого. Вот графита полно. Есть ли способ сделать из графита алмаз? Дайте волю фантазии и попробуйте придумать такой способ.

Да, в целом именно так и происходит синтез искусственных алмазов. Посмотрите фильм про эту технологию <https://www.youtube.com/watch?v=vep-rJHgwOs>.

## 6. Как работают моющие средства (10 минут)

Чуть раньше мы говорили про растекание жидкостей по поверхности твердых тел. Давайте посмотрим на это явление подробнее.

Наверное, все вы когда-нибудь мыли посуду. И знаете, что жир смывается с посуды с помощью моющих средств. Как моющие средства удаляют жир? Растворяют? Средства для растворения жира действительно есть, но они предназначены только для удаления очень стойких загрязнений типа нагара, работать с ними надо очень осторожно и обязательно в хороших резиновых перчатках. Потому что жидкость, которая растворяет жир, вполне способна растворить и наши руки. До костей. А обычно моют посуду без всяких перчаток.

Давайте проведем эксперимент. Возьмите три блюдца (или тарелки) – стеклянное, металлическое и пластиковое. Капнем на каждое блюдце каплю

---

окрашенного растительного масла. Капля растечется по поверхности блюда. Это будет как бы загрязнение на посуде, которое нам надо смыть.

Теперь нальем вплотную вокруг каждой капли масла «кольцо» из моющего средства для посуды. Опишите, что вы при этом увидите, и постарайтесь это объяснить.

Собственно, вы сейчас воочию и подробно увидели, как именно работают моющие средства.

Если останется время, можете продолжить эксперимент:

1. Попробовать развести моющее средство водой 1:1.
2. Попробовать вместо моющего средства просто воду.

### **7. Самооценка достижений (10 минут)**

А теперь давайте посмотрим, насколько вы поняли урок, для этого ответьте на вопросы в таблице. Опираясь на систему оценивания, подсчитайте общее количество баллов:

- Ответ «да» – 5 баллов;
- Ответ «скорее да» – 3 балла;
- Ответ «скорее нет» – 1 балл ;
- Ответ «Нет» - 0 баллов.

<b>Чему я научился</b>	<b>Моя самооценка</b>
1. Я понимаю, что означает «одинаковость» веществ с точки зрения их свойств	Да Скорее да Скорее нет Нет
2. Я могу объяснить «одинаковость» веществ исходя из существования молекул	Да Скорее да Скорее нет Нет
3. Я могу указать примеры из жизни и эксперименты, показывающие малость размеров молекул	Да Скорее да Скорее нет Нет
4. Я знаю, что атомы являются деталями молекул, примерно представляю число видов атомов и понимаю, почему атом нельзя считать «неделимым»	Да Скорее да Скорее нет Нет

---

5. Я понимаю, как из молекул получается вещество	Да Скорее да Скорее нет Нет
6. Я понимаю, как прочность зависит от межмолекулярных связей, и понимаю причину разной прочности графита и алмаза	Да Скорее да Скорее нет Нет
7. Я понимаю, как работают моющие средства	Да Скорее да Скорее нет Нет

30-35 баллов – блестяще! Вы в совершенстве усвоили содержание модуля.

20-29 баллов – вы отлично поработали и усвоили большую часть предложенного материала, спасибо!

15 – 19 баллов – неплохо! Надеемся, вы узнали немало интересного и ещё вернётесь к темам, затронутым в модуле.

10 – 14 баллов – спасибо за старание!

0 – 9 баллов – возможно, вам стоит попробовать поработать с этим материалом ещё раз чуть позже.

---

## Урок подготовлен по заказу Фонда инфраструктурных и образовательных программ (Группа РОСНАНО)

**Фонд инфраструктурных и образовательных программ** – один из крупнейших институтов развития инновационной инфраструктуры в России. Создан на основании закона «О реорганизации Российской корпорации нанотехнологий» в 2010 году. 22 октября 2020 года Фонду инфраструктурных и образовательных программ исполнилось 10 лет.

Цель деятельности Фонда – финансовое и нефинансовое развитие нанотехнологического и иных высокотехнологичных секторов экономики путём реализации национальных проектов, формирования и развития инновационной инфраструктуры, трансформации дополнительного образования через создание новых учебных программ и образовательных технологий, оказания институциональной и информационной поддержки, способствующей выведению на рынок технологических решений и готовых продуктов, в том числе в области сквозных цифровых технологий.

Председателем Правления Фонда, как коллегиального органа управления, является Председатель Правления ООО «УК «РОСНАНО» **Сергей Куликов**.

В настоящее время Правительство России проводит реконфигурацию системы институтов развития, предусматривающую интеграцию Фонда инфраструктурных и образовательных программ и Группы РОСНАНО в управленческий периметр ВЭБ.РФ. На базе ВЭБа создаётся централизованный инвестиционный блок для реализации проектов, способствующих достижению национальных целей развития.

Подробнее о Фонде – [fiop.site](http://fiop.site).

Подробнее о сделанном за 10 лет в проекте «Победа будет за нано!» - [fiop.site/10-let](http://fiop.site/10-let).