

Алгоритм успеха

А. В. Грачёв
В. А. Погожев
Е. А. Вишнякова

Физика

8 класс

Учебник

4-е издание, переработанное



Москва
Издательский центр
«Вентана-Граф»
2016

Учебник соответствует Примерной основной образовательной программе основного общего образования и включён в Федеральный перечень

Грачёв, А. В.
Г78 Физика : 8 класс : учебник / А. В. Грачёв, В. А. Погожев, Е. А. Вишнякова. — 4-е изд., перераб. — М. : Вентана-Граф, 2016. — 319 [1] с. : ил.

ISBN 978-5-360-07123-5

Учебник рассчитан на учащихся общеобразовательных организаций. Настоящее издание входит в систему «Алгоритм успеха» и вместе с рабочими тетрадями, тетрадь для лабораторных работ и методическим пособием для учителей составляет учебно-методический комплект по физике для 8 класса. В учебнике представлены разделы «Тепловые явления» и «Электромагнитные явления».

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту основного общего образования.

ББК 22.3я721

Условные обозначения



Это важно: основные положения в тексте параграфа



Комментарии: вспомогательные тексты, поясняющие отдельные положения параграфа; советы, как ими пользоваться; различные напоминания и т. п.



Справочные материалы: сведения из истории физики; интересная дополнительная информация, данные для решения задач и др.



Для дополнительного изучения: материалы, адресованные всем, кто интересуется физикой и стремится расширить свои знания

* *Задания повышенной сложности*



Задания для совместной работы



Задания по проектной работе

© Грачёв А. В., Погожев В. А., Вишнякова Е. А., 2012

© Издательский центр «Вентана-Граф», 2012

© Грачёв А. В., Погожев В. А., Вишнякова Е. А., 2016,
с изменениями

© Издательский центр «Вентана-Граф», 2016,
с изменениями

Молекулярная теория строения вещества

До сих пор мы рассматривали самую простую форму движения материи – прямолинейное механическое движение. При этом, как правило, мы считали тела точечными и не интересовались их строением. Однако для объяснения таких процессов, как нагревание и охлаждение тел, переход вещества из твёрдого состояния в жидкое и газообразное, деформация тел, и многих других, необходимо знание строения и свойств вещества. Как устроено вещество? Что с ним происходит при его нагревании и охлаждении? Ответы на эти и подобные вопросы дают разделы физики, к изучению которых мы приступаем.

Мы начнём изучение строения вещества и его свойств с современных представлений, к которым люди пришли, обобщив накопленный за столетия экспериментальный материал.

§ 1 Вещество и его структурные единицы

Из курса естествознания вы знаете, что окружающие нас тела состоят из разных веществ и обладают разными свойствами. Существуют такие тела, которые состоят только из одного вещества, например чистая вода, поваренная соль, природный газ метан. Другие тела, напротив, состоят из нескольких различных веществ. Так, окружающий нас воздух является смесью различных веществ – газов: азота (~78 %), кислорода (~21 %), водорода (~0,9 %), углекислого газа (~0,03 %) и других газов. Свинцовая гиря состоит только из свинца, а бронзовый колокол – из сплава двух веществ: меди (~78 %) и олова (~22 %).

Вам также известно, что *мельчайшие частицы вещества, имеющие все химические признаки этого вещества, называют молекулами*. При этом все молекулы данного вещества одинаковы. Так, вода состоит из

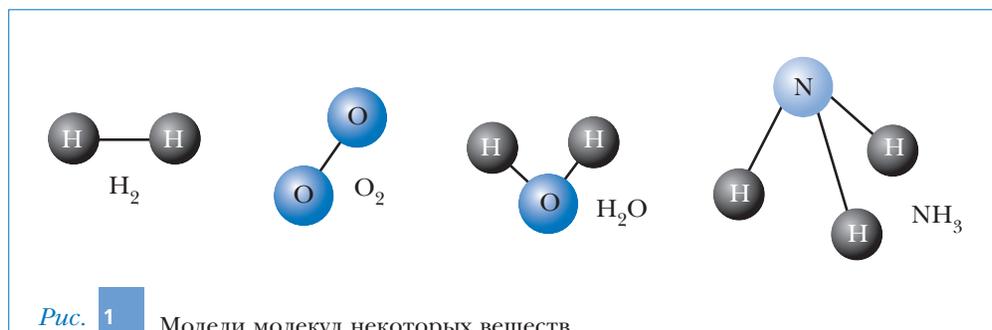
одинаковых молекул воды и поэтому сохраняет свои свойства, где бы она ни находилась – в организме человека, в реке или в каплях дождя.

Молекулы разных веществ отличаются друг от друга. Поэтому разные вещества имеют разные свойства.

Наверняка вы уже слышали, что молекулы состоят из ещё более мелких структурных единиц – атомов. Есть вещества, молекулы которых состоят из одного атома. Таковыми являются некоторые (инертные) газы и пары металлов. Однако молекулы большинства веществ состоят из двух и более атомов.

Вещество, молекулы которого состоят из атомов одного и того же химического элемента, называют *простым*. Если же молекула вещества состоит из атомов разных химических элементов, то такое вещество называют *сложным*.

На рис. 1 приведены модели молекул нескольких простых и сложных веществ. Атомы, как это принято, обозначены специальными символами: Н – атом водорода, О – атом кислорода, N – атом азота. Линии между атомами условно изображают связи между ними, благодаря которым атомы объединяются в молекулу. Молекула водорода H_2 состоит из двух атомов водорода Н; молекула кислорода O_2 – из двух атомов кислорода О. Водород и кислород – простые вещества. Молекула воды H_2O состоит из двух атомов водорода Н и одного атома кислорода О, а молекула аммиака NH_3 – из одного атома азота N и трёх атомов водорода Н. Вода и аммиак – сложные вещества.



В первой половине XX в. было установлено, что атомы, в свою очередь, состоят из ещё более мелких частиц: электронов, протонов и нейтронов. Со строением атомов более подробно вы познакомитесь в курсах химии и физики.

Итоги

Окружающие нас тела состоят из разных веществ.

Существуют тела, которые состоят только из одного вещества. Другие тела состоят из нескольких различных веществ.

Мельчайшие частицы вещества, имеющие все химические признаки этого вещества, называют молекулами.

Все молекулы данного вещества одинаковы. Молекулы разных веществ отличаются друг от друга.

Молекулы состоят из ещё более мелких структурных единиц — атомов. Вещество, молекулы которого состоят из атомов одного и того же химического элемента, называют *простым*. Если же молекула вещества состоит из атомов разных химических элементов, то такое вещество называют *сложным*.

Вопросы

1. Что называют молекулой?
2. Могут ли молекулы одного вещества иметь разный состав?
3. Какое вещество называют: а) простым; б) сложным? Приведите примеры таких веществ.
4. Сколько и каких атомов входит в состав молекулы водорода; кислорода; аммиака; воды?
- *5. Какие составные части атома вы знаете?

§ 2 Свойства вещества. Модель молекулы

Каждое вещество обладает определёнными свойствами, отличающими его от других веществ. Оказывается, эти свойства можно разделить на три большие группы.

Свойства первой группы определяются строением и составом молекул вещества. От них зависит в первую очередь способность веществ вступать в различные химические реакции. Яркими примерами проявления таких свойств являются запах и вкус вещества. Изучать эти свойства вы будете в курсе химии.

Свойства второй группы определяются в основном характером движения молекул вещества друг относительно друга и тем, как эти молекулы

взаимодействуют между собой. От этого зависят такие известные вам свойства вещества, как сжимаемость, текучесть, способность нагреваться и охлаждаться.

Третья группа свойств определяется как строением молекул вещества, так и особенностями их движения и взаимодействия. К третьей группе свойств можно отнести, например, такие свойства вещества, как особенности взаимодействия со светом, от которых зависит цвет вещества.

В этом курсе нас будут интересовать в основном свойства, относящиеся ко второй группе.

Многочисленные эксперименты и расчёты показывают, что для тех явлений и процессов, которые вы будете изучать, при объяснении многих свойств вещества можно не учитывать строение молекул. В этих случаях молекулы вещества считают неизменными, представляя их в виде маленьких жёстких шариков, обладающих массой.

 Процесс замены сложного физического объекта на более простой учёные называют *моделированием (выбором модели)*.

Такая замена делается для того, чтобы представить изучаемые объекты и процессы в более простом виде. В нашем случае объект со сложным строением (молекулу) мы заменяем на модель — простой объект, представляющий собой маленький жёсткий шарик, обладающий массой. Понятно, что молекула вещества не является шариком. Тем не менее во многих процессах молекулы ведут себя подобно шарикам. Поэтому при изучении и описании свойств вещества, которое участвует в таких процессах, принятая нами модель оказывается допустимой.

Диаметр шарика — модели молекулы очень мал. Например, молекулу воды невозможно разглядеть даже в самый современный оптический микроскоп, позволяющий видеть частицы размером $\sim 0,1$ мкм. Следовательно, она значительно меньше. Каковы же размеры молекул?

Первые представления о размерах атомов и молекул экспериментально были получены лишь 100–150 лет назад, почти через две с половиной тысячи лет после того, как древнегреческие учёные Демокрит, Эпикур, Лукреций и другие выдвинули гипотезу о строении вещества. Согласно ей все вещества состоят из мельчайших неизменных частиц, которые были названы атомами. Эта гипотеза получила название *атомарная гипотеза* строения вещества.

На основании каких же экспериментов были получены представления о размерах атомов и молекул?

Ещё в XVIII в. золотых дел мастера умели расплющивать листочки золота до толщины около 10^{-8} м. Позже путём травления удавалось уменьшить толщину этих листочков ещё примерно в 10 раз, т. е. до 10^{-9} м. Следовательно, размер атома золота не превышает одного нанометра ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$).

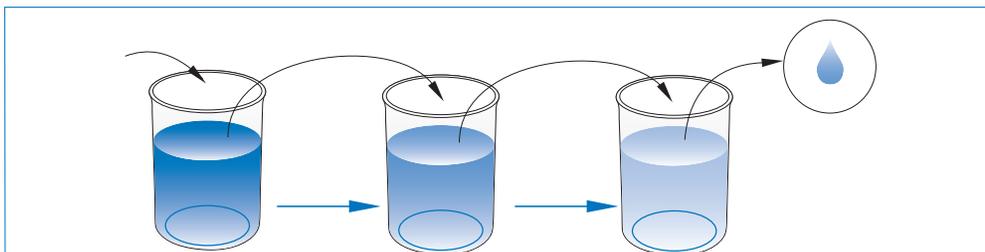


Рис. 2 При многократном разведении чернил в воде раствор сохраняет окраску из-за присутствия огромного числа молекул красящего вещества

Оценить размеры молекул некоторых жидких веществ можно также, измерив толщину плёнки, которая получается при растекании вещества по поверхности воды или по стеклу. Так, капля масла растекается по поверхности воды, образуя плёнку, толщина которой сравнима с размерами молекулы.

Заключение об очень малых размерах молекул можно сделать и из того факта, что их число даже в небольшом объёме огромно. Прделаем, например, такой опыт. Разведём 1 см³ чернил в литре чистой воды (рис. 2). Затем 1 см³ полученного раствора вновь разведём в литре чистой воды. Мы получим разведение в 1 000 000 раз. При этом мы увидим, что получившийся раствор имеет равномерную окраску, которую может различить глаз человека. Следовательно, даже в очень малом объёме находится огромное число молекул красящего вещества.

Современные методы исследования позволяют непосредственно наблюдать не только отдельные молекулы, но даже атомы. Согласно данным этих исследований размер молекулы водорода приблизительно равен 0,2 нм. Примерно такие же размеры имеют молекулы и других наиболее распространённых веществ.

! Все атомы состоят из протонов, нейтронов и электронов. Масса протона примерно равна массе нейтрона и существенно (примерно в 2000 раз) превышает массу электрона. Поэтому *массы молекул всех веществ приблизительно кратны массе протона.*

Установлено, что атомы одного химического элемента могут иметь разное число нейтронов. Такие атомы называют *изотопами*.

По международному соглашению, принятому в 1961 г., массы всех молекул и атомов сравнивают с одной двенадцатой массы изотопа углерода, содержащего 6 нейтронов (¹²₆C). В этом обозначении верхний индекс показывает, сколько протонов и нейтронов содержит данный изотоп, а нижний — число протонов в ядре изотопа. Эта единица массы получила специальное название: атомная единица массы (а. е. м.).

! Атомная единица массы равна $1/12$ массы изотопа углерода $^{12}_6\text{C}$.

Согласно современным данным приблизительно можно считать, что $1 \text{ а. е. м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Масса атома водорода близка к 1 а. е. м.

В таблице 1 для некоторых веществ приведены примерные значения масс изотопов и молекул из них в атомных единицах массы. 

Таблица 1

Название вещества	Масса изотопа, а. е. м.	Масса молекул из указанных изотопов, а. е. м.
Водород	1	2
Гелий	4	
Азот	14	28
Кислород	16	32
Хлор	35	70
Углерод	12	
Медь	64	
Олово	119	
Вода		18
Углекислый газ		44
Поваренная соль		58

Рассчитаем число атомов углерода, содержащихся в куске углерода массой $M = 12 \text{ г}$. Для этого выразим массу m_0 атома углерода в граммах:

$$m_0 = 12 \text{ а. е. м.} \approx 12 \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 19,92 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$$

Разделим массу M куска углерода на массу его атома m_0 . Мы получим, что в куске углерода массой $M = 12 \text{ г}$ содержится $N_A = \frac{M}{m_0} \approx 6,02 \cdot 10^{23}$ атомов.

Легко убедиться, что в куске олова массой 119 г будет содержаться столько же атомов олова, сколько атомов углерода содержится в куске углерода массой 12 г (см. таблицу 1). Такое же число N_A молекул водорода будет содержаться в 2 г водорода. Отметим, что при этом число атомов водорода будет вдвое больше числа молекул.



В Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева указана так называемая средняя масса химического элемента.

Понятно, что для получения такого же числа молекул кислорода потребуется взять 32 г кислорода (см. таблицу 1). При этом число молекул кислорода будет равно N_A , а число его атомов — $2N_A$.

Число N_A является одной из фундаментальных постоянных. Это число получило специальное название — *постоянная Авогадро*, в честь итальянского учёного Амедео Авогадро (1776–1856).

 **Постоянная Авогадро** — число молекул (атомов) в веществе, масса которого в граммах численно равна массе молекулы (атома) этого вещества, выраженной в атомных единицах массы.

Запомните *постоянную Авогадро*: $N_A \approx 6,02 \cdot 10^{23}$.

Итоги

При изучении тепловых явлений и некоторых свойств веществ реальную молекулу заменяют её моделью — маленьким жёстким шариком, обладающим массой. 

Атомы всех веществ состоят из протонов, нейтронов, электронов. Масса протона примерно равна массе нейтрона и существенно (примерно в 2000 раз) превышает массу электрона. Поэтому массы молекул различных веществ приблизительно кратны массе протона.

Атомная единица массы равна $1/12$ массы изотопа углерода $^{12}_6\text{C}$.
 $1 \text{ а. е. м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Постоянная Авогадро — число молекул (атомов) в веществе, масса которого в граммах численно равна массе молекулы (атома) этого вещества, выраженной в атомных единицах массы.

Постоянная Авогадро $N_A \approx 6,02 \cdot 10^{23}$.

Вопросы

1. В чём состоит атомарная гипотеза строения вещества?
2. Что представляет собой простейшая модель молекулы?
3. Каковы размеры известных вам атомов и молекул?
4. Чему равна атомная единица массы?

 Тепловые явления — явления, которые наблюдаются в веществах при изменении степени их нагретости.

5. Чему равна масса молекулы кислорода в атомных единицах массы? Как рассчитать её в граммах?
6. Почему массы всех атомов приблизительно в целое число раз превышают массу атома водорода?
7. Что такое постоянная Авогадро? Чему она равна?

Упражнения

1. На рис. 3 приведён снимок атома аргона, полученный с экрана электронного микроскопа, который даёт увеличение в 260 млн раз. Используя этот снимок и линейку, оцените диаметр атома аргона.
При выполнении следующих упражнений воспользуйтесь данными таблицы 1.
2. Вычислите в единицах СИ массы молекул азота, кислорода, меди.
3. Определите число молекул и атомов кислорода, содержащихся в 320 г кислорода.
4. Определите, во сколько раз число молекул водорода, содержащихся в 10 г водорода, превышает число молекул меди, содержащихся в куске меди массой 128 г.
- *5. Молекула поваренной соли состоит из одного атома хлора и одного атома натрия. Вычислите массу атома натрия в атомных единицах массы и в граммах.
- *6. Молекула углекислого газа состоит из атомов кислорода и углерода. Сколько атомов кислорода и углерода входит в состав молекулы углекислого газа?
-  7. Для оценки размеров молекул масла используют его свойство образовывать тонкую плёнку (примерно в один слой молекул) при растекании по поверхности воды. *Запланируйте* эксперимент с растеканием капли растительного масла. Считается, что капля объёмом 1 мм³ при растекании образует на поверхности воды пятно площадью ~0,6 м². Предложите способ отмерить каплю масла объёмом не более 1–2 мм³, необходимое для этого оборудование и измерительные инструменты. Получите каплю масла такого объёма. Рассчитайте площадь пятна, которое должно получиться при растекании этой капли. Предложите способ измерить площадь масляного пятна экспериментально. На основе полученных результатов сделайте вывод о размерах молекул этого масла.

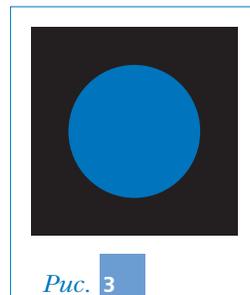


Рис. 3

§ 3 Примеры решения задач

Используем приобретённые знания для решения конкретных задач. Полученные при этом результаты позволят вам лучше понять, как устроен окружающий мир.

Задача 1. Плотность воды при комнатных условиях примерно равна $\rho = 1 \text{ г/см}^3$. Оцените число молекул в 1 л воды в бутылке, стоящей на столе в комнате.

Решение.

Масса воды, имеющей при комнатной температуре объём $V = 1 \text{ л} = 10^3 \text{ см}^3$, равна:

$$M = \rho \cdot V = 1 \cdot 10^3 = 10^3 \text{ (г)}.$$

Масса одной молекулы воды, согласно данным, приведённым в таблице 1, равна 18 а. е. м. Поэтому масса молекулы воды в граммах $m = 18 \cdot 1,66 \times 10^{-24} \text{ г} \approx 3 \cdot 10^{-23} \text{ г}$. Следовательно, число молекул воды в бутылке:

$$N = \frac{M}{m} \approx \frac{10^3}{3 \cdot 10^{-23}} \approx 3,3 \cdot 10^{25} \text{ (молекул)}.$$

Ответ: число молекул в 1 л воды примерно равно $3,3 \cdot 10^{25}$.

Задача 2. Оцените средний объём, приходящийся на одну молекулу воды в бутылке, рассмотренной в предыдущей задаче. Оцените среднее расстояние между молекулами воды при комнатных условиях.

Решение.

Поскольку в объёме $V = 10^3 \text{ см}^3$ находится $N \approx 3,3 \cdot 10^{25}$ молекул воды, то можно считать, что каждая из этих молекул располагается как бы в центре кубика, объём которого v равен:

$$v = \frac{V}{N} \approx \frac{10^3}{3,3 \cdot 10^{25}} \approx 30 \cdot 10^{-24} \text{ (см}^3\text{)}.$$

Пользуясь тем, что кубик, длина ребра которого равна a , имеет объём $v = a^3$, с помощью калькулятора найдём ребро кубика, имеющего объём $30 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$. Длина ребра приблизительно равна $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$. Таким образом, среднее расстояние между молекулами воды при комнатных условиях приблизительно равно $3 \cdot 10^{-8} \text{ см} = 0,3 \text{ нм}$.

Ответ: на одну молекулу воды в бутылке в среднем приходится объём, равный $30 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$; среднее расстояние между молекулами воды при комнатных условиях примерно равно 0,3 нм.

Задача 3. Окружающий нас воздух состоит на 78 % из молекул азота (масса молекулы 28 а. е. м.) и на 21 % из молекул кислорода (масса молекулы 32 а. е. м.). Поэтому вводят понятие «молекула воздуха» и среднюю массу такой «молекулы» принимают приблизительно равной 29 а. е. м. Оцените число молекул в объёме воздуха $V = 1 \text{ м}^3$ в вашей комнате. Плотность воздуха в комнате $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Решение.

Выразим среднюю массу одной молекулы воздуха в граммах:

$$m = 29 \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \approx 4,8 \cdot 10^{-23} \text{ (г)}.$$

Поскольку масса воздуха в объёме $V = 1 \text{ м}^3$ равна $M = \rho \cdot V = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \text{ (кг)}$, то общее число молекул воздуха в этом объёме:

$$N = \frac{M}{m} \approx \frac{1,2 \cdot 10^3}{4,8 \cdot 10^{-23}} = 2,5 \cdot 10^{25} \text{ (молекул)}.$$

Ответ: число молекул в 1 м^3 воздуха примерно равно $2,5 \cdot 10^{25}$.

Обратите внимание на то, что полученное число молекул воздуха в 1 м^3 меньше найденного в задаче 1 числа молекул воды в 1 л. Следовательно, *среднее расстояние между молекулами воздуха в комнате значительно больше среднего расстояния между молекулами воды.*

Задача 4. Оцените среднее расстояние между молекулами воздуха в вашей комнате, воспользовавшись результатом решения задачи 3.

Решение.

На каждую молекулу воздуха в комнате в среднем приходится объём:

$$v = \frac{V}{N} \approx \frac{10^6}{2,5 \cdot 10^{25}} \approx 40 \cdot 10^{-21} \text{ (см}^3\text{)}.$$

Таким образом, если считать, что молекулы воздуха распределены равномерно по объёму комнаты, то каждая из них находится как бы в центре кубика объёмом $v \approx 40 \cdot 10^{-21} \text{ см}^3$. С помощью калькулятора найдём, что ребро куба, имеющего объём $40 \cdot 10^{-21} \text{ см}^3$, равно $3,4 \cdot 10^{-7} \text{ см}$. Следовательно, среднее расстояние между молекулами воздуха в вашей комнате примерно равно $3,4 \cdot 10^{-7} \text{ см}$, или $3,4 \text{ нм}$.

Ответ: среднее расстояние между молекулами воздуха в комнате примерно равно $3,4 \text{ нм}$.

Таким образом, *средние расстояния между молекулами воздуха в комнате существенно больше размеров самих молекул.*

Выполнив упражнения этого параграфа, вы узнаете, что в твёрдых телах средние расстояния между атомами (молекулами) примерно такие же, как и в жидкостях, т. е. близки к размерам самих атомов (молекул).

Упражнения

1. Капля масла объёмом $V = 10^{-5} \text{ см}^3$ растекается на поверхности воды в пятно площадью $S \approx 50 \text{ см}^2$. Оцените толщину слоя масла и сделайте заключение о размерах молекул этого масла.
2. Сколько атомов содержится в куске меди объёмом $V = 1 \text{ см}^3$, если плотность меди равна 9 г/см^3 ? Оцените среднее расстояние между атомами меди.
3. Плотность льда $\rho = 0,9 \text{ г/см}^3$. Оцените среднее расстояние между молекулами в замёрзшей воде. Сравните полученный результат с результатом задачи 2, решённой в этом параграфе.
4. Плотность паров воды в парилке русской бани $\rho = 0,35 \text{ кг/м}^3$. Оцените количество молекул воды в 1 м^3 водяного пара. Рассчитайте среднее расстояние между молекулами воды в парилке. Сравните полученный результат с результатами из предыдущей задачи.
- *5. Считая, что воздух в комнате состоит на 78 % из молекул азота и на 22 % из молекул кислорода, докажите, что средняя масса молекулы воздуха примерно равна 29 а. е. м.
- *6. За какое время могли бы пролететь через отверстие все молекулы, содержащиеся в 1 см^3 воздуха в вашем классе, если через это отверстие будет пролетать 1 млн молекул в секунду? Считайте, что плотность воздуха в классе $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

§ 4 Движение молекул

Ранее, в § 2, говорилось, что молекулы любого вещества движутся друг относительно друга. На первый взгляд, это утверждение противоречит тому, что мы наблюдаем в быту. Например, вода в стакане, стоящем на столе в комнате, представляется нам неподвижной. Мы не ощущаем и движения воздуха в комнате, если её двери и окна плотно закрыты. Однако утверждение о движении молекул друг относительно друга в веществе экспериментально доказано и не вызывает никаких сомнений. Как же учёные установили это?

Вы наверняка много раз видели, как «роются» в солнечных лучах пылинки в комнате даже тогда, когда никакого движения воздуха нет. Пылинки беспорядочно перемещаются в разные стороны, неожиданно изменяя направление своего движения. Плотность вещества этих пылинок значительно больше плотности воздуха. Согласно законам механики Ньютона

они должны были бы упасть на пол под действием силы тяжести. Однако этого не происходит. Более того, некоторые из пылинок время от времени смещаются вверх. Создаётся впечатление, что пылинки представляют собой живые организмы, способные летать.

Аналогичные явления наблюдаются и для малых частиц (размером около 10^{-6} м), взвешенных в жидкости. Хаотическое движение таких частиц в воде впервые описал английский ботаник Роберт Броун в 1827 г. Он наблюдал в микроскоп беспорядочное движение спор плауна в капельке воды. С тех пор подобное движение стали называть *броуновским движением*, а совершающие такое движение частицы — *броуновскими частицами*.



Броуновское движение представляет собой хаотическое движение очень мелких частиц в жидкости или в воздухе.

В чём же причина хаотического движения броуновских частиц? Какие силы препятствуют их падению, заставляя то и дело изменять направление своего движения, а иногда даже двигаться вверх?

Эти вопросы заинтересовали многих физиков, и исследованием такого движения начали заниматься учёные многих стран. Теория броуновского движения была разработана в начале XX в. Альбертом Эйнштейном (1879–1955) и независимо от него польским учёным Марианом Смолуховским (1872–1917). Французский физик Жан Перрен (1870–1942) экспериментально установил, что *темп (скорость) хаотического движения броуновских частиц при неизменных внешних условиях в среднем не изменяется с течением времени*. Этот вывод кажется парадоксальным. Действительно, во-первых, со стороны жидкости на движущееся в ней тело действуют силы сопротивления, препятствующие его движению. Поэтому движение частиц в жидкости должно было бы замедляться с течением времени. Во-вторых, плотность частиц больше плотности жидкости. Поэтому, как мы уже говорили, под действием силы тяжести они должны были бы опуститься на дно сосуда. Однако с броуновскими частицами ни то ни другое не происходит.

Такое «странное» поведение броуновских частиц объясняется тем, что эти частицы непрерывно испытывают с разных сторон удары молекул окружающей среды. Значит, молекулы среды непрерывно движутся! Число и сила ударов молекул о броуновскую частицу с разных сторон имеют *случайный* характер. Из-за этого то и дело изменяются модуль и направление скорости движения броуновской частицы.

Таким образом, *хаотическое движение броуновской частицы является результатом её взаимодействия с хаотически движущимися молекулами окружающей среды*.



Результаты исследования броуновского движения доказывают: молекулы среды непрерывно хаотически движутся друг относительно друга.

Отметим особо, что при этом сама среда (вода в стакане, воздух в комнате и т. п.) в целом остаётся неподвижной.

Теперь, когда нам стали понятны причины «странного» поведения броуновских частиц, мы можем сделать очень важный вывод: при неизменных внешних условиях остаётся неизменным темп хаотического движения броуновской частицы, а это свидетельствует о неизменном темпе хаотического движения молекул среды.

А что произойдёт, если изменить внешние условия? Например, нагреть среду. Наблюдая за движением броуновских частиц, Перрен экспериментально установил, что *темп хаотического движения броуновских частиц увеличивается при нагревании среды*. Следовательно, увеличивается и темп хаотического движения её молекул. Поэтому хаотическое движение молекул и атомов среды часто называют *тепловым движением*.



Темп хаотического движения молекул среды увеличивается при её нагревании.

О том, что молекулы вещества, неподвижного в целом, совершают хаотическое движение друг относительно друга и темп этого движения возрастает по мере нагревания вещества, свидетельствует и такое явление, как *диффузия*.

Диффузией называют взаимное проникновение друг в друга соприкасающихся веществ вследствие теплового движения частиц этих веществ.

При диффузии происходит перемешивание веществ.

К примеру, откроем в комнате флакон с духами. Через некоторое время в комнате будет ощущаться запах духов, даже если движения воздуха не происходит. Точно так же можно почувствовать и запах нафталина, если его крупинки положить на ковёр. Эксперименты показывают, что в нагретой комнате (например, в жаркую погоду) запах распространяется быстрее, чем в холодной. Это подтверждает то, что в нагретой среде хаотическое (тепловое) движение молекул происходит более интенсивно. Подчеркнём ещё раз, что среда при этом в целом может оставаться неподвижной.

Диффузия наблюдается также и в жидкостях. Но в жидкостях она происходит значительно медленнее, чем в газах. Налейте в мензурку небольшое количество раствора медного купороса. Затем туда же аккуратно налейте чи-