

Джон Дальтон был необычайно разносторонним учёным. На протяжении своей жизни (1766 – 1844 гг.) он занимался наукой о погоде (метеорологией), лингвистикой (английской грамматикой), исследовал природу цветового зрения, но главные его работы посвящены атомарному и молекулярному устройству окружающих нас твёрдых, жидких и газообразных тел. Исследуя различные реакции, он показал, что окружающие нас химические вещества состоят из молекул, построенных из элементарных кирпичиков-атомов.<sup>1</sup>

Так, газообразное вещество состоит из очень большого числа молекул, которые находятся в непрерывном тепловом движении. Ударяясь о стенки сосуда, они создают давление, которое можно измерить.

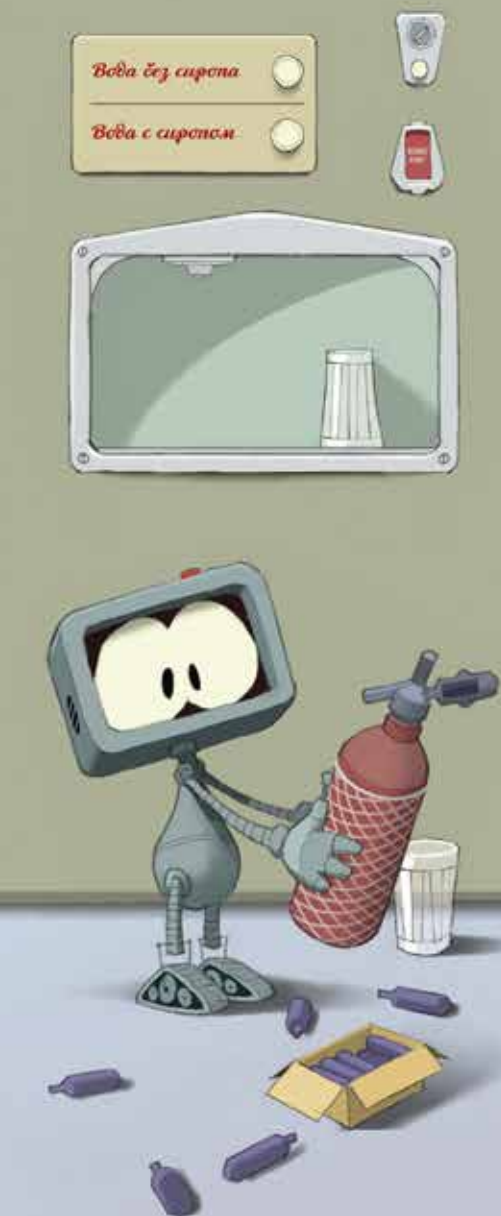
Во времена Дальтона более понятным казалось другое объяснение давления газа на стенки. Полагали, что частицы газа отталкиваются друг от друга. Благодаря этому газ заполняет весь объём сосуда и давит на стенки. Один из первых экспериментов, приоткрывающих механизм давления газа, принадлежит Дальтону.

Дальтон задался следующим вопросом: как будет давить на стенки сосуда газ, состоящий из разных молекул? Можно сделать такой эксперимент. Возьмём две одинаковые банки: одну с газообразным азотом под давлением  $P_1$ , а другую, например, с газообразным кислородом под давлением  $P_2$ . Что будет с давлением в банке, содержащей смесь газов, если мы весь кислород из второй банки передадим в банку с азотом? Эксперименты Дальтона показали, что давление будет равняться сумме давлений  $P_1 + P_2$ , несмотря на то, что газы перемешались! Объяснить такой результат отталкиванием частиц газа не так просто: нам бы пришлось предположить, что взаимодействуют между собой только одинаковые частицы газа. Гораздо проще объяснить результат эксперимента Дальтона тем, что молекулы в газах находятся далеко друг от друга и взаимодействие между молекулами не мешает им

<sup>1</sup> См. статью М. Молчановой «Джон Дальтон: сделано из атомов» в «Квантике» № 7 за 2021 год.



## ВОДА



ударяться о стенку и создавать давление на неё. Давление, которое создают молекулы вещества одного сорта, называют *парциальным давлением*. Закон Дальтона, открытый экспериментально, утверждает, что давление смеси нескольких газов равно сумме парциальных давлений всех газов, находящихся в объёме. Парциальные давления оказались очень важными величинами. Так, если мы решили изготовить газировку, то нам нужно поднять парциальное давление углекислого газа, а не общее давление воздуха и углекислого газа в объёме над водой. Количество растворённого в жидкости газа пропорционально парциальному давлению над поверхностью жидкости. Это ещё один замечательный закон Дальтона. Смысл его понятен: чем чаще молекулы углекислого газа ударяются о поверхность воды, тем вероятнее молекулы войдут внутрь жидкости и начнут своё блуждание в ней (диффузионное движение в растворе). И опять же другие газы, находящиеся над жидкостью или растворённые внутри неё, такие как кислород или азот, не мешают углекислому газу раствориться в воде!

А что будет с молекулами газа, ударяющимися в стенку из твёрдого тела? Практически все молекулы будут отражаться от стенки, но очень маленькая часть молекул газа войдёт в стенку и будет блуждать внутри твёрдой стенки (диффундировать), пока не выйдет из твёрдой стенки либо с одной, либо с другой стороны. Поэтому все стенки всё-таки пропускают газ, хотя делают это очень и очень медленно. Скорость блуждания или диффузии зависит от сорта молекулы. Что будет происходить в этом случае? Прохождение молекул через твёрдую стенку будет определяться парциальными давлениями с обеих сторон стенки? Или в этом случае наконец-то будет важно общее давление всех газов?

Опыты с прохождением газов через твёрдое тело были проведены почти через 100 лет после опытов Дальтона известным учёным, нобелевским лауреатом Уильямом Рамзаем. Оказалось, что и в случае стенок из твёрдого материала поток диффундирующих молекул одного сорта определяется парциальными давлениями этого газа с обеих сторон стенки. Схему опыта

Рамзая можно найти на сайте Википедии в статье «Парциальное давление», а мы попробуем описать качественный опыт, демонстрирующий важность именно парциального давления.

Нам потребуется стеклянная банка с краником и крышкой, резиновая перчатка и шарик с газообразным гелием. Первое, что нужно сделать, это заполнить банку гелием, предварительно натянув на горлышко перчатку. Прежде чем через краник заполнить банку гелием, нам пришлось откачать из неё часть воздуха – просто ртом. Чтобы при откачке воздуха перчатка не лопнула, нам потребовалась завинчивающаяся крышка (догадаетесь, для чего!). И вот что у нас получилось (фото 1). В банке находится преимущественно газообразный гелий, а снаружи воздух. Суммарное давление смеси гелия и воздуха в банке чуть больше атмосферного. Теперь запасёмся терпением и будем ждать! Фото 2, 3, 4 мы делали один раз в день, а фото 5 сделали на 8-й день.

Чтобы объяснить эволюцию перчатки, нужно знать, что гелий очень редкий газ и в атмосфере его почти нет, то есть парциальное давление гелия снаружи банки всегда равно нулю. Надеюсь, вооружившись знанием о парциальном давлении, вы легко объяснили наше наблюдение. Какой газ быстрее проходит через резину перчатки – гелий или воздух? Если банку с перчаткой, заполненную гелием, поставить на весы, то как будут меняться их показания со временем?



Фото 1



Фото 2



Фото 3



Фото 4



Фото 5



Фото автора  
Художник Алексей Вайнер