

Джон Дальтон последователь атомистики Михаила Ломоносова

John Dalton - follower of atomistics of Mikhail Lomonosov

А.В.Буторина<sup>1</sup> / [avbutorina@gmail.com](mailto:avbutorina@gmail.com), С.Б.Нестеров<sup>2</sup>

A.V.Butorina, S.B.Nesterov

<sup>1</sup>Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова, г. Москва

<sup>2</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана, г.Москва

*Атомная гипотеза была сформулирована еще Демокритом в 4 веке до нашей эры. Именно Демокрит писал - «Атом – основа вселенной». В течение многих веков ученые пытались доказать (обнаружить) существование атомов и определить их место в структуре материи.*

*Ключевые слова: атом, атомная гипотеза, Демокрит, Ломоносов*

*The atomic hypothesis was formulated by Democritus in the 4th century BC. It was Democritus who wrote - "The atom is the basis of the universe." For many centuries, scientists have tried to prove (discover) the existence of atoms and determine their place in the structure of matter.*

*Keywords: atom, atomic hypothesis, Democritus, Lomonosov*



*Большая часть работ английского физика, химика, учителя математики и создателя химического атомизма Джона Дальтона была уничтожена во время бомбардировки Манчестера 24 декабря 1940 года. Айзек Азимов по этому поводу писал: «На войне умирают не только живые».*

Великий русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов был гигантом в науке и в историю развития атома им вписана очень важная страница. Ломоносов был материалистом, он утверждал, что материя является основой всего существующего, а идеи - это отражение в нашем сознании окружающей действительности.

Материя и ее движение, учил Ломоносов, не уничтожаются и не сотворяются. В 40-х годах XVIII в. он разработал атомистическую теорию строения вещества. Наметки этой теории, ее первоначальные разработки были изложены им значительно раньше, например, в работе «Элементы математической химии» и в диссертации «О нечувствительных частицах тел».

М.В. Ломоносов подтвердил и развил учение древних атомистов. В основу атомно-молекулярной теории строения вещества легло положение о существовании «корпускул» (молекул), которые состоят из «элементов» (или «нечувствительных физических частичек» - атомов). Ломоносов писал, что «корпускулы сущности сложные, не доступные сами по себе наблюдению», т. е. настолько малы, что совершенно

«ускользают от взора».

Все движение материи сводится к движению атомов и является причиной всех изменений, происходящих в природе. Ломоносов считал, что тепло следствие - движения атомов. Да, только движения атомов, а не присутствия флогистона. Именно так мы и представляем сейчас нагревание и остывание тела. Движение атомов в веществе и определяет степень нагрева или температуру тела.

Именно Ломоносов предвидел существование самой низкой температуры - абсолютного нуля. При абсолютном нуле, объяснял он, тепловое движение «нечувствительных частичек» в веществе совсем прекращается. Это объяснение остается правильным и в настоящее время, и хорошо известно как тепловая теорема Нернста.

Так трудами М.В. Ломоносова была заложена прочная основа для дальнейшего познания тайн атома; начался новый период атомистики - химической атомистики, пришедшей на смену механической атомистике. Химическая атомистика уже была способна решать задачи, связанные с выяснением химического состава веществ. А это значит, что химики на основании своих опытов стали впервые обнаруживать закономерности в поведении атомов, которым они приписывали определенные свойства.

Для своих исследований превращения веществ Ломоносов использовал весы. Именно весы, ясный ум и материалистическое мировоззрение позволили Ломоносову неопровержимо доказать, что никакого флогистона нет и не может быть.

Весы, учет всех обстоятельств опыта и умение правильно понимать природу превращения веществ позволили Ломоносову сформулировать основной закон природы: *«...все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, столько присовокупится к другому, так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте...»* - который мы сегодня называем законом сохранения энергии.

Ко второй половине XVIII века наука накопила довольно много сведений о строении вещества. Уже было ясно, что атомы являются кирпичиками мироздания. Были установлены точные закономерности в превращениях веществ, открыты многие химические элементы и соединения. Стали понятными закономерности превращений элементов. Уже были известны десятки химических элементов и точно установлено, что из этих элементов, атомы которых комбинируются при химических реакциях определенным образом, получаются все остальные вещества. М.В.Ломоносов утверждал, что природа не есть хаотическое нагромождение процессов; в ней проявляются определенные закономерности. Понять и использовать эти закономерности - вот задача науки. Это высказывание Ломоносова с каждым десятилетием все больше и больше подтверждалось. Особенно хорошо его подтвердила теория Дальтона, развитая Авогадро и Берцелиусом. Благодаря работам этих ученых никто уже не сомневался в том, что все многообразие превращений и свойств веществ зависит от поведения мельчайших частиц - атомов.

Все больше и больше разбираясь в поведении атомов в структуре вещества, ученые разработали значительное количество ее гипотетических представлений и моделей. Неясным оставался только механизм взаимодействия между собой самих атомов элементов. Как комбинируются простейшие частички вещества? Почему одни элементы ведут себя так, другие иначе? Почему некоторые элементы проявляют примерно одинаковые свойства, а их атомные веса сильно отличаются? Почему одни тяжелее, а другие легче? И таких «почему» было много.

Не было еще настоящего порядка в мире веществ. Вернее, порядок-то был, - это еще Ломоносов предсказывал, - но какой он, в чем заключаются закономерности этого порядка - было неясно.

В конце XVIII и начале XIX вв. в английском городе Манчестере жил скромный учитель математики Джон Дальтон (6 сентября 1766 г. - 27 июля 1844 г.). Именно Джона Дальтона считают последователем атомистики Михаила Ломоносова.

Будучи сыном ткача, в 15 лет Дальтон начал обучаться вместе со своим старшим

братом Джонатаном в квакерской школе близлежащего города Кендалл. Весной 1793 года он перебрался в Манчестер. Там он познакомился с Джоном Гоухом, слепым философом-эрудитом, который передал ему большую часть своих научных познаний. Дальтон получил место преподавателя математики и естественных наук в «Новом Колледже» академии Манчестера. Он оставался на этой должности до 1800 года, а затем начал заниматься частным преподаванием математики и естественных наук. Он считался хорошим учителем, и к нему обращались богатые родители с просьбой подготовить их детей по математике. Платили за уроки неплохо, и у Дальтона было время и возможность заниматься наукой.

В молодые годы Дальтон познакомился с метеорологом и Элихом Робинсоном, который привил ему интерес к различным проблемам математики и метеорологии. В 1787 году начал вести собственный метеорологический дневник, в котором за 57 лет зафиксировал более 200000 наблюдений. Дальтон заново разработал теорию циркуляции атмосферы, ранее предложенную Джорджем Хедли. Первая его публикация называлась «Метеорологические наблюдения и опыты», в ней содержались многие идеи его будущих открытий.

Половину своей жизни Дальтон даже не подозревал, что с его зрением что-то не так. Он занимался оптикой и химией, но обнаружил свой дефект благодаря увлечению ботаникой. То, что он не мог отличить голубой цветок от розового, он объяснял путаницей в классификации цветов, а не проблемами его собственного зрения. Он заметил, что цветок, который днём, при свете солнца, был небесно-голубым (как он считал), при свете свечи выглядел тёмно-красным. Он обратился к окружающим, но никто такого странного преобразования не видел, за исключением его родного брата. Таким образом Дальтон догадался, что проблема с его зрением наследственная. В 1794 году после прибытия в Манчестер, Дальтон был избран членом Манчестерского литературно-философского общества («Лит&Фил») и несколько недель спустя выпустил в свет статью под названием «Необычные случаи цветовосприятия», где объяснял узорность цветоощущения некоторых людей обесцвечиванием жидкого вещества глаза. Описав эту болезнь на собственном примере, Дальтон обратил на неё внимание людей, до того момента не осознававших у себя её наличия. Несмотря на то, что объяснение Дальтона подвергли сомнению ещё при его жизни, тщательность исследований им собственной болезни была настолько беспрецедентной, что термин «дальтонизм» прочно закрепился за этим недугом. Кроме фиолетового и голубого цветов он мог нормально распознавать только один - жёлтый, и писал об этом: *«Та часть картины, которую другие называют красной, мне кажется, как будто тенью или просто плохо освещенной. Оранжевый, зелёный и жёлтый кажутся оттенками одного цвета, от интенсивного до бледно-жёлтого.»* Позже было установлено, что он страдал формой дальтонизма - дейтеранопией. В этом случае глаз не улавливает свет средних длин волн.

Дальтон интересовался атомно-молекулярной теорией строения вещества, которая начала распространяться в то время. На свои средства Дальтон оборудовал в своем доме химическую лабораторию, стал производить опыты, задумываться над причинами и механизмом превращения веществ. И постепенно в его сознании начала складываться новая теория - теория химического взаимодействия атомов.

В 1800 году Дальтон на заседании Манчестерского литературно-философского общества представил ряд докладов под общим названием «Опыты», посвященных определению состава газовых смесей, давления пара различных веществ при разных температурах в вакууме и на воздухе, испарению жидкостей, термическому расширению газов. Четыре таких статьи были напечатаны в «Докладах» Общества в 1802 году. Особо примечательно вступление ко второй работе Дальтона: *«Едва ли можно сомневаться в возможности перехода любых газов и их смесей в жидкое состояние, нужно лишь приложить к ним соответствующее давление или понизить температуру, вплоть до разделения на отдельные компоненты.»*

После описания экспериментов по установлению давления водяного пара при

различных температурах в интервале от 0 до 100°C, Дальтон переходит к обсуждению давления пара шести других жидкостей и делает вывод о том, что изменение давления пара эквивалентно для всех веществ при одинаковом изменении температуры.

Другой своей работе Дальтон пишет: *«Не вижу каких-либо объективных причин считать неверным тот факт, что два любых газа (упругая среда) при одинаковом начальном давлении расширяются одинаково при изменении температуры. Однако для любого заданного расширения паров ртути (неупругая среда) расширение воздуха будет меньше. Таким образом, общий закон, который описывал бы природу теплоты и её абсолютное количество, следует выводить на основе изучения поведения упругих сред.»*

Наиболее важными из всех работ Дальтона считаются работы, связанные с атомистической концепцией в химии, - с ней его имя связано самым непосредственным образом. Предполагается (Томасом Томсоном), что эта теория была разработана либо в ходе исследований поведения этилена и метана при различных условиях, либо в ходе анализа диоксида и монооксида азота.

Дальтон решил не пользоваться словом «корпускула». Он вернулся к старому названию простейшей частицы вещества, так как считал, что слово «атом» лучше всего подчеркивает элементарность этой частицы. По мнению Дальтона, атомы представляют собой упругие (в обычном состоянии вещества) неподвижные шарики. Дальтон пришел к выводу, что в природе существуют простые вещества - элементы - и сложные вещества, составленные из этих элементов.

Каждый элемент состоит из атомов, характерных только для данного элемента, со строго определенными свойствами. Атомы разных элементов, соединяясь между собой при химических реакциях в строго определенном порядке, образуют более сложные, составные вещества.

Таков смысл теории Дальтона, которую он разработал и опубликовал в 1802 г. В своих основных положениях это была правильная теория. Именно так мы и представляем сейчас образование сложных веществ из простых элементов.

В течение нескольких лет Дальтон опубликовал ряд работ посвященных поглощению газов водой и другими жидкостями (1803); в это же время им был постулирован закон парциальных давлений, известный как закон Дальтона.

Основным выводом из теории Дальтона был закон кратных отношений. Это значит, что атомы веществ образуют более сложное вещество только в простейшей пропорции. Другими словами, в химических реакциях могут соединяться только целые атомы, но ни в коем случае не части их. Дальтон впервые ввел в практику новое понятие - атомный вес элемента (не вес атома, а именно атомный вес - это разные понятия).

Поясним, что это такое. Во времена Дальтона было известно, что атомы настолько малы, что взвесить их нельзя. Даже в наше время самыми точными и чувствительными весами невозможно взвесить атом. Но зато можно ввести понятие относительного веса. Скажем, принять вес атома водорода за единицу, а веса атомов других элементов считать по отношению к атому водорода. Дальтон так и сделал.

Во время объяснения закона кратных отношений учёный все ближе подходил к рассмотрению химического взаимодействия как элементарного акта сочетания атомов определенных масс.

Первая статья, посвященная абсорбции газов, была написана 21 октября 1803 года и опубликована в 1805). Дальтон пишет: *Почему вода не сохраняет свою форму, подобно любому газу? Посвятив решению этой проблемы достаточно времени, я не могу с полной уверенностью дать подходящий ответ, однако я уверен, что все зависит от веса и количества микрочастиц в веществе.*

Следует отметить, что Дальтон больше всего интересовался газами, проводя с ними много опытов. Он брал газы водород и хлор и получал из них новое вещество - хлористый водород. Дальтон установил, что хлористый водород получается из одной весовой части водорода и приблизительно 35 весовых частей хлора. И сделал совершенно правильный вывод, что атомный вес хлора приблизительно равен 35 атомным весам

водорода.

В следующих опытах он взял водород и кислород и нашел, что вода получается из одной весовой части водорода и восьми весовых частей кислорода. Исходя из своей теории, ученый пришел к выводу, что раз для образования воды на одну часть водорода требуется восемь частей кислорода, то атомный вес кислорода должен быть равен восьми. Вот в этом-то и заключалась ошибка Дальтона. Сейчас каждый знает, что атомный вес кислорода вдвое больше - он равен шестнадцати.

Действительно, в чем же дело? Когда одна часть водорода соединяется с 35 частями хлора, мы делаем правильный вывод: атомный вес хлора равен 35. А если одна часть водорода соединилась с восемью частями кислорода, образуя воду, то неправильно делать вывод, что атомный вес кислорода равен восьми.

И вскоре выяснилось, почему Дальтон ошибался.

Дальтон считал, что один атом одного элемента соединяется только с одним атомом другого элемента. В этом-то и была его ошибка. Он был прав только тогда, когда действительно один атом одного элемента соединяется с одним атомом другого элемента. В этом случае вывод о том, что отношение частей, вступающих в реакцию элементов, соответствует отношению атомных весов, как при реакции водорода с хлором, будет правильным. А если один атом одного элемента соединяется, например, с двумя атомами другого элемента? Тогда соотношение частей элементов, вступающих в реакцию, не соответствует соотношению атомных весов. Примером этого служит образование воды из кислорода и водорода.

В чем же тут дело? Ошибку Дальтона исправили итальянский физик Амедео Авогадро и шведский химик Йоганн Берцелиус.

Дальтон просто не знал о существовании молекулы, состоящей из атомов одного и того же вещества (по-французски «молекула» означает «маленькая масса»). Молекула - наименьшее количество данного вещества, обладающее основными свойствами этого вещества, Молекула может состоять из одного атома, из двух, трех, десятков, сотен и, как сейчас установлено, даже тысяч атомов. В этом-то все и дело. Несколько позднее Авогадро предположил, что одинаковые объемы различных газов содержат одинаковое число молекул. Это предположение позволило ученым все поставить на свои места.

При реакции водорода с кислородом не один, а два атома водорода соединяются с одним атомом кислорода. И хотя на одну часть водорода при образовании воды приходится восемь частей кислорода, число атомов водорода, вступающих в реакцию, в два раза больше числа атомов кислорода, тоже вступающих в реакцию. Значит, ошибка Дальтона заключалась в том, что он в два раза уменьшил число атомов водорода. И, следовательно, сделал неправильный вывод.

Другими словами, не одну часть водорода нужно было принять за единицу, а только половину части. Тогда и получается, что атомный вес водорода в шестнадцать (а не в восемь) раз меньше атомного веса кислорода.

Перечень химических знаков отдельных элементов и их атомных весов был составлен Джоном Дальтоном в 1808 году. Некоторые из символов, использовавшихся в ту пору для обозначения химических элементов, восходят к эпохе алхимии. Данный перечень нельзя рассматривать как «Периодическую таблицу», поскольку он не содержит повторяющихся (периодических) групп элементов. Некоторые из веществ не являются химическими элементами, например, известь. Дальтон рассчитал атомный вес каждого вещества по отношению к водороду, как самому лёгкому, закончив свой список ртутью, которой ошибочно был присвоен атомный вес больше, чем у свинца.

Различные атомы и молекулы были представлены в книге Джона Дальтона «Новый курс химической философии» (1808). Для визуализации своей теории Дальтон использовал собственную систему символов, также представленную в «Новом курсе химической философии». Продолжая исследования, Дальтон через некоторое время опубликовал таблицу относительных атомных весов шести элементов - водорода,

кислорода, азота, углерода, серы, фосфора, приняв массу водорода равной 1. Дальтон не дал описания способа, которым он определил относительные веса, но в его записях от 6 сентября 1803 года мы находим таблицу расчета этих параметров на основе данных различных химиков по анализу воды, аммиака, диоксида углерода и других веществ.

Дальтон считал, что все газы состоят из атомов и пытался рассчитать их относительный диаметр. Предполагая, что любое химическое превращение всегда происходит по наиболее простому пути, Дальтон пришел к выводу, что химическая реакция возможна лишь между частицами различных весов. С этого момента концепция Дальтона перестает быть простым отражением идей Демокрита. Распространение этой теории на вещества привело исследователя к закону кратных отношений, а эксперимент идеально подтвердил его вывод. Закон кратных отношений был предугадан Дальтоном в докладе, посвященном описанию содержания различных газов в атмосфере, прочтенном в ноябре 1802 года: «Кислород может соединяться с определенным количеством азота, или уже с удвоенным таким же, но не может быть какого-либо промежуточного значения количества вещества». Существует мнение, что это предложение было добавлено некоторое время спустя после прочтения доклада, однако опубликовано лишь в 1805 году.

В работе «Новый курс химической философии» все вещества, в зависимости от количества атомов в молекуле, были разбиты Дальтоном на двойные, тройные, четверные и т.п. Он предложил классифицировать структуры соединений по общему количеству атомов - один атом элемента X, соединяясь с одним атомом элемента Y, дает двойное соединение. Если же один атом элемента X соединяется с двумя Y (или наоборот), то такое соединение будет тройным.

#### **Основные положения теории Дальтона состояли:**

- Химические элементы состоят из маленьких частиц, называемых атомами (принцип дискретности (прерывности строения) вещества);
- Атомы нельзя создать заново, разделить на более мелкие частицы, уничтожить путём каких-либо химических превращений (или превратить друг в друга);
- Любая химическая реакция просто изменяет порядок группировки атомов (атомы не возникают и не исчезают при химических реакциях - закон сохранения массы);
- Атомы любого элемента идентичны и отличны от всех других, причем характерной чертой в данном случае является их одинаковая относительная атомная масса;
- Атомы различных элементов имеют различный вес (массу);
- Атомы различных элементов могут соединяться в химических реакциях, образуя химические соединения, причем каждое соединение всегда имеет одинаковое (простое, целочисленное) соотношение атомов в своем составе;
- Относительные веса (массы) взаимодействующих элементов непосредственно связаны с весами (массами) самих атомов, как это показывает закон постоянства состава.

Дальтон также предложил «правило наибольшей простоты», которое, впоследствии не получило независимых подтверждений: когда атомы соединяются только в одном соотношении, это говорит об образовании ими двойных, сложных атомных соединений. Но это было лишь предположение веры в простоту устройства природы. Исследователи того времени не располагали объективными данными для определения количества атомов каждого элемента в сложном соединении. Однако подобные «предположения» являются жизненно необходимыми для такой теории, ибо расчет относительных атомных весов невозможен без знания химических формул соединений.

Гипотеза Дальтона привела его к определению формулы воды как OH (так как с позиций его теории вода является продуктом реакции H+O, причем соотношение всегда постоянно); для аммиака он предлагал формулу NH, что, разумеется, не соответствует современным представлениям.

Несмотря на противоречия, лежащие в концепции Дальтона, некоторые её принципы дожили до наших дней, хотя и с небольшими оговорками. Скажем, атомы действительно не могут быть разделены на части, созданы или уничтожены, однако это справедливо лишь для химических реакций.

Дальтон также не знал о существовании изотопов химических элементов, свойства которых порой отличаются.

Несмотря на все эти недочеты, теория Дальтона (химическая атомистика) повлияла на будущее развитие химии не меньше кислородной теории Лавуазье.

Свою теорию Дальтон показал Т.Томсону, который вкратце написал её в третьем издании своего «Курса химии» (1807).

А затем Дальтон продолжил её изложение в первой части первого тома «Нового курса химической философии» (1808), вторая часть которого была издана в 1810 году. А первая часть второго тома не была опубликована до 1827 года, а вторая вообще не вышла в свет.

Развитие химической теории пошло намного дальше, оставшийся неопубликованным материал был интересен уже очень узкой даже для научной среды аудитории.

Дальтон сделал 116 докладов. В одном из них, сделанном в 1814 году, он объясняет принципы объемного анализа, в котором он был первопроходцем. В 1840 году его работа, посвященная фосфатам и арсенатам, была признана Королевским Обществом ненаучной и недостойной публикации, в результате Дальтону пришлось делать это самому.

Такая же участь постигла 4 его статьи. Статьи «О количестве кислот, щелочей и солей в различных солях» и «О новом и простом методе анализа сахара») содержали открытие, которое сам Дальтон считал вторым по важности после атомистической концепции. Определенные безводные соли при растворении не вызывают увеличения объема раствора! соответственно, как писал учёный, они занимают некие «поры» в структуре воды.

В предисловии ко второй части первого тома «Нового курса», Дальтон пишет, что использование чужих экспериментальных данных так часто вводило его в заблуждение, что в своей книге он решил писать только о тех вещах, которые мог лично проверить. Впрочем, такая «независимость» вылилась в недоверие даже к общепризнанным вещам. Например, Дальтон критиковал и, похоже, так до конца и не принял газовый закон Гей-Люссака.

Учёный придерживался нетрадиционных взглядов на природу хлора даже когда Г.Дэви установил его состав. Номенклатуру Й.Я. Берцелиуса он категорически отвергал, несмотря на то, что многие считали её гораздо проще и удобней громоздкой системы дальтоновских символов.

Джон Дальтон - известный английский физик и химик, метеоролог, естествоиспытатель и создатель химического атомизма оставил огромный вклад в мировую науку:

- он впервые (1794) провёл исследования и описал дефект зрения, которым страдал сам, - цветовую слепоту, позже названную в его честь дальтонизмом,
- открыл закон парциальных давлений (закон Дальтона) (1801),
- закон равномерного расширения газов при нагревании (1802),
- закон растворимости газов в жидкостях (закон Генри-Дальтона),
- установил закон кратных отношений (1803),
- обнаружил явление полимеризации (на примере этилена и бутилена),
- ввёл понятие «атомный вес»,
- первым рассчитал атомные веса (массы) ряда элементов и составил первую таблицу их относительных атомных масс, заложив тем самым количественные основы для древней атомной теории строения вещества.

Уже с большой достоверностью было установлено, что все бесчисленное разнообразие окружающей нас природы, неорганической и органической, состоит из бесконечного числа комбинаций относительно небольшого числа элементов - от водорода до урана. Было ясно, что подавляющее большинство элементов находится в природе в соединении с другими.

Считалось, что атом является мельчайшей, а следовательно, и неделимой частицей. И эта точка зрения была принята учеными. Начала вырисовываться как будто бы очень стройная картина мира.

Все ученые пришли к выводу - что атом неделим! И все силы ученых были направлены на изучение взаимодействия атомов с атомами.

Пока не было никаких сигналов из недр атома. Вернее, ученые еще не наблюдали этих сигналов. Поэтому условно можно принять, что работами Д.И. Менделеева заканчивается период химической атомистики и начинается новый этап - этап современной атомистики, или физической атомистики.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Альварес, Энрике Ховен. Масса атомов. Дальтон. Атомная теория. Наука. Величайшие теории. М.: Де Агостини, 2015, Вып. 22
2. Гельфер Я.М. Сохранение и превращение энергии в его историческом развитии. Учпедгиз, Москва, 1959, 258 стр.
3. Корякин Ю.И. Биография атома. Госатомиздат, Москва, 1961, 205 стр.
4. Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Изд-во АН СССР, т. 3, с. 352.
5. Ломоносов М. В. Сочинения. «Современник», Москва, 1987, 444 стр.
6. Миттова И.Я., Самойлов А.М.. История химии с древнейших времен до конца XX века: Учебное пособие. В 2 т. «Интеллект», 2009 Т. 1, С. 343.
7. Храмов, Ю. А. Дальтон Джон. Физики: Биографический справочник. Под ред. А.И.Ахиезера. Изд. 2-е, испр. и доп. М. : Наука, 1983, С. 400 с.
8. Greenaway, Frank. John Dalton and the Atom. Ithaca, New York: Cornell University Press (англ.) русск., 1966.
9. Hunt, D. M.; Dulai, K. S.; Bowmaker, J. K.; Mollon, J. D. The Chemistry of John Dalton's Color Blindness (англ.). Science. 1995, Vol. 267, no. 5200, P. 984-988.
10. Smith, R. Angus. Memoir of John Dalton and History of the Atomic Theory (англ.). London: H. Bailliere, 1856.
11. Patterson, Elizabeth C. John Dalton and the Atomic Theory (неопр.). Garden City, New York: Anchor, 1970.