

A30T



- Азот — элемент главной подгруппы пятой группы второго периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером 7. Обозначается символом N (лат. Nitrogenium). Простое вещество азот — достаточно инертный при нормальных условиях двухатомный газ без цвета, вкуса и запаха (формула N<sub>2</sub>), из которого на три четверти состоит земная атмосфера.

# Молекула азота



- 1777 году Генри Кавендиш провёл следующий опыт: он многократно пропускал воздух над раскалённым углём, затем обрабатывал его щёлочью, в результате получался остаток, который Кавендиш назвал удушливым (или мефитическим) воздухом. С позиций современной химии ясно, что в реакции с раскалённым углём кислород воздуха связывался в углекислый газ, который затем реагировал со щёлочью. При этом остаток газа представлял собой по большей части азот. Таким образом, Кавендиш выделил азот, но не сумел понять, что это новое простое вещество (химический элемент). В том же году Кавендиш сообщил об этом опыте Джозефу Пристли.

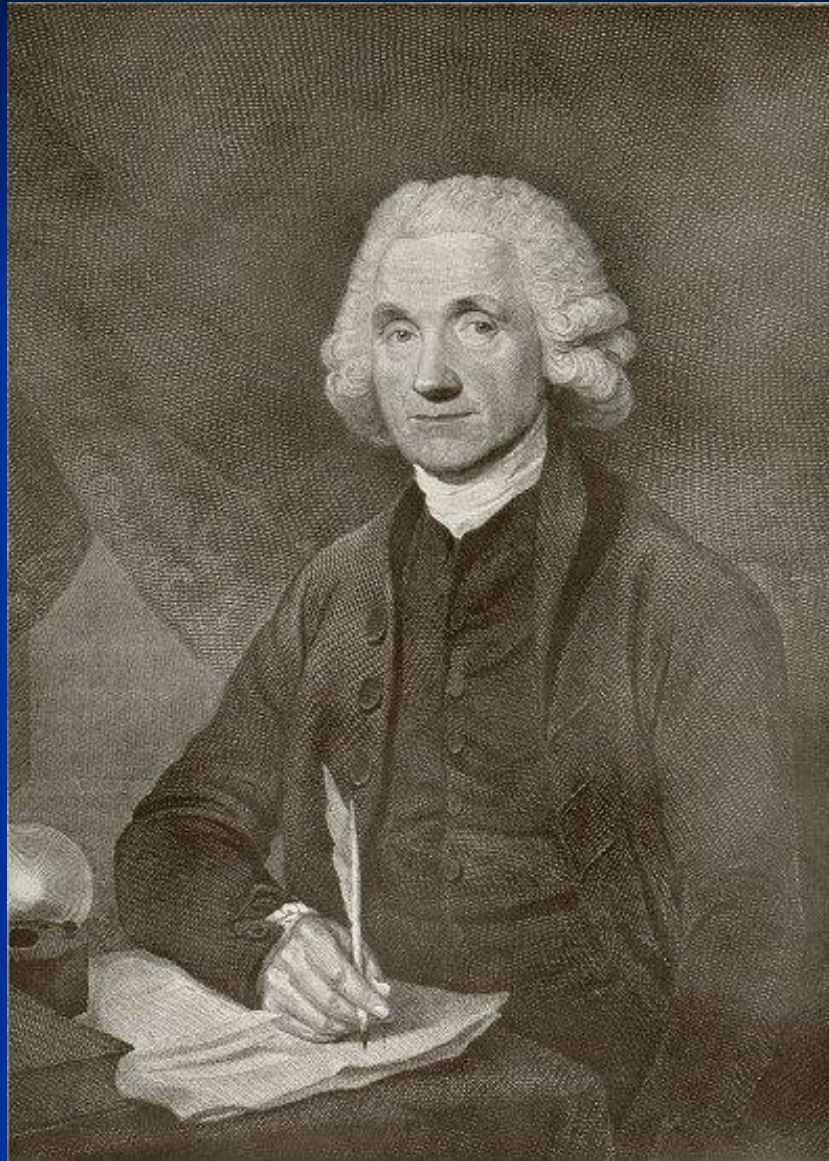
- Пристли в это время проводил серию экспериментов, в которых также связывал кислород воздуха и удалял полученный углекислый газ, то есть также получал азот, однако, будучи сторонником господствующей в те времена теории флогистона, совершенно неверно истолковал полученные результаты (по его мнению, процесс был противоположным — не кислород удалялся из газовой смеси, а наоборот, в результате обжига воздух насыщался флогистоном; оставшийся воздух (азот) он и назвал насыщенным флогистоном, то есть флогистированным). Очевидно, что и Пристли, хотя и смог выделить азот, не сумел понять сути своего открытия, поэтому и не считается первооткрывателем азота.

# Генри Кавендиш





# Джозеф Пристли





- Одновременно схожие эксперименты с тем же результатом проводил и Карл Шееле.
- В 1772 году азот (под названием «испорченного воздуха») как простое вещество описал Даниэль Резерфорд, он опубликовал магистерскую диссертацию, где указал основные свойства азота (не реагирует со щелочами, не поддерживает горения, непригоден для дыхания). Именно Даниэль Резерфорд и считается первооткрывателем азота.
- В дальнейшем азот был изучен Генри Кавендишем (интересен тот факт, что он сумел связать азот с кислородом при помощи разрядов электрического тока, а после поглощения оксидов азота в остатке получил небольшое количество газа, абсолютно инертного, хотя, как и в случае с азотом, не смог понять, что выделил новые химические элементы — инертные газы). Однако и Резерфорд был сторонником флогистонной теории, поэтому также не смог понять, что же он выделил. Таким образом, чётко определить первооткрывателя азота невозможно.

# Карл Шееле



# Даниэль Резерфорд



# Изотопы

- Природный азот состоит из двух стабильных изотопов  $^{14}\text{N}$  — 99,635 % и  $^{15}\text{N}$  — 0,365 %.
- Искусственно получены четырнадцать радиоактивных изотопов азота с массовыми числами от 10 до 13 и от 16 до 25. Все они являются очень короткоживущими изотопами. Самый стабильный из них  $^{13}\text{N}$  имеет период полураспада 10 мин.
- Спин ядер стабильных изотопов азота:  $^{14}\text{N}$  — 1;  $^{15}\text{N}$  — 1/2.

# Распространённость

- Вне пределов Земли азот обнаружен в газовых туманностях, солнечной атмосфере, на Уране, Нептуне, межзвёздном пространстве и др. Азот — четвёртый по распространённости элемент Солнечной системы (после водорода, гелия и кислорода).
- Азот, в форме двухатомных молекул  $N_2$  составляет большую часть атмосферы, где его содержание составляет 75,6 % (по массе) или 78,084 % (по объёму), то есть около  $3,87 \cdot 10^{15}$  т.
- Содержание азота в земной коре, по данным разных авторов, составляет  $(0,7—1,5) \cdot 10^{15}$  т (причём в гумусе — порядка  $6 \cdot 10^{10}$  т), а в мантии Земли —  $1,3 \cdot 10^{16}$  т. Такое соотношение масс заставляет предположить, что главным источником азота служит верхняя часть мантии, откуда он поступает в другие оболочки Земли с извержениями вулканов.
- Масса растворённого в гидросфере азота, учитывая, что одновременно происходят процессы растворения азота атмосферы в воде и выделения его в атмосферу, составляет около  $2 \cdot 10^{13}$  т, кроме того примерно  $7 \cdot 10^{11}$  т азота содержатся в гидросфере в виде соединений.

# Получение

- лабораториях его можно получать по реакции разложения нитрита аммония:
- $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- Реакция экзотермическая, идёт с выделением 80 ккал (335 кДж), поэтому требуется охлаждение сосуда при её протекании (хотя для начала реакции требуется нагревание нитрита аммония).
- Практически эту реакцию выполняют, добавляя по каплям насыщенный раствор нитрита натрия в нагретый насыщенный раствор сульфата аммония, при этом образующийся в результате обменной реакции нитрит аммония мгновенно разлагается.
- Выделяющийся при этом газ загрязнён аммиаком, оксидом азота (I) и кислородом, от которых его очищают, последовательно пропуская через растворы серной кислоты, сульфата железа (II) и над раскалённой медью. Затем азот осушают.
- Ещё один лабораторный способ получения азота — нагревание смеси дихромата калия и сульфата аммония (в соотношении 2:1 по массе). Реакция идёт по уравнениям:
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4$
- $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow(t) \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$



- Самый чистый азот можно получить разложением азидов металлов:
- $2\text{NaN}_3 \xrightarrow{(t)} 2\text{Na} + 3\text{N}_2\uparrow$
- Так называемый «воздушный», или «атмосферный» азот, то есть смесь азота с благородными газами, получают путём реакции воздуха с раскалённым коксом:
- $\text{O}_2 + 4\text{N}_2 + 2\text{C} \rightarrow 2\text{CO} + 4\text{N}_2$
- При этом получается так называемый «генераторный», или «воздушный», газ — сырьё для химических синтезов и топливо. При необходимости из него можно выделить азот, поглотив монооксид углерода.
- Молекулярный азот в промышленности получают фракционной перегонкой жидкого воздуха. Этим методом можно получить и «атмосферный азот». Также широко применяются азотные установки, в которых используется метод адсорбционного и мембранного газоразделения.

- Один из лабораторных способов — пропускание аммиака над оксидом меди (II) при температуре  $\sim 700^\circ\text{C}$ :
- $2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} \rightarrow \text{N}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cu}$
- Аммиак берут из его насыщенного раствора при нагревании. Количество  $\text{CuO}$  в 2 раза больше расчётного. Непосредственно перед применением азот очищают от примеси кислорода и аммиака пропусканием над медью и её оксидом (II) (тоже  $\sim 700^\circ\text{C}$ ), затем сушат концентрированной серной кислотой и сухой щёлочью. Процесс происходит довольно медленно, но он того стоит: газ получается весьма чистый.

- Азот в свободном состоянии существует в форме двухатомных молекул  $N_2$ , электронная конфигурация которых описывается формулой  $\sigma_s^2 \sigma_s^* 2p_x, y 4\sigma_z^2$ , что соответствует тройной связи между молекулами азота  $N \equiv N$  (длина связи  $d_{N \equiv N} = 0,1095$  нм). Вследствие этого молекула азота крайне прочна, для реакции диссоциации  $N_2 \leftrightarrow 2N$  удельная энтальпия образования  $\Delta H^\circ_{298} = 945$  кДж, константа скорости реакции  $K_{298} = 10^{-120}$ , то есть диссоциация молекул азота при нормальных условиях практически не происходит (равновесие практически полностью сдвинуто влево). Молекула азота неполярна и слабо поляризуется, силы взаимодействия между молекулами очень слабые, поэтому в обычных условиях азот газообразен.

- Даже при 3000 °С степень термической диссоциации N<sub>2</sub> составляет всего 0,1 %, и лишь при температуре около 5000 °С достигает нескольких процентов (при нормальном давлении). В высоких слоях атмосферы происходит фотохимическая диссоциация молекул N<sub>2</sub>. В лабораторных условиях можно получить атомарный азот, пропуская газообразный N<sub>2</sub> при сильном разряжении через поле высокочастотного электрического разряда. Атомарный азот намного активнее молекулярного: в частности, при обычной температуре он реагирует с серой, фосфором, мышьяком и с рядом металлов, например, со ртутью.
- Вследствие большой прочности молекулы азота многие его соединения эндотермичны, энтальпия их образования отрицательна, а соединения азота термически малоустойчивы и довольно легко разлагаются при нагревании. Именно поэтому азот на Земле находится по большей части в свободном состоянии.
- Ввиду своей значительной инертности азот при обычных условиях реагирует только с литием:
  - $6\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{Li}_3\text{N}$ ,
  - при нагревании он реагирует с некоторыми другими металлами и неметаллами, также образуя нитриды:
    - $3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$ ,
    - $2\text{B} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{BN}$ ,
- Наибольшее практическое значение имеет нитрид водорода (аммиак):

# Схема электронных оболочек атома азота

7: Nitrogen

2,5



7

**IN**

**A30T**

**14,0067**

**2s<sup>2</sup> 2p<sup>3</sup>**

**25**