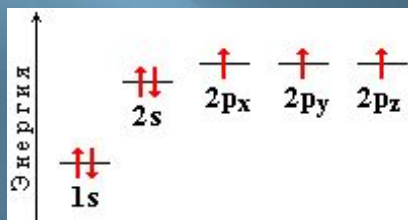


# АЗОТ (N)

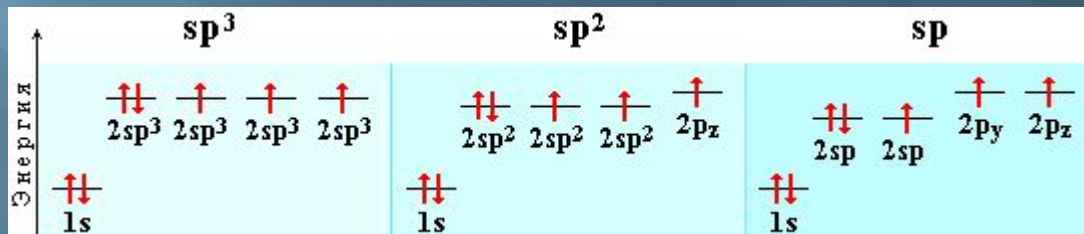
## Строение атома

**Азот** – элемент VA группы 2-го периода Периодической системы элементов; порядковый номер 7; атомная масса 14,007; электроотрицательность 3,0.

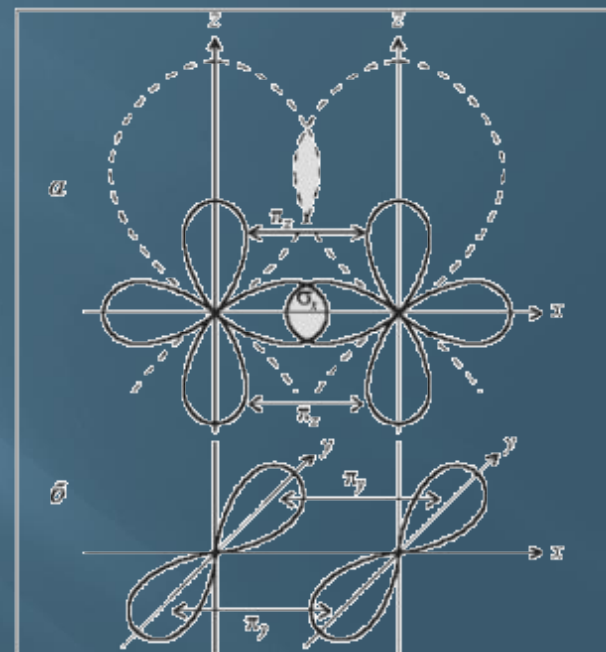
Электронная конфигурация в основном состоянии  $1s^2 2s^2 2p^3$ :



Подобно углероду, азот в различных соединениях может находиться в состояниях  $sp^3$ ,  $sp^2$  или  $sp$ -гибридизации.



# Строение молекулы N<sub>2</sub>



# Физические свойства

При нормальных условиях азот — это бесцветный газ, не имеет запаха, мало растворим в воде (2,3 мл/100 г при 0 °С, 1,5 мл/100 г при 20 °С, 1,1 мл/100 г при 40 °С, 0,5 мл/100 г при 80 °С), плотность 1,2506 кг/м<sup>3</sup> (при н. у.).

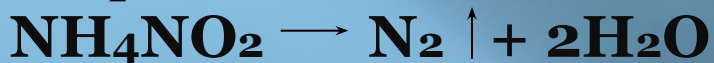
В жидком состоянии (температура кипения -195,8 °С) — бесцветная, подвижная, как вода, жидкость. Плотность жидкого азота 808 кг/м<sup>3</sup>. При контакте с воздухом поглощает из него кислород.

При -209,86 °С азот переходит в твёрдое состояние в виде снегоподобной массы или больших белоснежных кристаллов. При контакте с воздухом поглощает из него кислород, при этом плавится, образуя раствор кислорода в азоте.

Известны три кристаллические модификации твёрдого азота. В интервале 36,61 — 63,29 К существует фаза  $\beta$ -N<sub>2</sub> с гексагональной плотной упаковкой, пространственная группа P6<sub>3</sub>/mmc, параметры решётки a=3,93 Å и c=6,50 Å. При температуре ниже 36,61 К устойчива фаза  $\alpha$ -N<sub>2</sub> с кубической решёткой, имеющая пространственную группу Pa3 или P2<sub>1</sub>3 и период a=5,660 Å. Под давлением более 3500 атмосфер и температуре ниже 83 К образуется гексагональная фаза  $\gamma$ -N<sub>2</sub>.

# Получение в лаборатории

В лабораториях его можно получать по реакции разложения нитрита аммония:

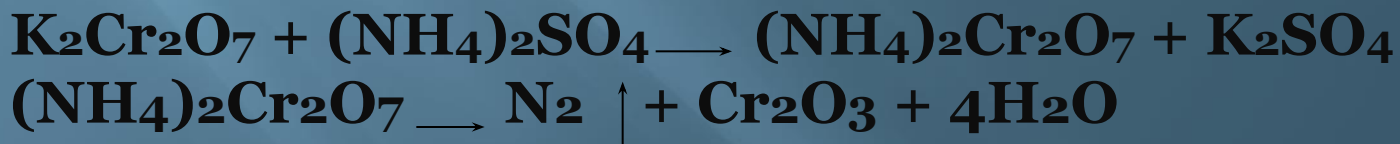


Реакция экзотермическая, идёт с выделением 80 ккал (335 кДж), поэтому требуется охлаждение сосуда при её протекании (хотя для начала реакции требуется нагревание нитрита аммония).

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.

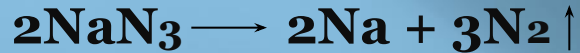
Выделяющийся при этом газ загрязнён аммиаком, оксидом азота (I) и кислородом, от которых его очищают, последовательно пропуская через растворы серной кислоты, сульфата железа (II) и над раскалённой медью. Затем азот осушают.

Ещё один лабораторный способ получения азота — нагревание смеси дихромата калия и сульфата аммония (в соотношении 2:1 по массе). Реакция идёт по уравнениям:



# Получение в лаборатории

Наиболее чистый азот можно получить разложением азидов металлов:



Так называемый «воздушный», или «атмосферный» азот, то есть смесь азота с благородными газами, получают путём реакции воздуха с раскалённым коксом, при этом образуется 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 и станции, в которых используется метод адсорбционного и мембранного газоразделения.

Один из лабораторных способов — пропускание аммиака над оксидом меди (II) при температуре  $\sim 700$  °C:



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  $\sim 700$  °C), затем сушат концентрированной серной кислотой и сухой щёлочью. Процесс происходит довольно медленно, но он того стоит: газ получается весьма чистый.



# Получение в промышленности

На 78% по объему и 75,6% по массе азот является главной составляющей воздуха, которым мы дышим. Это и есть причиной того, что получение азота в промышленности основывается на воздухе.

Азот получают путем разделения воздуха на его составляющие. Это происходит на газоразделительных азотных установках, которые работают по принципу адсорбционного разделения. Процесс производства азота происходит по следующему принципу:

- Воздух сжимается с помощью винтового компрессора
- Осушается от воды, очищается от масла
- Воздух поступает в генератор азота под давлением 8-10 бар

Молекулярное сито улавливает молекулы кислорода и молекулы углекислого газа, аргона и остальных газов, что являются составляющими воздуха. Азот же без препятствий идет через сито дальше в накопительную ёмкость. Этот процесс работает непрерывно – воздух постоянно очищается и сразу же подается на молекулярное сито, а азот бесперебойно идет в азото сборник.

Молекулярное сито улавливает молекулы кислорода и молекулы углекислого газа, аргона и остальных газов, что являются составляющими воздуха. Азот же без препятствий идет через сито дальше в накопительную ёмкость. Этот процесс работает непрерывно – воздух постоянно очищается и сразу же подается на молекулярное сито, а азот бесперебойно идет в азото сборник.

Установка может быть как стационарной для эксплуатации в помещении, так и для временного использования в непредназначенных для этого условиях. Долговечность этой установки достигает 50 000 часов, если за ней ведется правильный уход, а нормальная долговечность – около 40 000 часов, а это 5 лет круглосуточной работы.

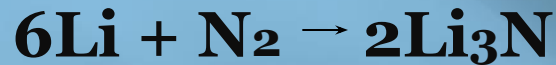
Данный метод является наиболее распространённым и энергоэффективным, по сравнению с другими методами получения азота, такими как криогенный, мембранный.

# Получение в промышленности

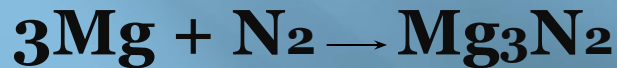


# Химические свойства

Ввиду своей значительной инертности азот при обычных условиях реагирует только с литием:



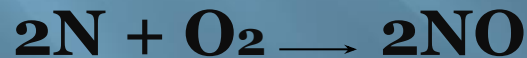
При нагревании он реагирует с некоторыми другими металлами и неметаллами, также образуя нитриды:



Наибольшее практическое значение имеет нитрид водорода (аммиак)  $\text{NH}_3$ , получаемый взаимодействием водорода с азотом:



В электрическом разряде реагирует с кислородом, образуя оксид азота(II)  $\text{NO}$ .



Описано несколько десятков комплексов с молекулярным азотом.



# Применение

Жидкий азот применяется как хладагент и для криотерапии.

Промышленные применения газообразного азота обусловлены его инертными свойствами. Газообразный азот пожаро- и взрывобезопасен, препятствует окислению, гниению. В нефтехимии азот применяется для продувки резервуаров и трубопроводов, проверки работы трубопроводов под давлением, увеличения выработки месторождений. В горнодобывающем деле азот может использоваться для создания в шахтах взрывобезопасной среды, для распираия пластов породы. В производстве электроники азот применяется для продувки областей, не допускающих наличия окисляющего кислорода. Если в процессе, традиционно проходящем с использованием воздуха, окисление или гниение являются негативными факторами — азот может успешно заместить воздух.

Важной областью применения азота является его использование для дальнейшего синтеза самых разнообразных соединений, содержащих азот, таких, как аммиак, азотные удобрения, взрывчатые вещества, красители и т. п. Более  $\frac{3}{4}$  промышленного азота идёт на синтез аммиака. Большие количества азота используются в коксовом производстве («сухое тушение кокса») при выгрузке кокса из коксовых батарей, а также для «передавливания» топлива в ракетах из баков в насосы или двигатели.

В пищевой промышленности азот зарегистрирован в качестве пищевой добавки E941, как газовая среда для упаковки и хранения, хладагент, а жидкий азот применяется при разливе масел и негазированных напитков для создания избыточного давления и инертной среды в мягкой таре.

# Применение

Газообразным азотом заполняют камеры шин шасси летательных аппаратов. Кроме того, в последнее время заполнение шин азотом стало популярно и среди автолюбителей, хотя однозначных доказательств эффективности использования азота вместо воздуха для наполнения автомобильных шин нет.

Жидкий азот нередко демонстрируется в кинофильмах в качестве вещества, способного мгновенно заморозить достаточно крупные объекты. Это широко распространённое заблуждение. Даже для замораживания цветка необходимо достаточно продолжительное время. Это связано отчасти с весьма низкой теплоёмкостью азота. По этой же причине весьма затруднительно охлаждать, скажем, замки до  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  и раскалывать их одним ударом.

Литр жидкого азота, испаряясь и нагреваясь до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , образует примерно 700 литров газа. По этой причине жидкий азот хранят в специальных сосудах Дьюара с вакуумной изоляцией открытого типа или криогенных ёмкостях под давлением. На этом же факте основан принцип тушения пожаров жидким азотом. Испаряясь, азот вытесняет кислород, необходимый для горения, и пожар прекращается. Так как азот, в отличие от воды, пены или порошка, просто испаряется и выветривается, азотное пожаротушение — самый эффективный с точки зрения сохранности ценностей механизм тушения пожаров.

Заморозка жидким азотом живых существ с возможностью последующей их разморозки проблематична. Проблема заключается в невозможности заморозить (и разморозить) существо достаточно быстро, чтобы неоднородность заморозки не сказалась на его жизненных функциях. Станислав Лем, фантазируя на эту тему в книге «Фиаско», придумал экстренную систему заморозки азотом, в которой шланг с азотом, выбивая зубы, вонзался в рот астронавта и внутрь его подавался обильный поток азота.

В качестве легирующей добавки к кремнию, образует высокопрочное соединение (керамику) нитрид кремния, обладающее высокой вязкостью и прочностью.