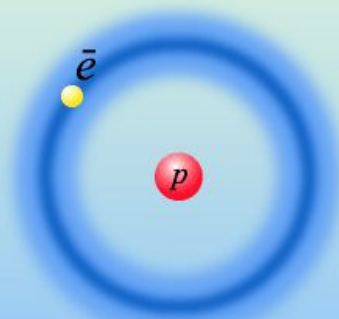


# ИЗОТОПЫ

● **ИЗОТОПЫ** – разновидности одного и того же химического элемента, близкие по своим физико-химическим свойствам, но имеющие разную атомную массу. Название «изотопы» было предложено в 1912 английским радиохимиком Фредериком Содди, который образовал его из двух греческих слов: *isos* – одинаковый и *topos* – место. Изотопы занимают одно и то же место в клетке периодической системы элементов Менделеева.

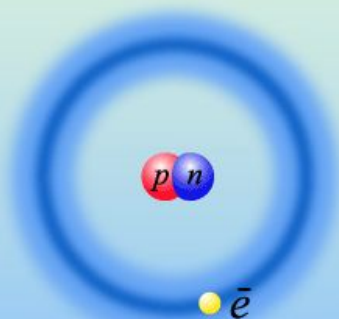
*протий*

${}^1_1\text{H}$



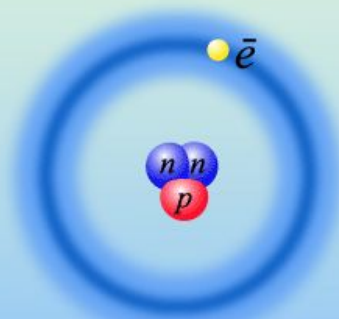
*дейтерий*

${}^2_1\text{H}$

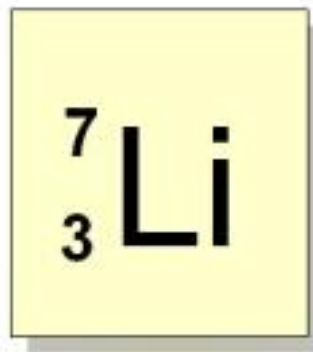
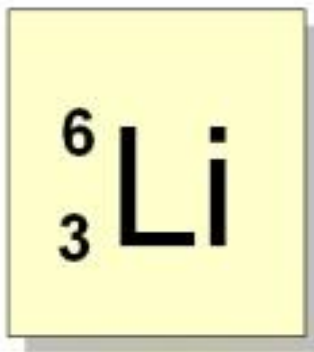


*тритий*

${}^3_1\text{H}$



● Атом любого химического элемента состоит из положительно заряженного ядра и окружающего его облака отрицательно заряженных электронов. Положение химического элемента в периодической системе Менделеева (его порядковый номер) определяется зарядом ядра его атомов. По образному выражению Ф. Содди, атомы изотопов одинаковы «снаружи», но различны «внутри».



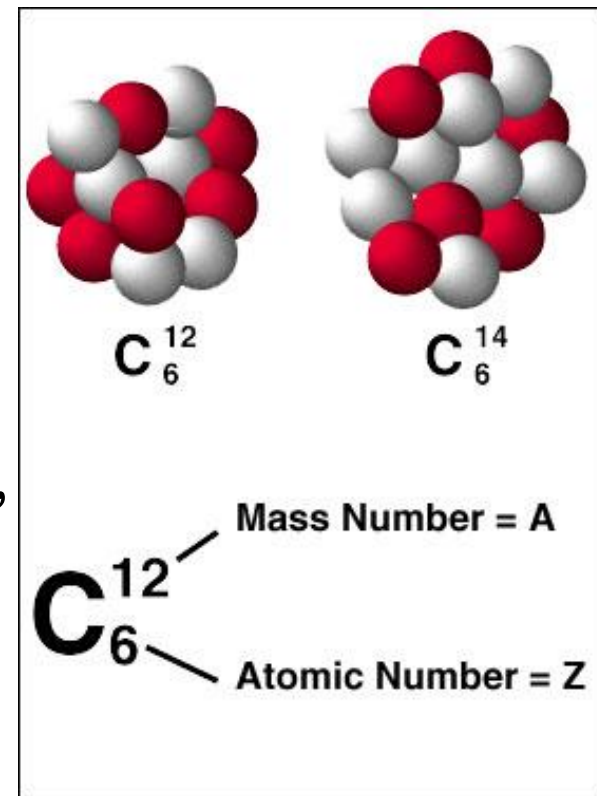
- В 1932 был открыт нейтрон – частица, не имеющая заряда, с массой, близкой к массе ядра атома водорода – протона, и создана протонно-нейтронная модель ядра. В результате в науке установилось окончательное современное определение понятия изотопов: изотопы – это вещества, ядра атомов которых состоят из одинакового числа протонов и отличаются лишь числом нейтронов в ядре. Каждый изотоп принято обозначать набором символов, где  $X$  – символ химического элемента,  $Z$  – заряд ядра атома (число протонов),  $A$  – массовое число изотопа (общее число протонов и нейтронов в ядре,  $A = Z + N$ ). Поскольку заряд ядра оказывается однозначно связанным с символом химического элемента, часто для сокращения используется просто обозначение  ${}^A X$ .
- Из всех известных нам изотопов только изотопы водорода имеют собственные названия. Так, изотопы  ${}^2\text{H}$  и  ${}^3\text{H}$  носят названия дейтерия и трития.

- В природе встречаются как стабильные изотопы, так и нестабильные – радиоактивные, ядра атомов которых подвержены самопроизвольному превращению в другие ядра с испусканием различных частиц. Сейчас известно около **270** стабильных изотопов. Число нестабильных изотопов превышает **2000**, подавляющее большинство их получено искусственным путем в результате осуществления различных ядерных реакций. Число радиоактивных изотопов у многих элементов очень велико и может превышать два десятка. Число стабильных изотопов существенно меньше, некоторые химические элементы состоят лишь из одного стабильного изотопа (бериллий, фтор, натрий, алюминий, фосфор, марганец, золото и др.). Наибольшее число стабильных изотопов – **10** обнаружено у олова, у железа, например, их – **4**, у ртути – **7**.

# Открытие изотопов

- В 1808 английский ученый натуралист Джон Дальтон впервые ввел определение химического элемента как вещества, состоящего из атомов одного вида. В 1869 химиком Д. И. Менделеевым была открыт периодический закон химических элементов. Одна из трудностей в обосновании понятия элемента как вещества, занимающего определенное место в клетке периодической системы, заключалась в наблюдаемой на опыте нецелочисленности атомных весов элементов. В 1866 английский физик и химик – сэр Вильям Крукс выдвинул гипотезу, что каждый природный химический элемент представляет собой некоторую смесь веществ, одинаковых по своим свойствам, но имеющих разные атомные массы, однако в то время такое предположение не имело еще экспериментального подтверждения.

● Важным шагом на пути к открытию изотопов стало обнаружение явления радиоактивности и сформулированная Эрнстом Резерфордом и Фредериком Содди гипотеза радиоактивного распада: радиоактивность есть не что иное, как распад атома на заряженную частицу и атом другого элемента, по своим химическим свойствам отличающийся от исходного. В результате возникло представление о радиоактивных рядах или радиоактивных семействах, в начале которых есть первый материнский элемент, являющийся радиоактивным, и в конце – последний стабильный элемент. Анализ цепочек превращений показал, что в их ходе в одной клеточке периодической системы могут оказываться одни и те же радиоактивные элементы, отличающиеся лишь атомными массами. Фактически это и означало введение понятия изотопов.



- Независимое подтверждение существования стабильных изотопов было затем получено в экспериментах Томсона и Астона в 1912–1920 с пучками положительно заряженных частиц, выходящих из разрядной трубки.
- В 1919 Астон сконструировал прибор, названный масс-спектрографом. В качестве источника ионов по-прежнему использовалась разрядная трубка, однако Астон нашел способ, при котором последовательное отклонение пучка частиц в электрическом и магнитном полях приводило к фокусировке частиц с одинаковым значением отношения заряда к массе (независимо от их скорости) в одной и той же точке на экране. В результате последующего использования и усовершенствования масс-спектрометров усилиями многих исследователей к 1935 году была составлена почти полная таблица изотопных составов химических элементов.



# Применение изотопов

- Разнообразные изотопы химических элементов находят широкое применение в научных исследованиях, в различных областях промышленности и сельского хозяйства, в ядерной энергетике, современной биологии и медицине, в исследованиях окружающей среды и других областях. В научных исследованиях требуются небольшие количества редких изотопов различных элементов, исчисляемые граммами и даже миллиграммами в год. Вместе с тем, для ряда изотопов, широко используемых в ядерной энергетике, медицине и других отраслях, потребность в их производстве может составлять многие килограммы и даже тонны. В научных исследованиях стабильные и радиоактивные изотопы широко применяются в качестве изотопных индикаторов при изучении самых различных процессов, происходящих в природе. В сельском хозяйстве изотопы применяются, например, для изучения процессов фотосинтеза, усвояемости удобрений и для определения эффективности использования растениями азота, фосфора, микроэлементов и др. веществ.

● Изотопные технологии находят широкое применение в медицине. Так в США, согласно статистическим данным, проводится более 36 тыс. медицинских процедур в день и около 100 млн. лабораторных тестов с использованием изотопов. Наиболее распространены процедуры, связанные с компьютерной томографией. Изотоп углерода  $C^{13}$ , обогащенный до 99% (природное содержание около 1%), активно используется в так называемом «диагностическом контроле дыхания». Суть теста очень проста. Обогащенный изотоп вводится в пищу пациента и после участия в процессе обмена веществ в различных органах тела выделяется в виде выдыхаемого пациентом углекислого газа  $CO_2$ , который собирается и анализируется с помощью спектрометра. Различия в скоростях процессов, связанных с выделением различных количеств углекислого газа, помеченных изотопом  $C^{13}$ , позволяют судить о состоянии различных органов пациента. В США число пациентов, которые будут проходить этот тест, оценивается в 5 млн. человек в год. Сейчас для производства высокообогащенного изотопа  $C^{13}$  в промышленных масштабах используются лазерные методы разделения.

Спасибо за внимание!

