



Микромир и Вселенная



Структура материи

- Вселенная
- Скопление галактик
- Галактики
- Звезды
- Планеты
- Молекулы
- Атомы
- Атомные ядра
- Электроны
- Протоны, нейтроны

Земля



Спиральная галактика



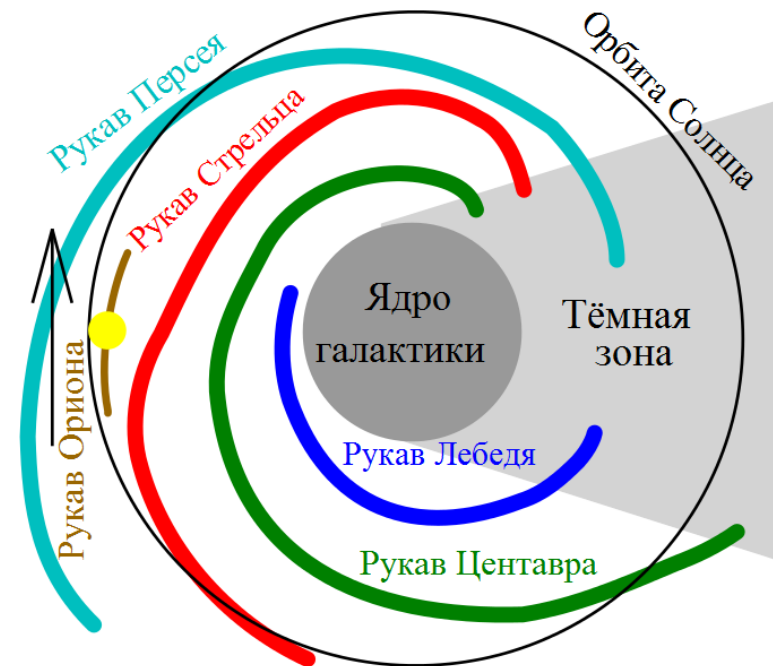
Галактика Млечный путь



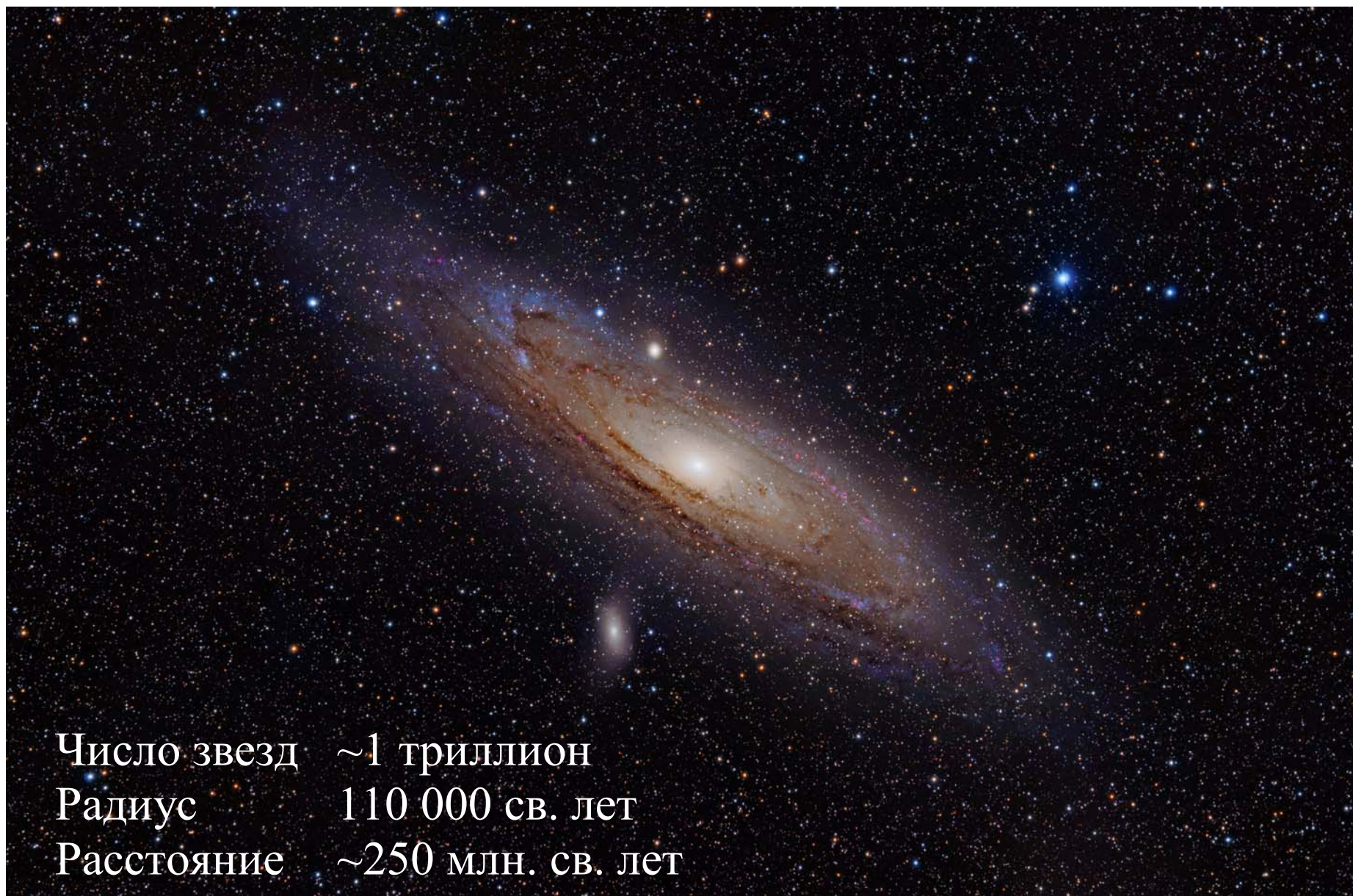
Галактика Млечный путь

Масса	$\sim 3 \cdot 10^{12} M_{\odot}$
Число звезд	~ 200 млрд. звезд
Диаметр	$\sim 100\,000$ св. лет
Толщина	
балдж	3000 св. лет
диск	1000 св. лет

Скорость относительно реликтового излучения	550 км/сек
Галактический период обращения Солнца	200–250 млн. лет



Галактика Андромеда

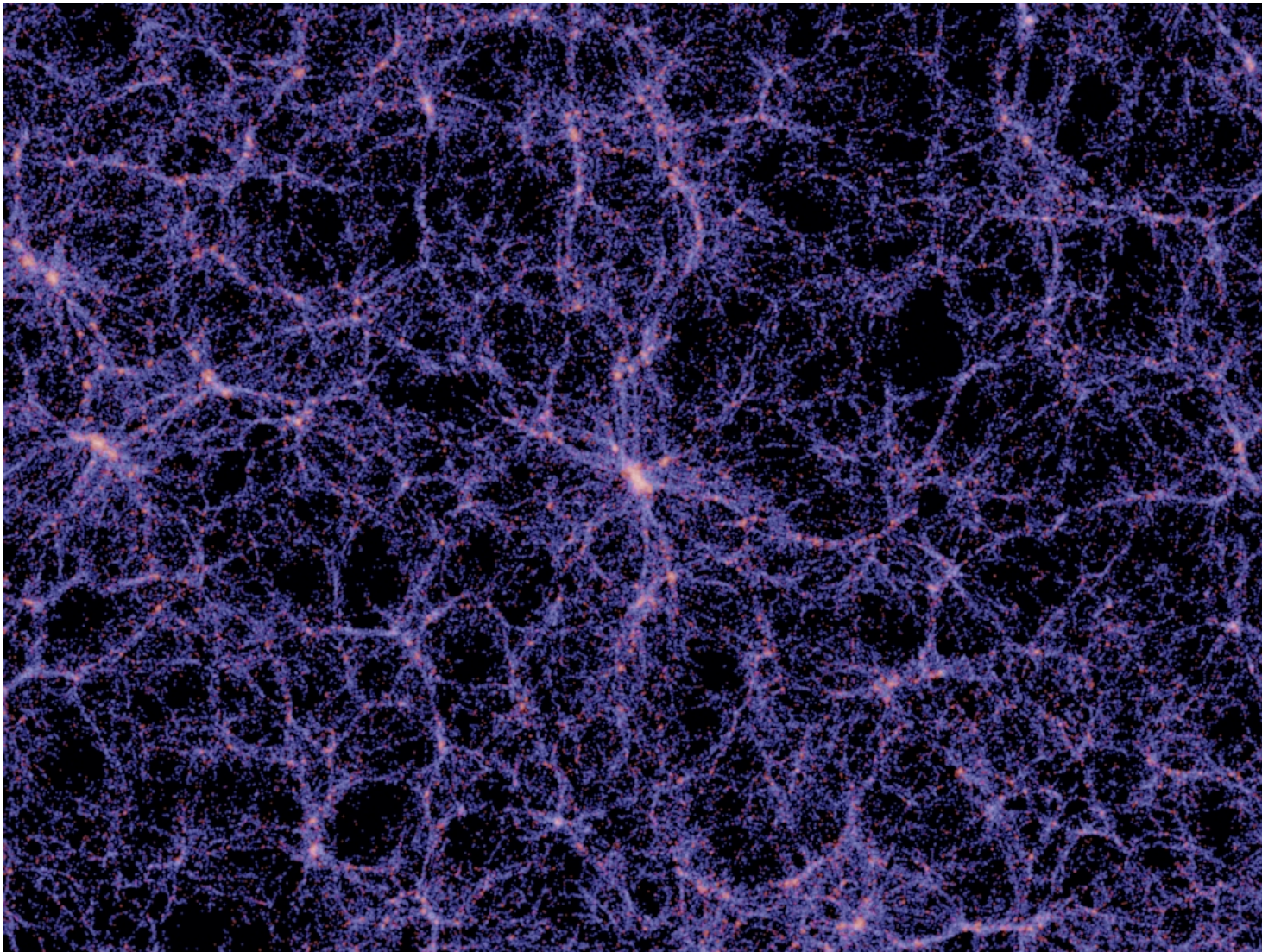


Число звезд ~1 триллион
Радиус 110 000 св. лет
Расстояние ~250 млн. св. лет

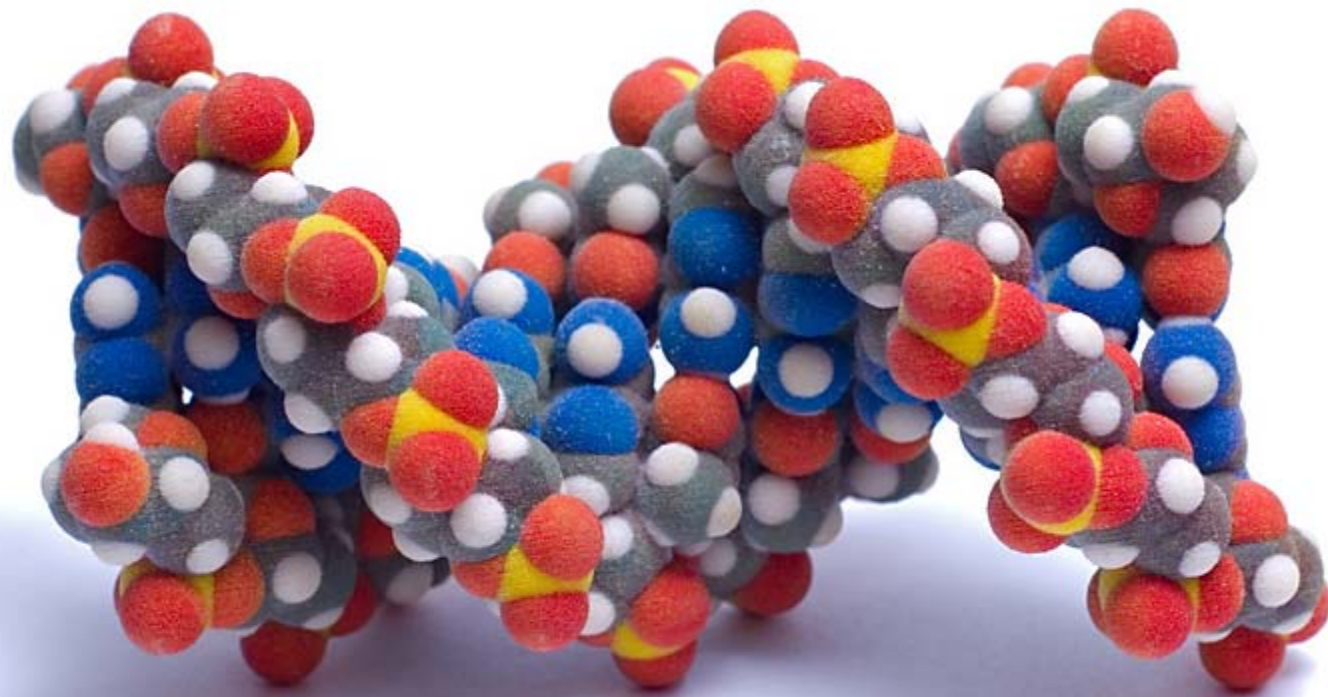
Эллиптическая галактика



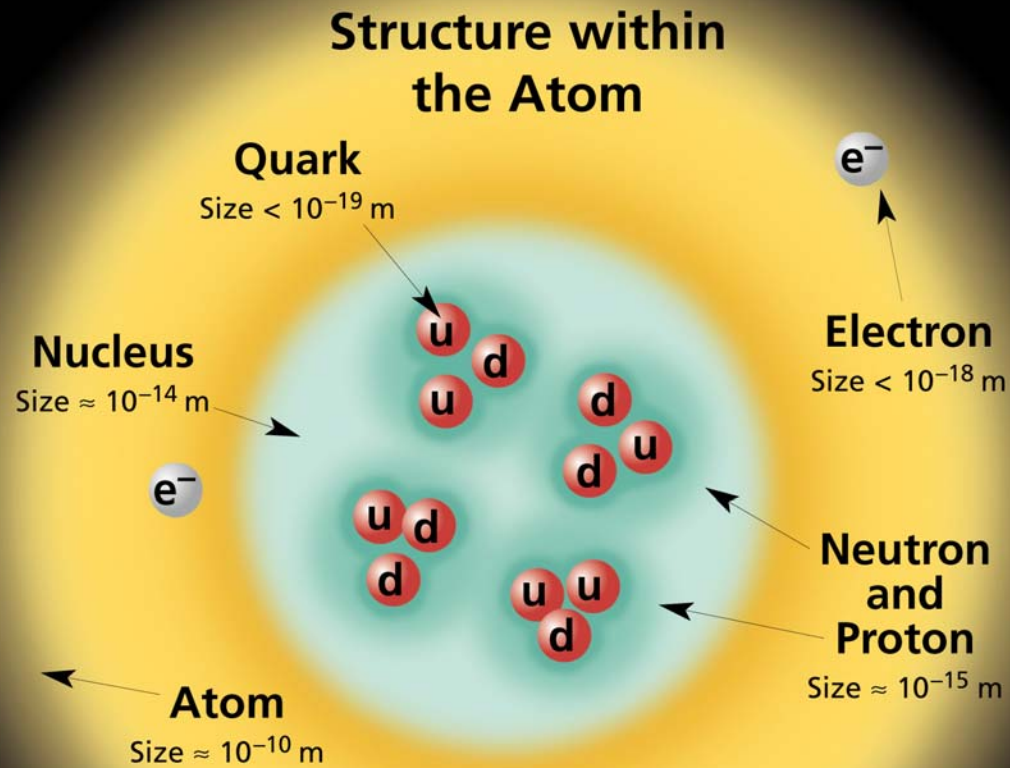
Крупномасштабная структура Вселенной



Структура молекул



АТОМЫ. ЯДРА. Кварки



If the protons and neutrons in this picture were 10 cm across, then the quarks and electrons would be less than 0.1 mm in size and the entire atom would be about 10 km across.

Элементарные частицы материи

Кварки

u c t

d s b

Лептоны

e μ τ

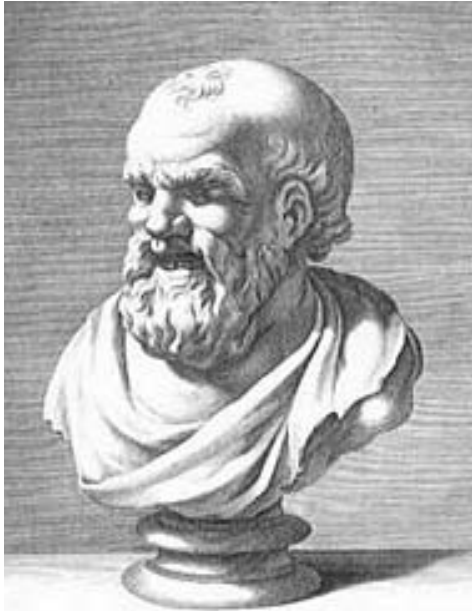
ν_e ν_μ ν_τ

Переносчики взаимодействий

γ , W^+ , W^- , Z , $8g$

Бозон Хиггса H

Атом Демокрита



Демокрит
460 – 360 до н.э.

Проблема конечной и бесконечной делимости материи. Демокрит считал, что в процессе деления материи неизбежно достигается предел, дальше которого деление невозможно. Эти конечные частицы материи были названы Демокритом **атомами**. Он описал материю как систему атомов в пустоте. В результате столкновений между атомами может происходить их сцепление и образование различных веществ. Разные вещества образуются как из различных атомов, так и их последовательных комбинаций.

Химические элементы

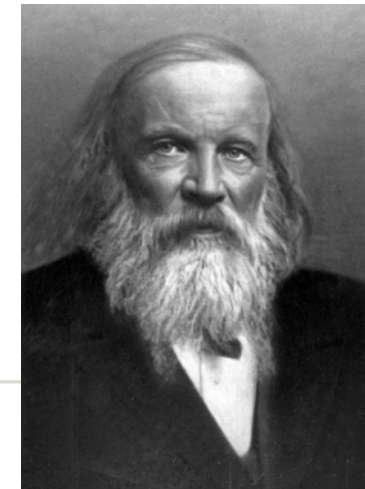


Антуан Лавуазье
1743 – 1794

Одна из первых работ Лавуазье была посвящена выяснению вопроса, можно ли Воду превратить в Землю. Лавуазье принадлежит заслуга окончательного опровержения теории флогистона. Он показал, что горение не является реакцией разложения, в результате которой выделяется флогистон, а наоборот, является реакцией соединения горючего вещества с кислородом воздуха. Лавуазье заложил основы современной систематики химических элементов. Лавуазье показал в результате многочисленных реакций, что воздух – смесь двух газов, кислорода и азота. Лавуазье показал, что продуктом горения водорода является чистая вода. Согласно атомистической теории химический элемент рассматривается как вид атомов, имеющих определенные химические свойства.

Периодическая система элементов

1869 г. Д. И. Менделеев



1834 – 1907

1H							2He		
3Li	4Be	5B	6C	7N	8O	9F	10Ne		
11Na	12Mg	13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar		
19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni
29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr		
37Rb	38Sr	39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd
47Ag	48Cd	49In	50Sn	51Sb	52Te	53I	54Xe		
55Cs	56Ba	La-Lu	72Hf	73Ta	74W	75Re	76Os	77Ir	78Pt
79Au	80Hg	81Tl	82Pb	83Bi	84Po	85At	86Rn		
87Fr	88Ra	Ac-Lr	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110Ds
111Rg	112	113	114	115	116	117	118		

Лантаноиды

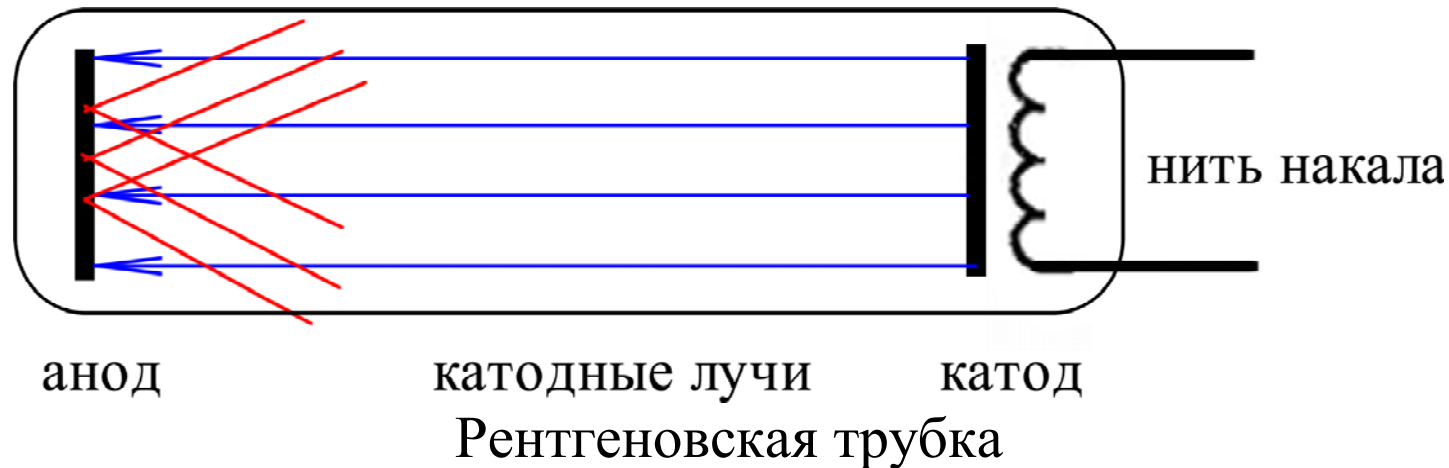
57La	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Актиноиды

89Ac	90Th	91Pa	92U	93Np	94Pu	95Am	96Cm	97Bk	98Cf	99Es	100Fm	101Md	102No	103Lr
------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------

1895 г. Рентгеновские лучи

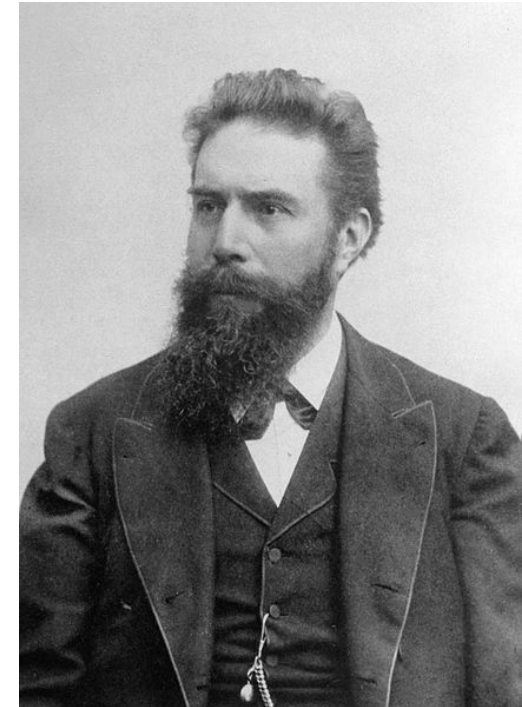
1895 г. В. Рентген открыл X-лучи, впоследствии названные его именем. Рентген обнаружил, что когда катодные лучи падают на стекло трубки или на мишень, внутри трубки возникает излучение, которое проникает через непрозрачные для обычного света материалы, воздействует на флюоресцирующие материалы и фотопластины.



Длина волны рентгеновского излучения $3 \cdot 10^{-9} - 10^{-10}$ м.

Длина волны видимого излучения $4 \cdot 10^{-7} - 8 \cdot 10^{-7}$ м.

1895 г. Рентгеновские лучи



Вильгельм Рентген
1845 – 1923

Нобелевская премия по физике

1901 г. - В. Рентген.

За открытие лучей, названных его именем

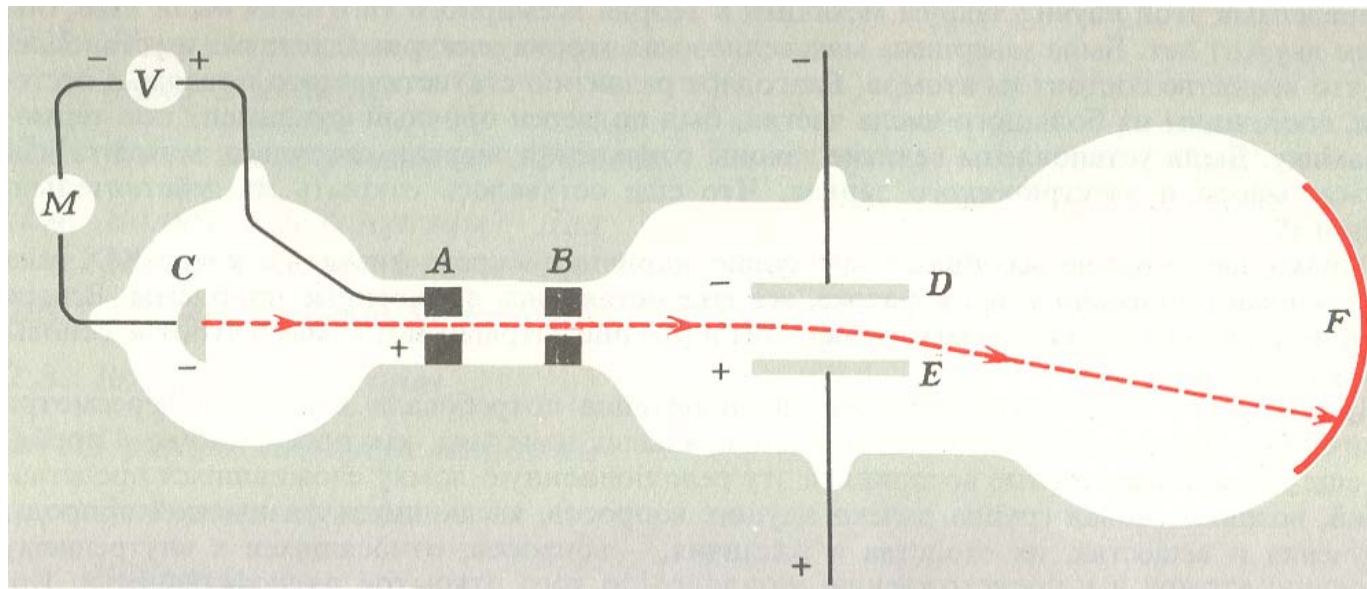
Дж. Дж. Томсон

1897 Электрон

1904 Модель атома



Дж. Дж. Томсон
1856 - 1940

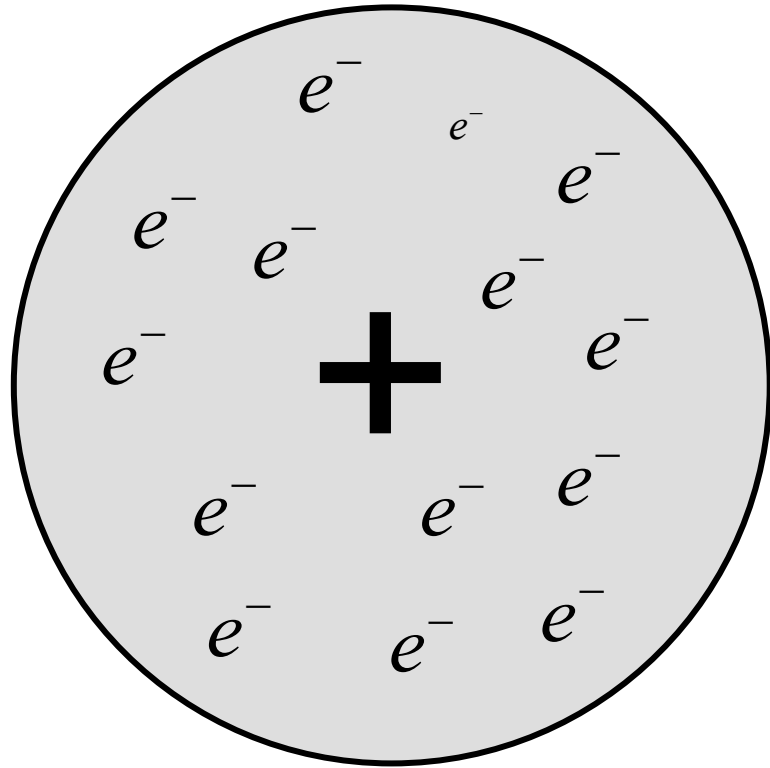


Нобелевская премия по физике

1906 г. – Дж. Дж. Томсон

За большие заслуги в теоретических и экспериментальных исследованиях электрической проводимости газов

Модель атома Томсона

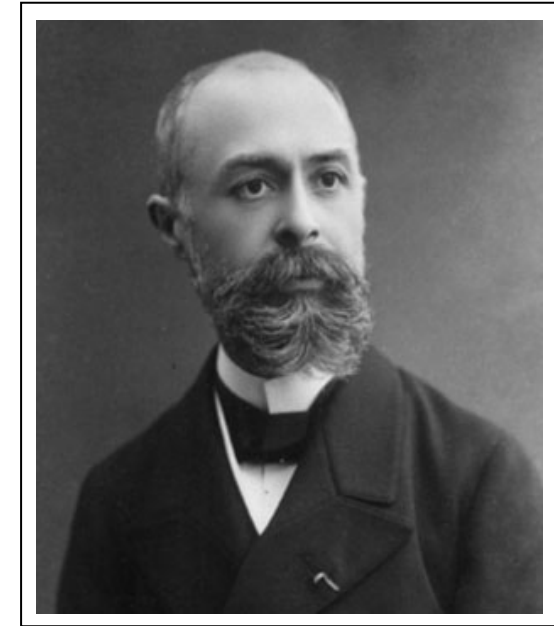
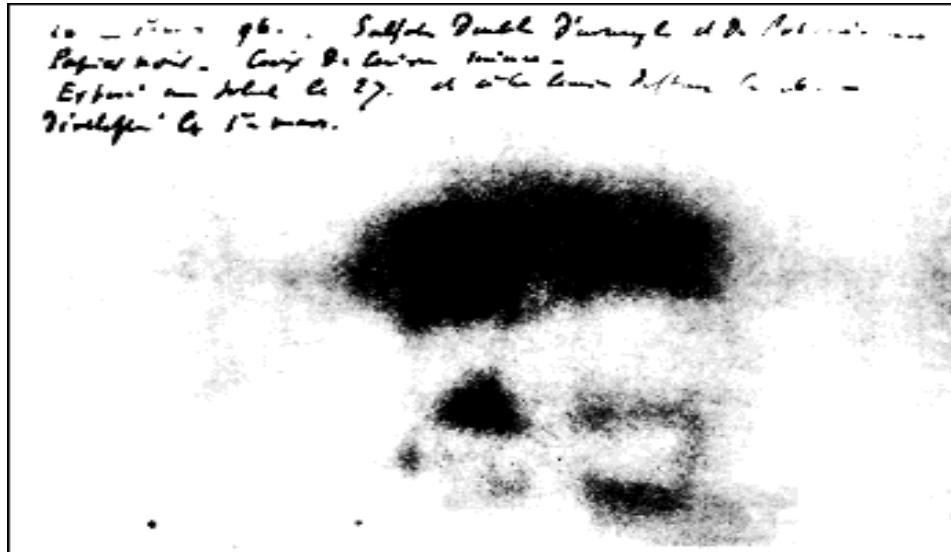


Электрон –
составная часть
атома

1896

**Открытие
радиоактивности**

Анри Беккерель



Antoine Henri Becquerel
(1852–1908)

Нобелевская премия по физике

1903 г. - А. Беккерель
За открытие радиоактивности

Радиоактивность

1898 г.

Мария и Пьер Кюри выделили и изучили радиоактивные элементы радий Ra ($Z=88$) и полоний Po ($Z=84$).

Нобелевская премия по физике

1903 г. - П. Кюри и М. Кюри-Склодовская
За исследования радиоактивности

Нобелевская премия по химии

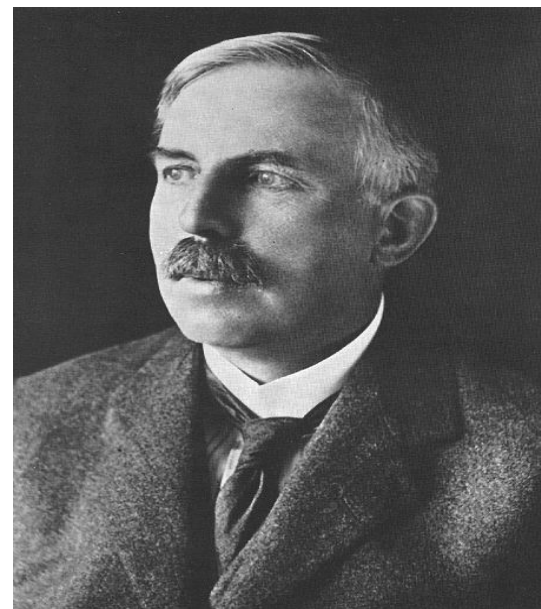
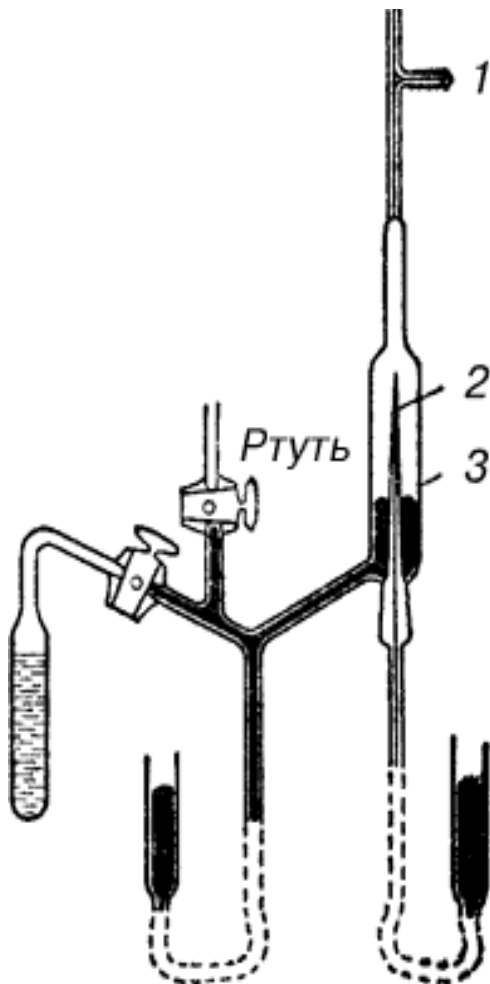
1911 г. – М. Кюри. За выдающиеся заслуги в развитии химии: открытие элементов радия и полония, выделение радия и изучение природы и соединений этого замечательного элемента



Мария и Пьер Кюри

1899 г.

Э. Резерфорд
открыл, что уран
излучает
положительно
заряженные
 α -частицы и
отрицательно
заряженные
 β -частицы.



Эрнест Резерфорд
1871 - 1937

Нобелевская премия по химии

1908 г. - Э. Резерфорд

**За исследования по превращению элементов и за
химические исследования радиоактивных веществ.**

1900 г.

П. Виллард открыл гамма-лучи при распаде изотопов урана.



П. Виллард
1860 - 1934

Классификация электромагнитных волн

<i>Название</i>	<i>Длина волны, м</i>	<i>Частота, Гц</i>
радиоволны	$3 \cdot 10^5 - 3$	$10^3 - 10^8$
микроволны	$3 - 3 \cdot 10^{-4}$	$10^8 - 10^{12}$
инфракрасное излучение	$3 \cdot 10^{-3} - 8 \cdot 10^{-7}$	$10^{11} - 4 \cdot 10^{14}$
видимый свет	$8 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{14} - 8 \cdot 10^{14}$
ультрафиолетовое излучение	$4 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-9}$	$8 \cdot 10^{14} - 10^{17}$
рентгеновское излучение	$3 \cdot 10^{-9} - 10^{-10}$	$10^{17} - 3 \cdot 10^{18}$
гамма-излучение	$< 10^{-10}$	$> 3 \cdot 10^{18}$

1911 г. Опыты по рассеянию α -частиц

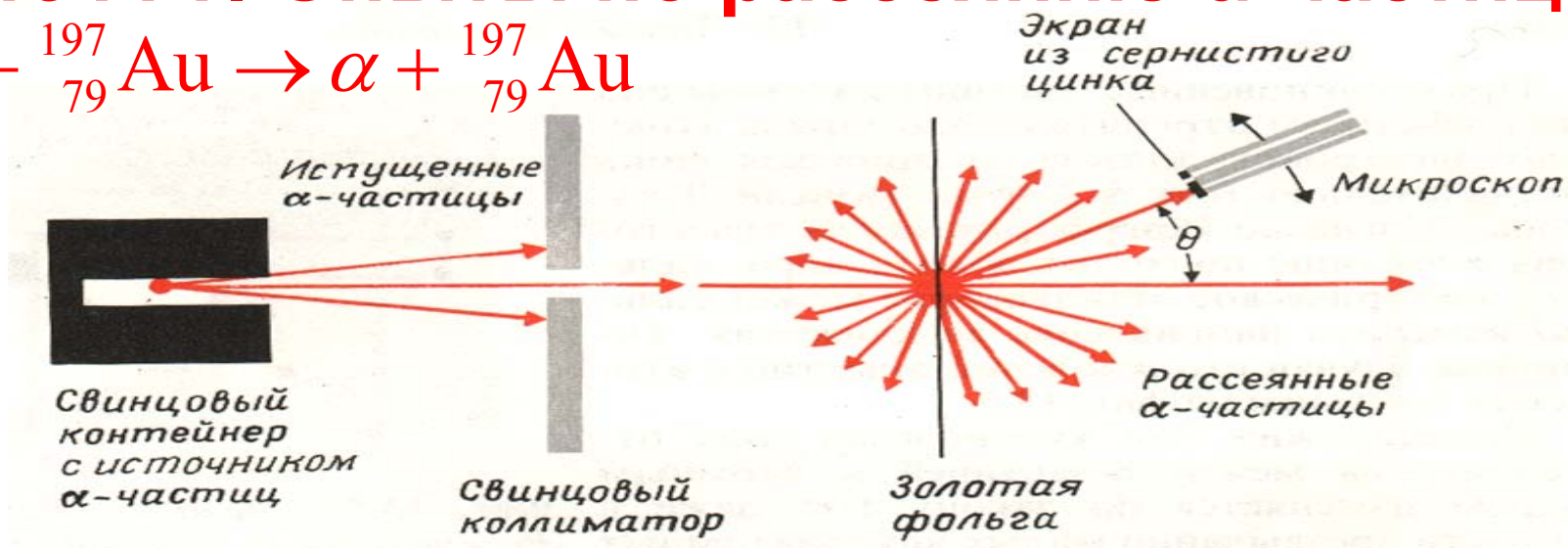
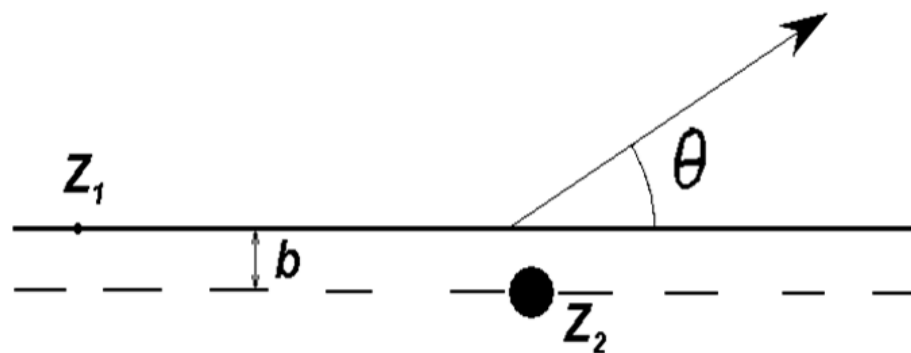


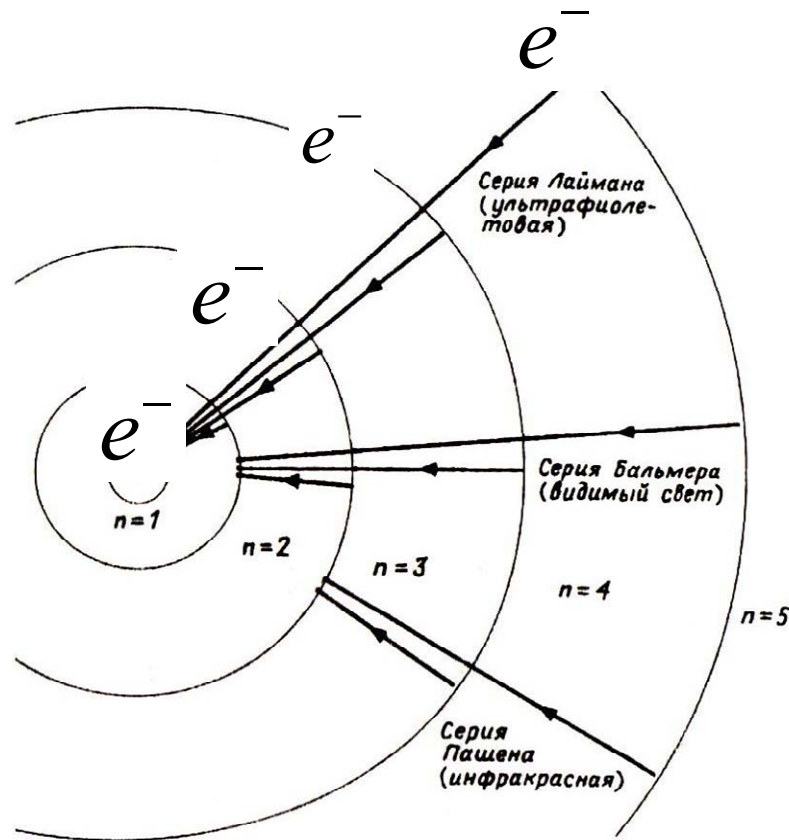
Схема эксперимента, в котором исследовалось рассеяние альфа-частиц



$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{Z_1 Z_2 e^2}{4E} \right)^2 \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$$

Из опытов по рассеянию α -частиц следовало, что масса атома практически полностью сосредоточена в небольшой центральной части атома – атомном ядре.

Модель атома Бора



Нильс Бор
1885 - 1962

Нобелевская премия по физике

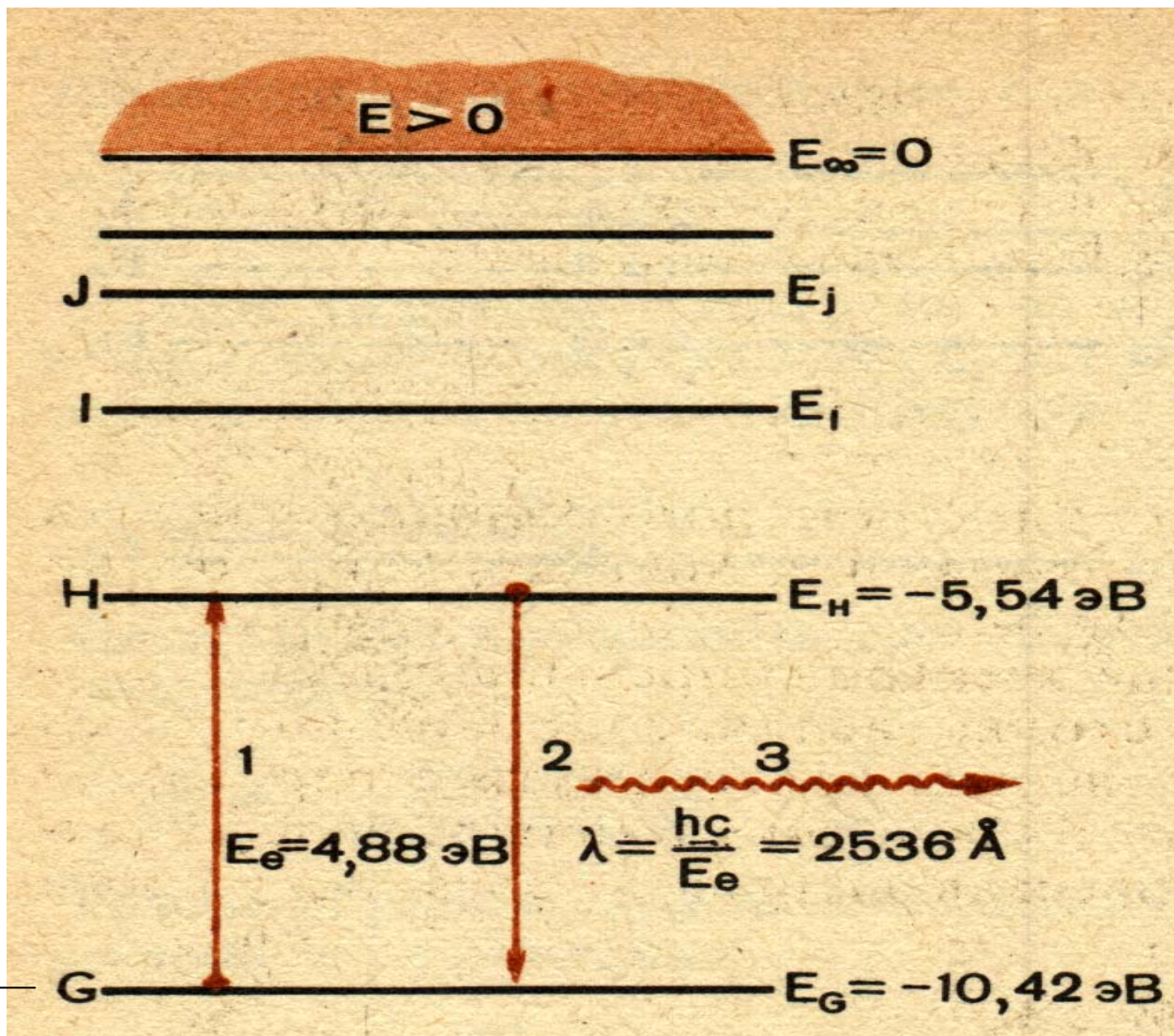
1922 г. - Н. Бор.

За работы по исследованию структуры атомов и их излучения

Постулаты Бора

1. Электрон равномерно вращается вокруг атомного ядра по круговой орбите под действием кулоновских сил в соответствии с законами Ньютона.
2. Разрешенными орбитами электрона являются только те, для которых момент импульса электрона равен $n\hbar$.
3. При движении электрона по стационарной орбите атом не излучает энергию.
4. При переходе с орбиты с энергии E_i на другую орбиту с энергией E_f ($E_i > E_f$) излучается фотон, имеющий энергию $h\nu = E_i - E_f$.

Спектр излучения и поглощения атома

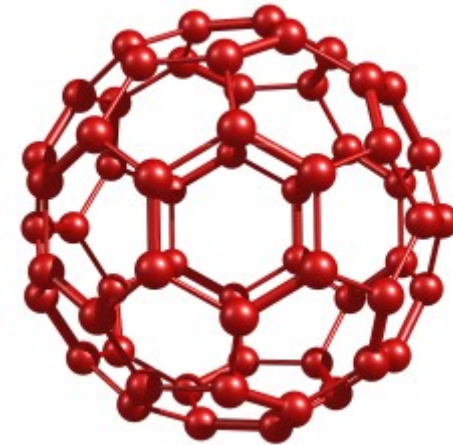


Основное
состояние

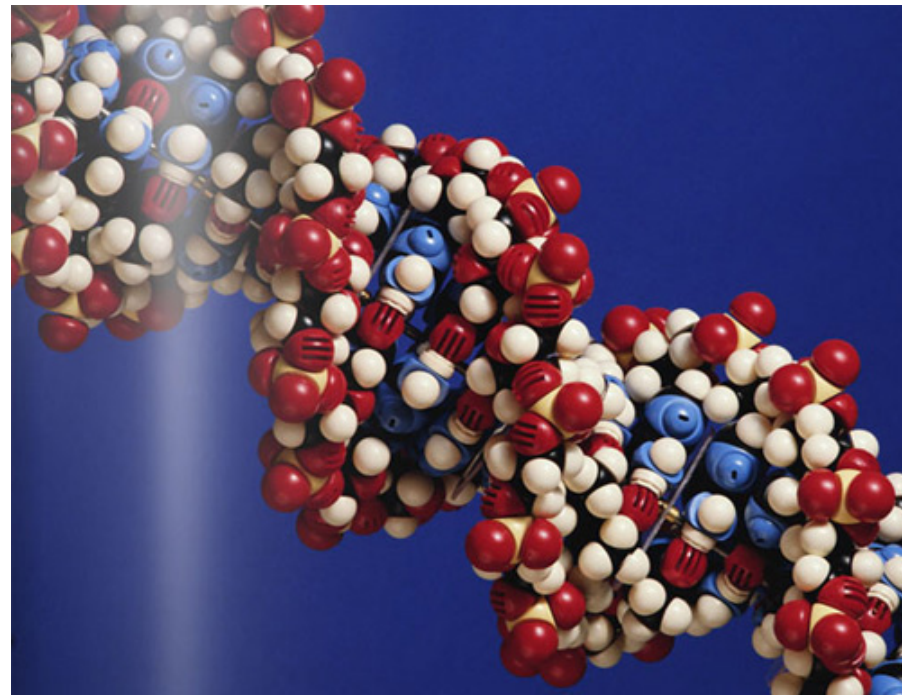
Физика и химия



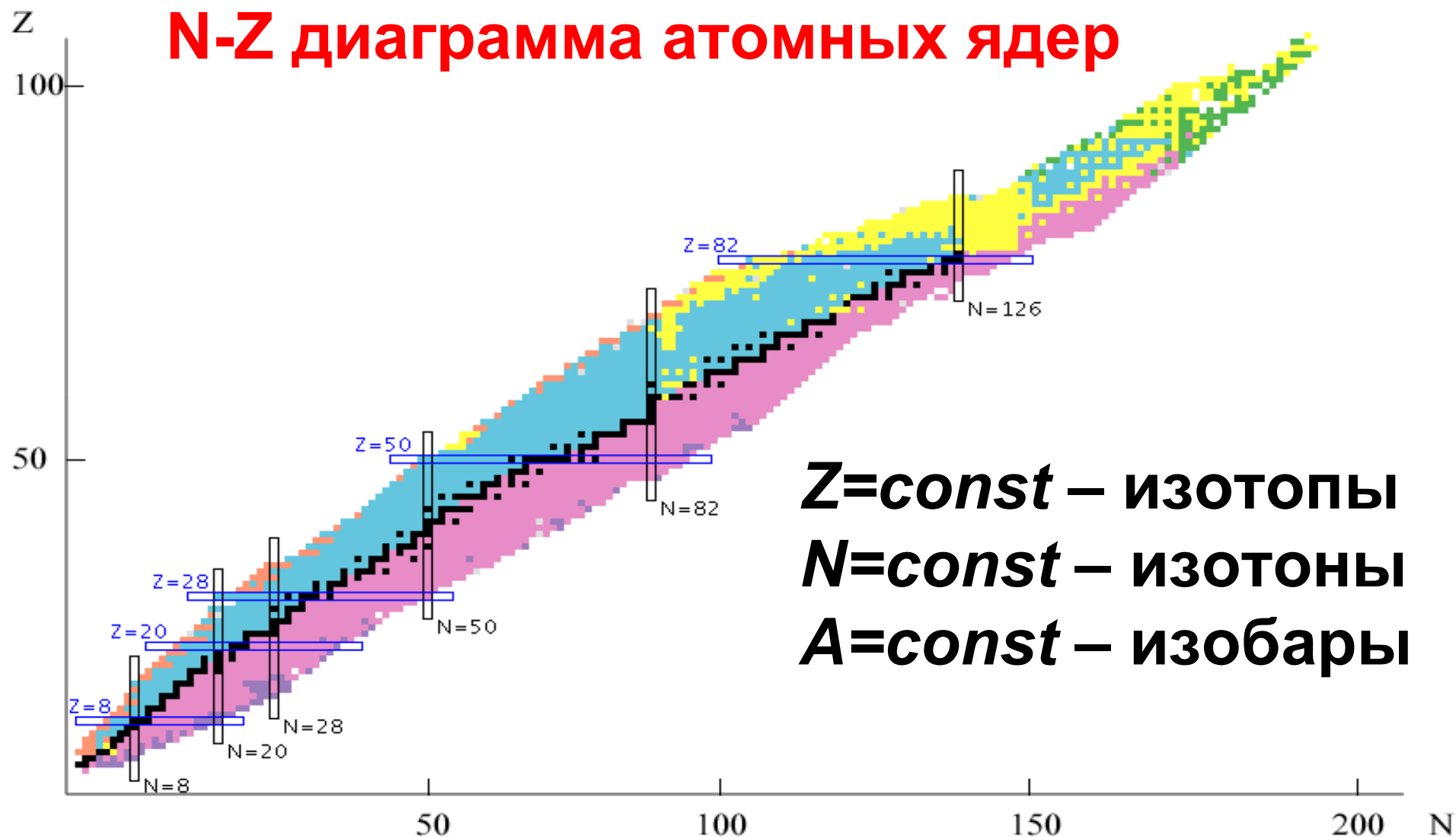
Молекула ДНК человека



Фуллерен



N-Z диаграмма атомных ядер



$Z=const$ – изотопы
 $N=const$ – изотоны
 $A=const$ – изобары

Стабильные ядра группируются вблизи долины стабильности

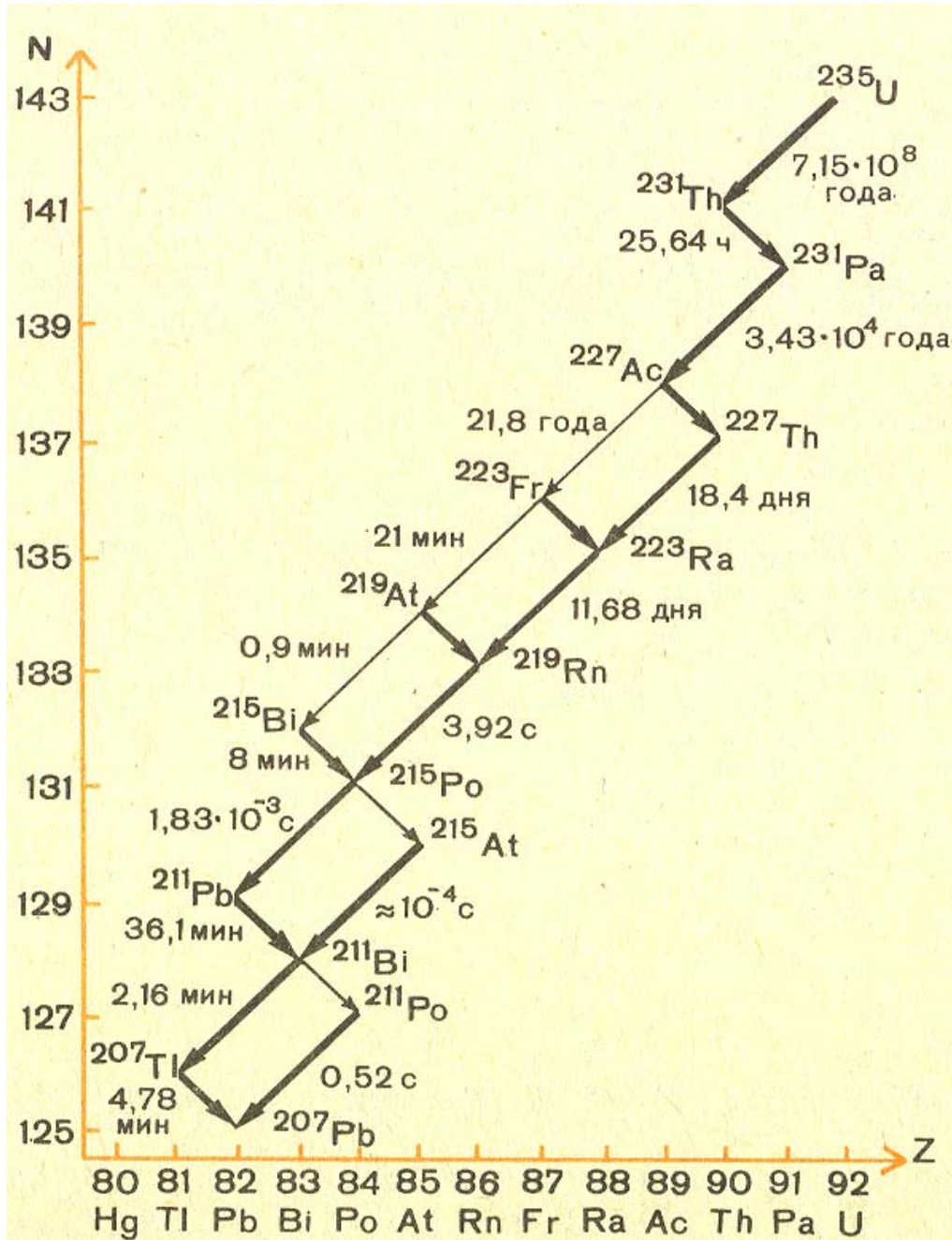
$$Z = \frac{A}{1.98 + 0,015A^{2/3}}$$

Виды радиоактивности

- **α -распад** – испускание ядрами α -частиц,
- **β -распад** – испускание (или поглощение) лептонов,
- **γ -распад** – испускание γ -квантов,
- **спонтанное деление** – распад ядра на два осколка сравнимой массы.

К более редким видам радиоактивного распада относятся испускание ядрами одного или двух протонов, а также испускание **кластеров** – лёгких ядер от ^{12}C до ^{32}S . Во всех видах радиоактивности (кроме гамма-радиоактивности) изменяется состав ядра – число протонов Z , массовое число A или то и другое одновременно.

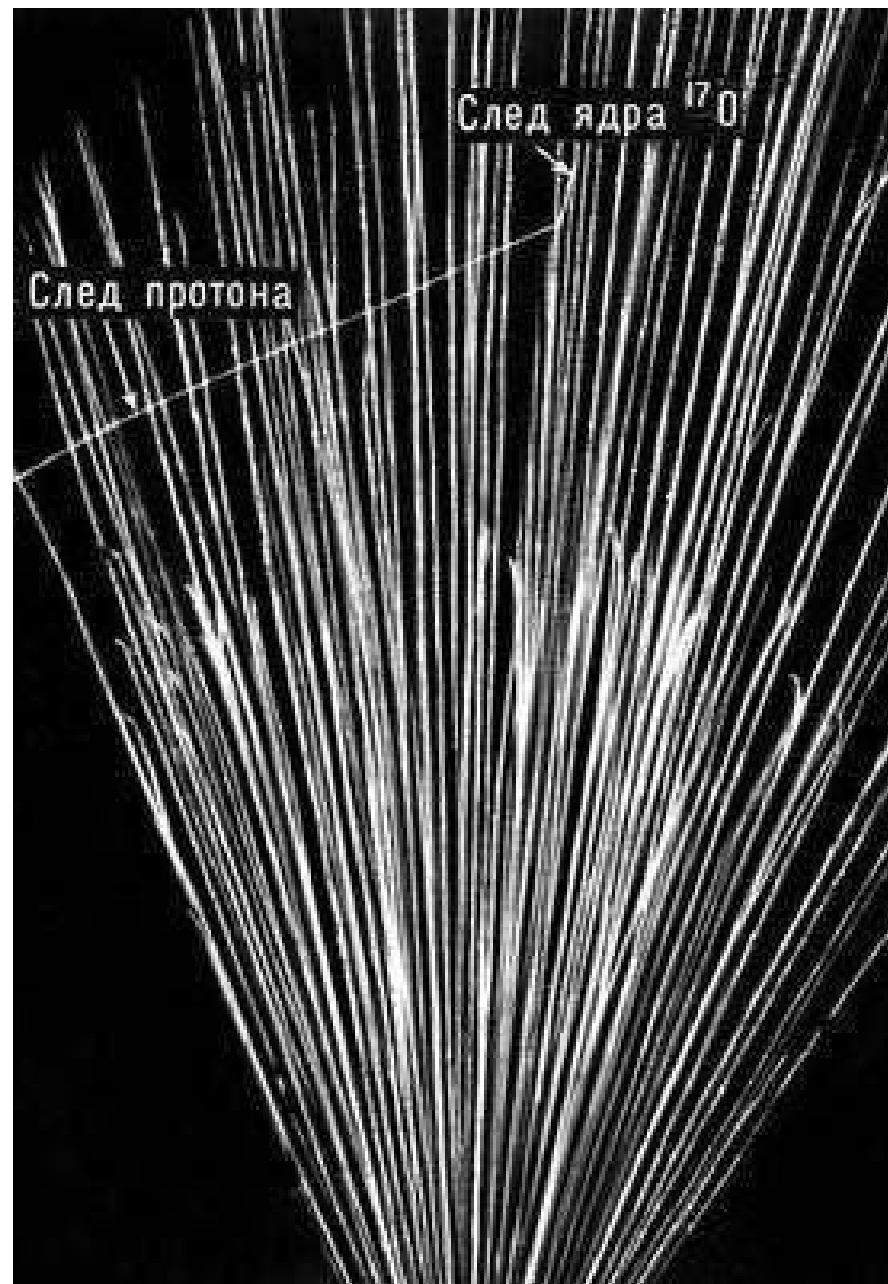
Радиоактивное семейство ^{235}U



Изотоп	Период полураспада, лет	Содержание в естественной смеси, %
^{233}U	$1,6 \cdot 10^5$	—
^{235}U	$7 \cdot 10^8$	0,72
^{238}U	$4,5 \cdot 10^9$	99,27

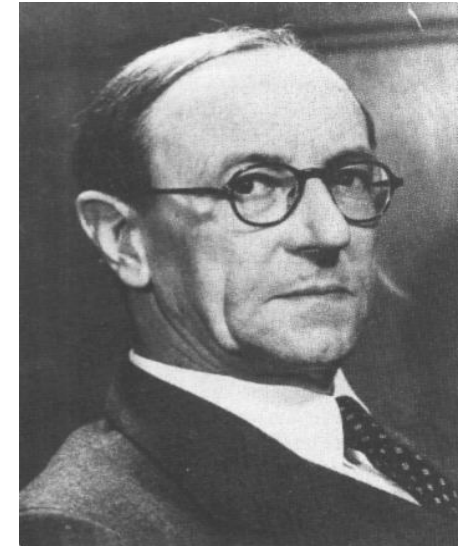
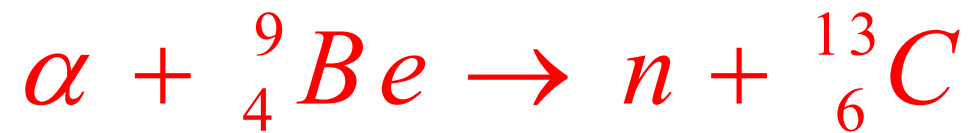
1919 г.

Э. Резерфорд
осуществил первую
искусственную
ядерную реакцию
 $^{14}\text{N}(\alpha, p)^{17}\text{O}$ и доказал
наличие в атомном
ядре протонов.

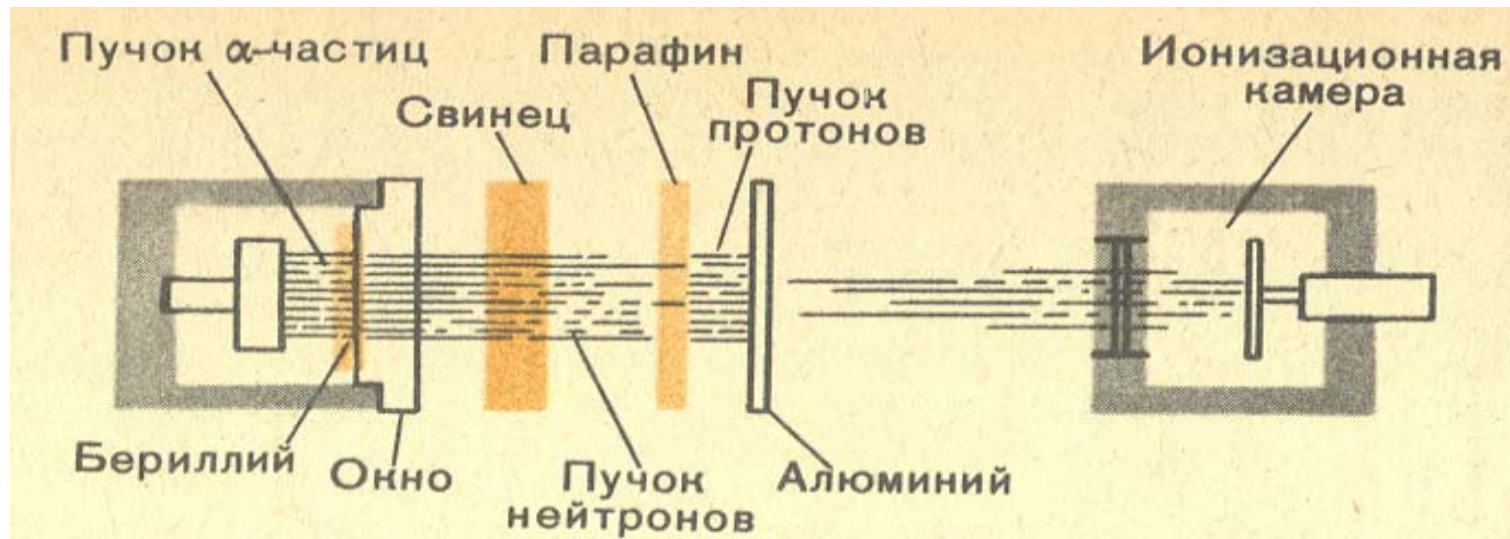


Открытие нейтрона

1932 г.



Дж. Чадвик
1891 - 1974



Нобелевская премия по физике

1935 г. – Дж. Чадвик

За открытие нейтрона



Атомное ядро

Атомное ядро состоит из протонов и нейтронов.

Z – заряд ядра, число протонов в ядре

N – число нейтронов в ядре

$A = N + Z$ – массовое число



$$Z = 82$$

$$N = 126$$

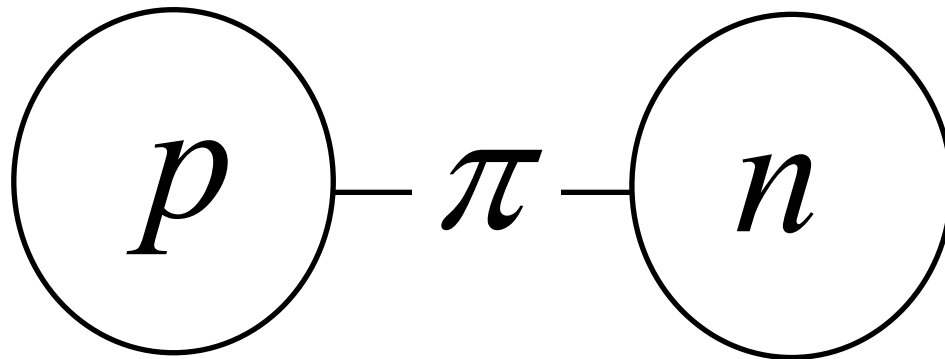
$$A = 208$$

Ядра с одним и тем же значением Z , но с разными значениями A называются *изотопами*. Различные изотопы данного элемента обозначают, приписывая к символу химического элемента верхний индекс — массовое число A .

Что удерживает протоны и нейтроны в атомном ядре

1935 г.

Х. Юкава разработал теорию ядерного взаимодействия и предсказал мезоны – кванты ядерного поля.



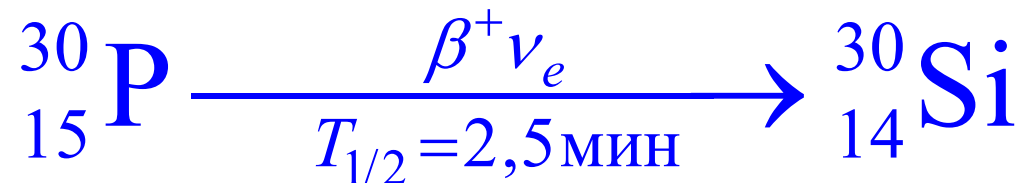
Хидэки Юкава
1907 - 1981

Нобелевская премия по физике

1949 г. – Х. Юкава

За предсказание существования мезонов на основе теоретической работы по ядерным силам

Реакции под действием α -частиц





Джон Кокрофт
1897-1967



Томас Уолтон
1903-1995

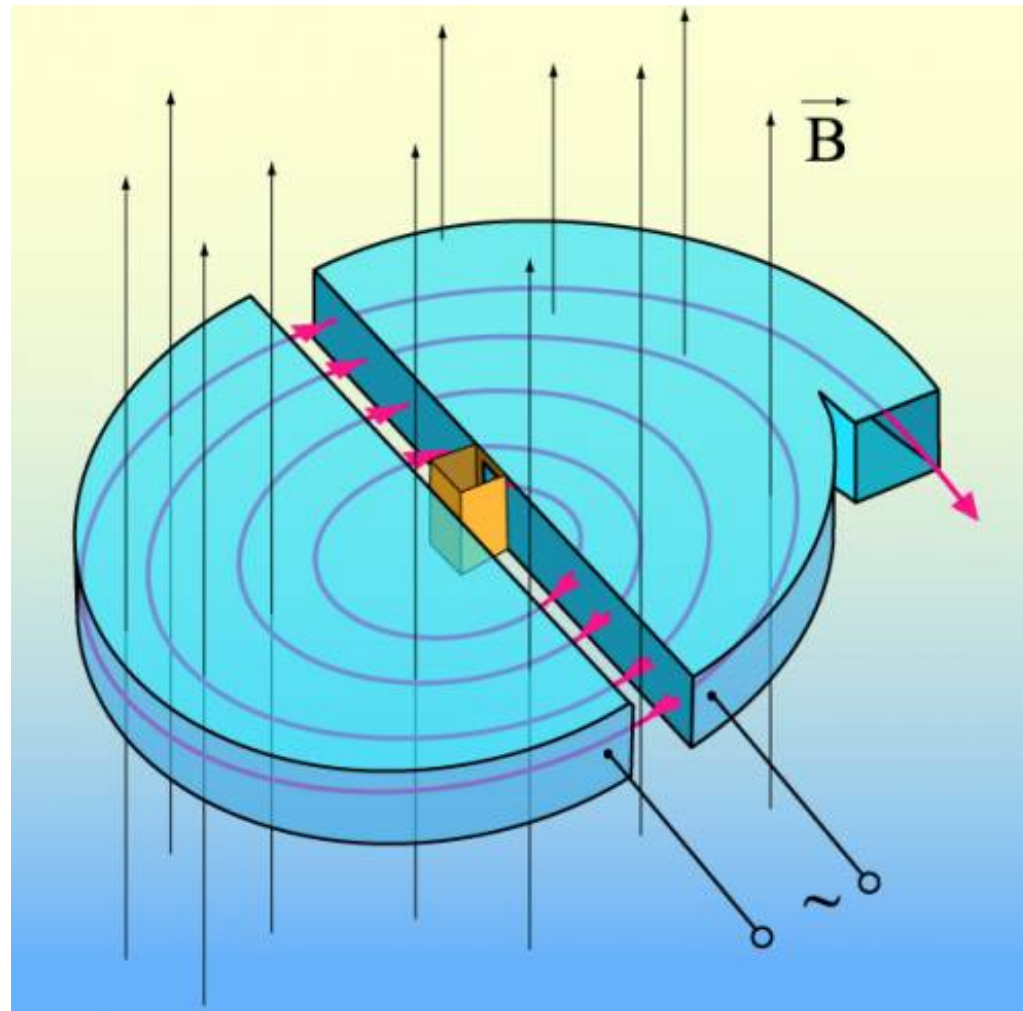
1932 г.

Джон Кокрофт и Томас Уолтон пучком протонов расщепили ядра бора и лития

Ускорители

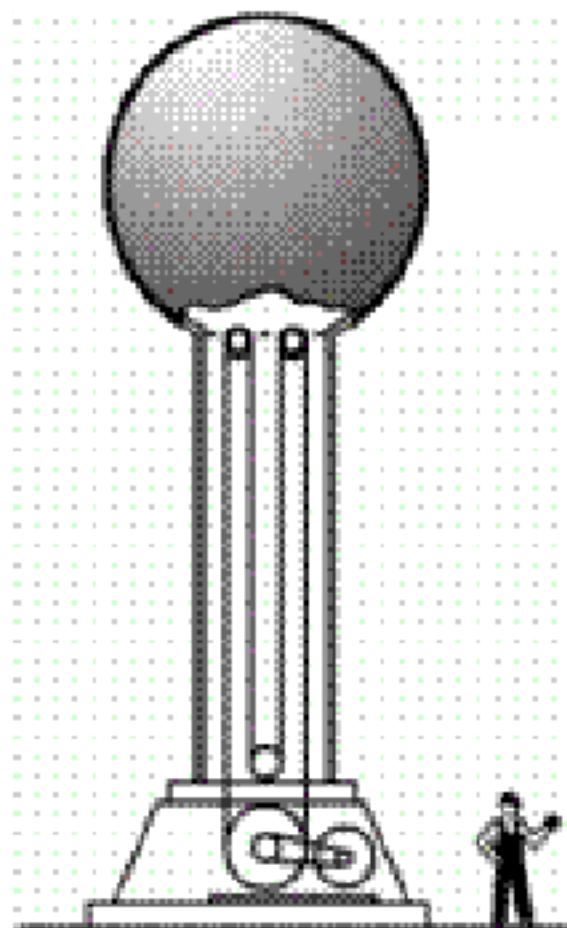
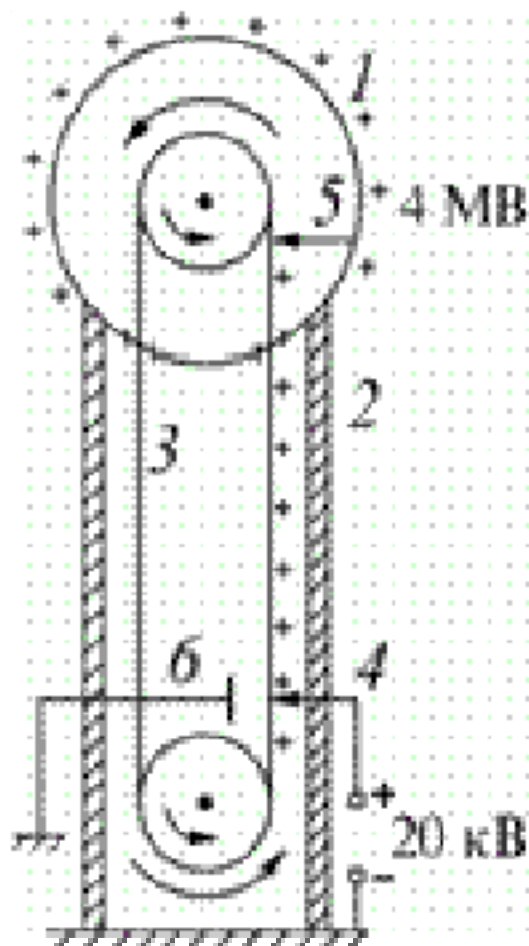
1929 г.

Э. Лоуренс предложил идею циклотрона



Ускорители

1931 г. Роберт Ван де Грааф создал электростатический ускоритель (генератор Ван де Граафа)



CERN - ЦЕРН

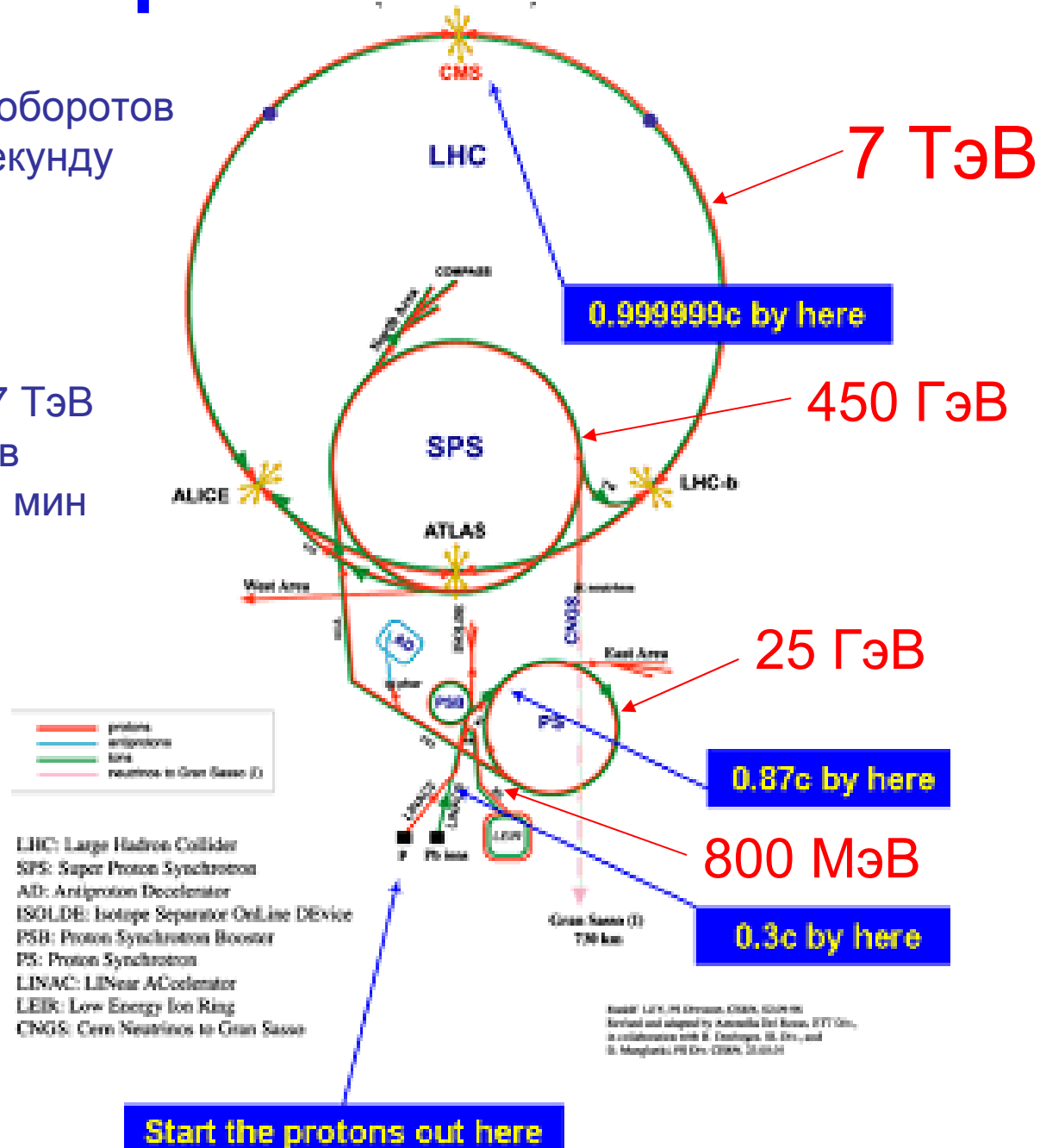
Европейская организация ядерных исследований



Ускорительный комплекс ЦЕРН

10000 оборотов
в секунду

Ускорение
протонов от
450 ГэВ до 7 ТэВ
происходит в
течение ~20 мин




Source: LHC, PS, SPS, AD, CERN, ISOLDE, PSB, PS, LINAC, LEIR, CNGS.
 Revised and adapted by: Karlsruhe Institute of Technology (KIT),
 in collaboration with: B. Courat, H. Bess, and
 G. Manktelow, PSI, CERN, DESY, SLAC.

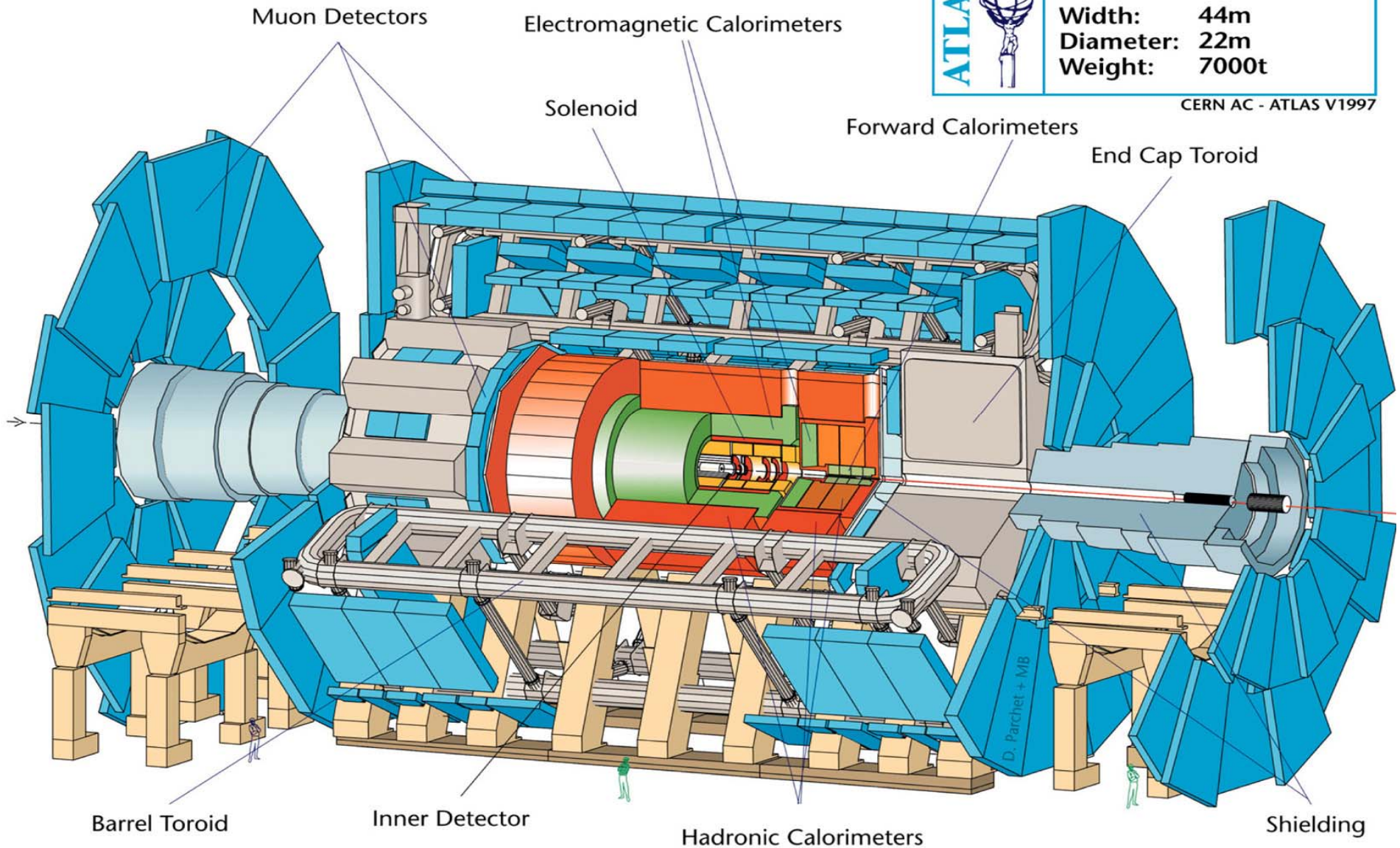


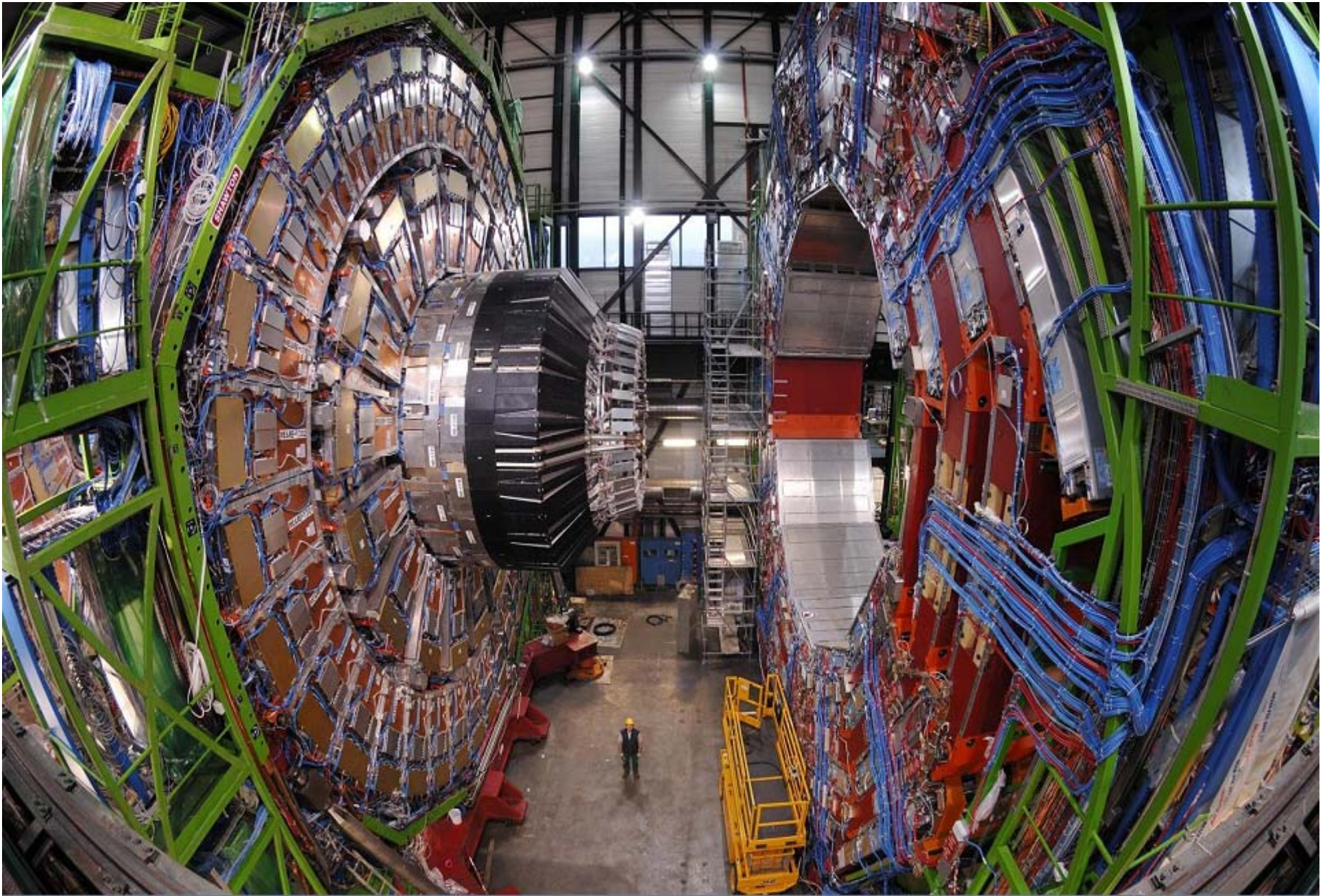
Длина тоннеля – 27 км

Детектор ATLAS

	Detector characteristics	
	Width:	44m
	Diameter:	22m
	Weight:	7000t

CERN AC - ATLAS V1997

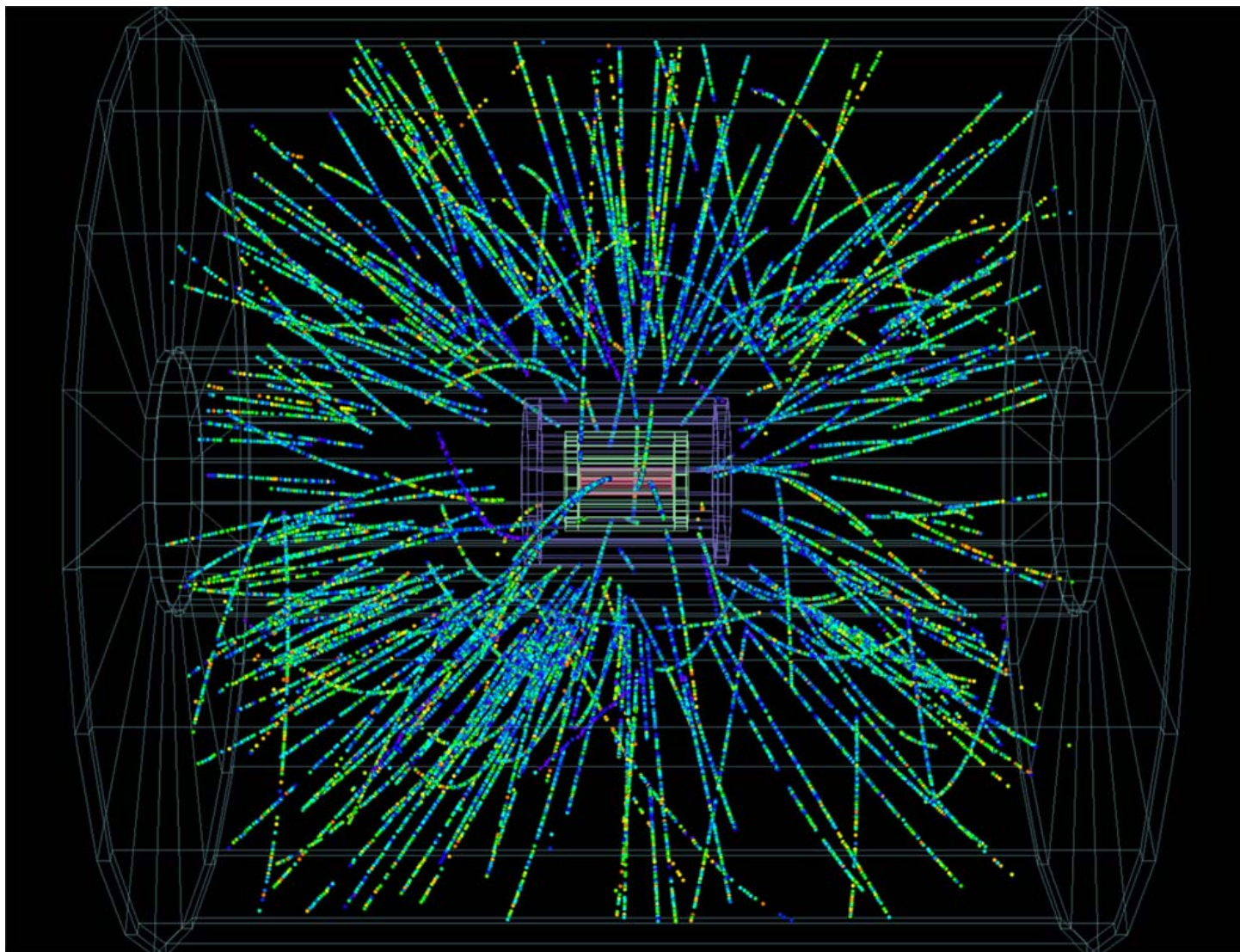




CMS

Courtesy CMS/CERN

р-р столкновение





Исаак Ньютон
1642 – 1727

Мельчайшие частицы материи слепляются в результате сильнейшего притяжения, образуя частицы большего размера, но уже менее склонные к притяжению; многие из этих частиц могут опять слепляться, образуя ещё большие частицы с ещё меньшим притяжением друг к другу и так далее в разных последовательностях, пока эта прогрессия не закончится на самых больших частицах, от которых зависят уже и химические реакции и цвет естественных тел, и, которые образуют, наконец, тела ощутимых размеров. Если так, то в природе должны существовать посредники, помогающие частицам вещества близко слепляться друг с другом за счет сильного притяжения. Обнаружение этих посредников и есть задача экспериментальной философии.