

Главные вопросы, которые возникли после открытия периодического закона:

1. В чем причина периодического изменения химических свойств элементов?
2. В чем причина деления групп на подгруппы?
3. В чем причина большого сходства лантаноидов и актиноидов?
4. В чем причина трёх исключений в несоответствии величины атомной массы и положения элемента в периодической системе?

На эти вопросы ученые получили ответ после изучения строения атома

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
кафедра «Химия»

Строение атома



Классификация ядер атомов

доцент кафедры химии
Комарова В.И.

План лекции:

1. Экспериментальные доказательства сложности структуры атома.
2. Планетарная модель атома по Резерфорду.
3. Закон Мозли, его практическое применение.
4. Состав атомных ядер. Протонно-нейтронная теория состава ядра. Изотопы, изобары, изотоны, зеркальные атомы, изомеры

Элементы и атомы,
В менделеевский взятые круг,
Сделали химию самой богатой
И самой творческой из наук.

Г. Санников «Элементы и атомы»

Рождение химической атомистики

английский физик и химик Джон Дальтон (1766 – 1844). Основные положения теории:

- Причиной «отталкивательной силы» (отталкивания газовых частиц друг от друга) является теплота.
- Частицы газов состоят из маленького центрального атома, окруженного оболочкой теплорода, наиболее плотной непосредственно у атома.
- Частицы различных газов имеют различный размер (поэтому смесь газов можно представить себе как смесь крупной и мелкой дроби: мелкие дроби занимают промежутки, образуемые крупными).

Джон Дальтон:

*«Я избрал слово **атом** для обозначения... первичных частиц... потому, что это слово кажется мне значительно более выразительным; оно включает в себя представление о неделимости, чего нет в других обозначениях».*

понимание атома Дальтоном : «...я называю первичную частицу угольной кислоты сложным атомом. Однако хотя этот атом и может быть разделен, но, распадаясь при таком делении на уголь и кислоту, он перестает уже быть угольной кислотой».

1. Доказательства сложности структуры атома:

- а) Выделение из атомов отрицательно заряженных частиц – **катодных лучей**. В.Крукс (1879 г.) Стоуней впоследствии дал название отрицательно заряженным частицам – электрон.
- б) **Фотоэффект** (открытый Столетовым) – явление, когда при освещении металлов с их поверхности испускаются электроны (используется в фотоэлементах).
- в) **Термоэлектронная эмиссия** – испускание металлом электронов при нагревании.
- г) **Рентгеновские лучи** – электромагнитное излучение, испускаемое веществами при сильном воздействии на них катодных лучей. Открыты в 1895 г. В.К. Рентгеном.
- д) Открытие **радиоактивности**. А. Беккерель в 1896 г.

1-е доказательство сложности структуры атома

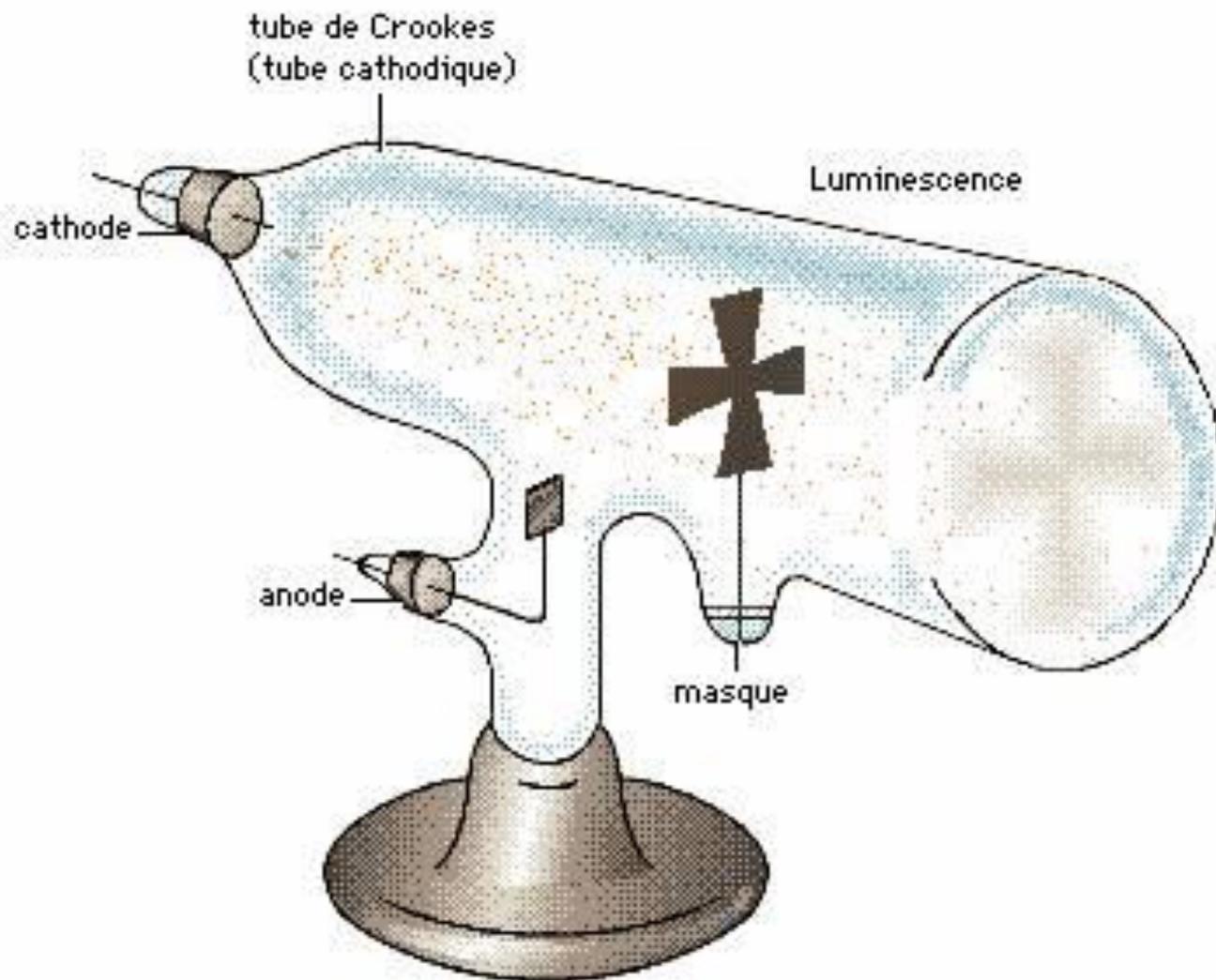


Выделение из атомов отрицательно заряженных частиц – **катодных лучей. В. Крукс** (1879 г.) **Стонней** впоследствии дал название отрицательно заряженным частицам – электрон.

Крукс

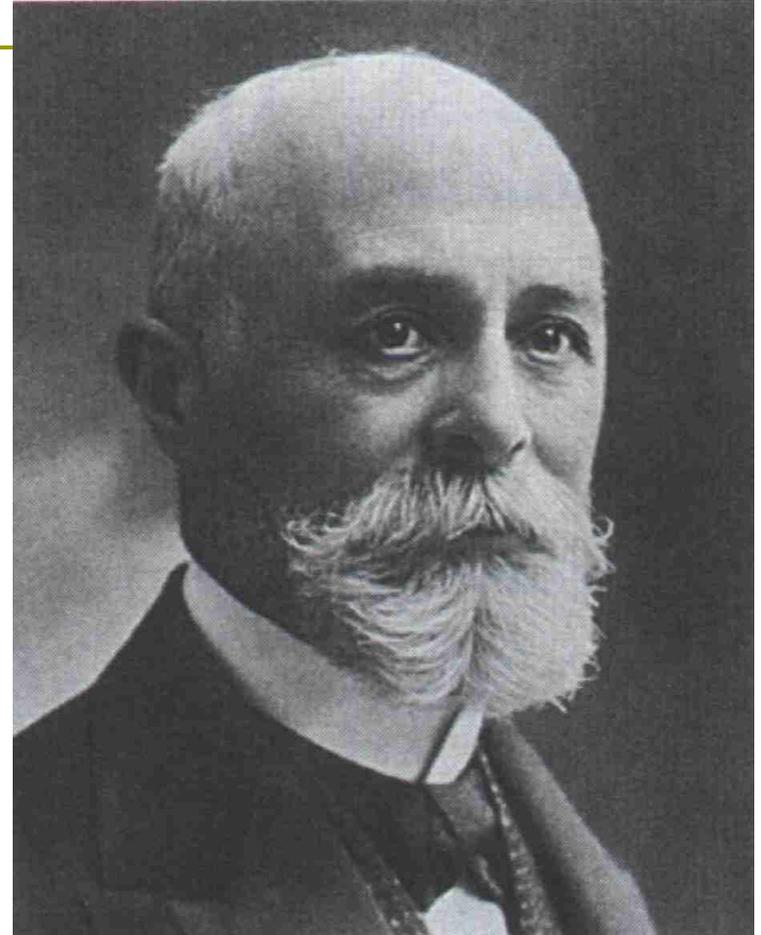
Комарова 2017 (очное)







Открытие радиоактивности в 1896 г.



Анри Беккерель



Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри



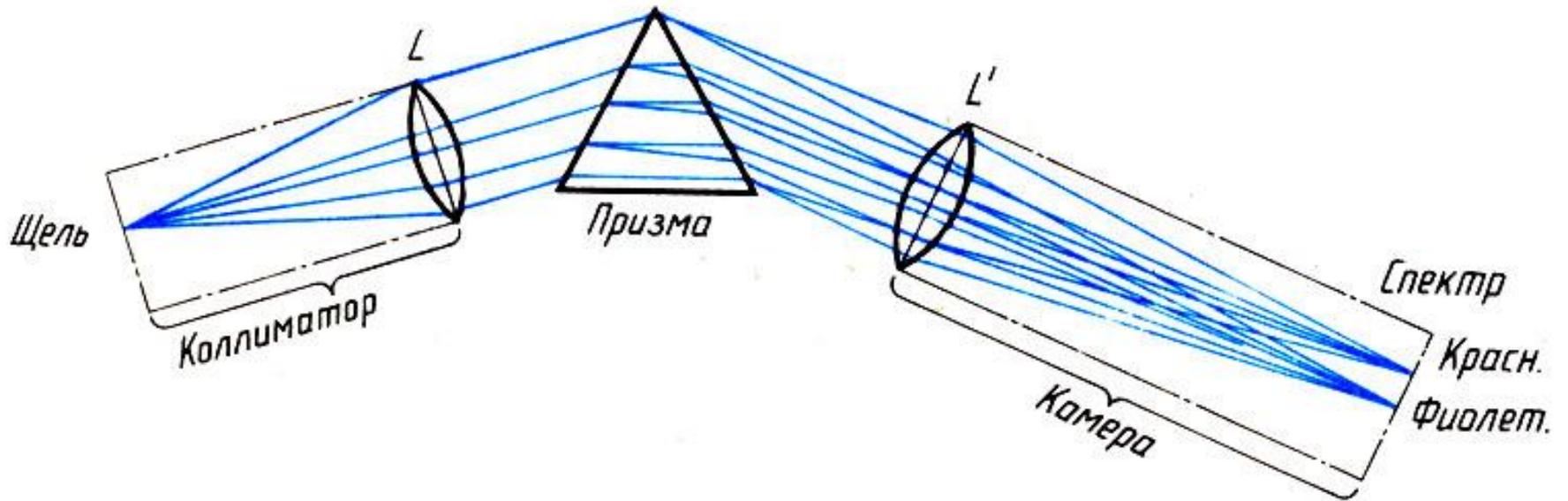
Мария Склодовская-Кюри,
1911

M. Curie

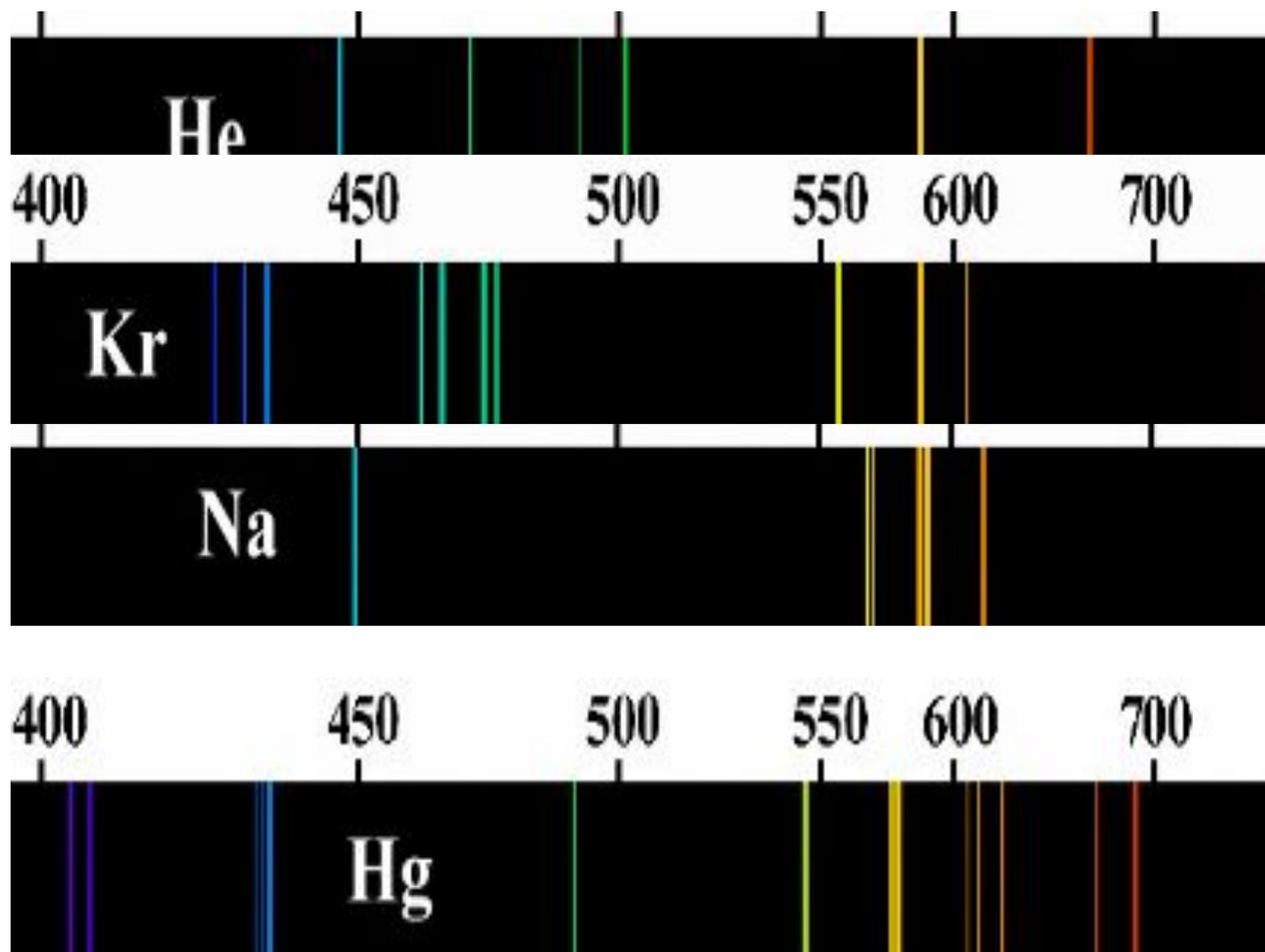
Торжество спектра

- 1860 г. химики вооружились таким инструментом исследования, о котором не смели и мечтать, – методом спектрального анализа.
- В 1675 г. Ньютон, пропустив луч света через призму, получил радугу на стене.
- Бунзен после переработки остатка упаривания 44 тысяч литров дюркгеймской воды, выделил семь граммов нового металла и назвал его цезием, что означает небесно-голубой (по цвету линии в спектре).
- Там же он обнаружил совершенно новые линии в спектре, среди которых особенно отчетливо выступали темно-красные. Это был еще один элемент. Бунзен назвал его рубидием – также по цвету спектральных линий.

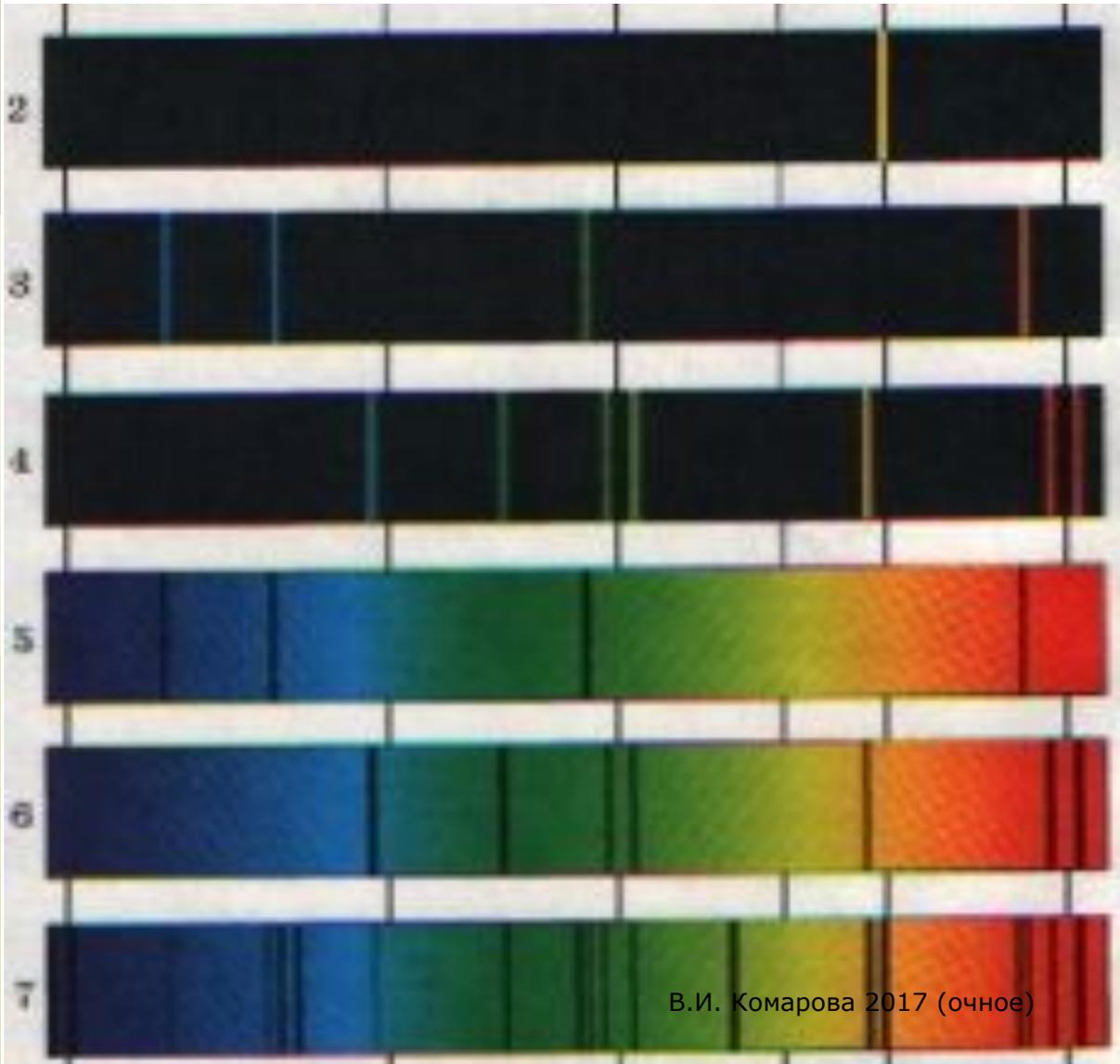
Оптическая схема спектроскопа



Атомы любого химического элемента дают спектр, не похожий на спектры всех других элементов: они способны излучать строго определенный набор длин волн.



Спектры излучения и поглощения зеркально симметричны, если они изображены в шкале частот



2 - натрий

3, 5 - водород

4, 6 - гелий

7 - солнечный

Какие из этих веществ есть на солнце?

Химические элементы, открытые в XIX в. при помощи простейшего спектроскопа:

- **Cs** Цезий (1860, Роберт Бунзен, Густав Кирхгоф) назв. от лат. *caesius* - небесно-голубой
- **Rb** Рубидий (1861, Роберт Бунзен, Густав Кирхгоф) назв. от лат. *rubidus* - темно-красный
- **Tl** Таллий (1861, Уильям Крукс) название от лат. *thallus* - распускающаяся ветка
- **In** Индий (1863, Фердинанд Рейх, Иеронимус Рихтер) назв. от индиго - ярко-синий
- **Ga** Галлий (1875, Лекок де Буабодран) название от лат. Франции
- **Ho** Гольмий (1878, Пер Теодор Клеве, Сорэ) назв. от лат. *Holmia* (Стокгольм)
- **Yb** Иттербий (1878, Жан Шарль де Мариньяк) назв. от шведс. местечка Иттербю
- **Sc** Скандий (1879, Ларс Нильсон), назв. в честь Скандинавии
- **Sm** Самарий (1879, Лекок де Буабодран) назв. от горн. инженера В.Е.Самарского (1847)

Химические элементы, открытые в XIX в. при помощи простейшего спектроскопа:

- ✓ **Tm** Тулий (1879, Пер Теодор Клеве) название от лат. *Thule* - Скандинавия
- ✓ **Gd** Гадолий (1880, Жан Шарль де Мариньяк) назв. в память об Юхане Гадолине
- ✓ **Pr** Празеодим (1885, Ауэр фон Вельсбах) назв. от греч. *prasinós* - светло-зеленый
- ✓ **Nd** Неодим (1885, Ауэр фон Вельсбах) назв. от «новый дидим»
- ✓ **Dy** Диспрозий (1886, Лекок де Буабодран) назв. от греч. *disprositos* - труднодоступный
- ✓ **He** Гелий (1868, Ж.Жансен, Дж.Локьер; 1895, Уильям Рамзай) назв. от греч. «солнечный»
- ✓ **Ne** Неон (1898, Уильям Рамзай, Моррис Траверс) назв. от англ. "new one"
- ✓ **Kr** Криптон (1898, Уильям Рамзай, Моррис Траверс) назв. от греч. *kryptos* - скрытый
- ✓ **Xe** Ксенон (1898, Уильям Рамзай, Моррис Траверс) назв. от греч. *xenos* - незнакомец, чужой

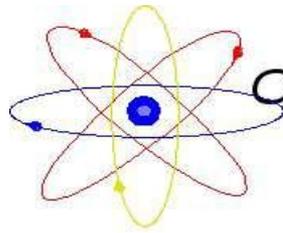
□ Видеофрагмент «Модели атома»

Дж.Дж. Томсон



- Plum pudding model

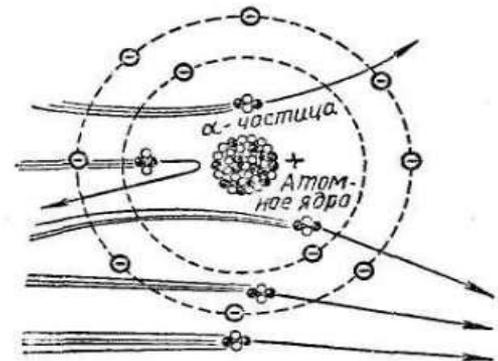
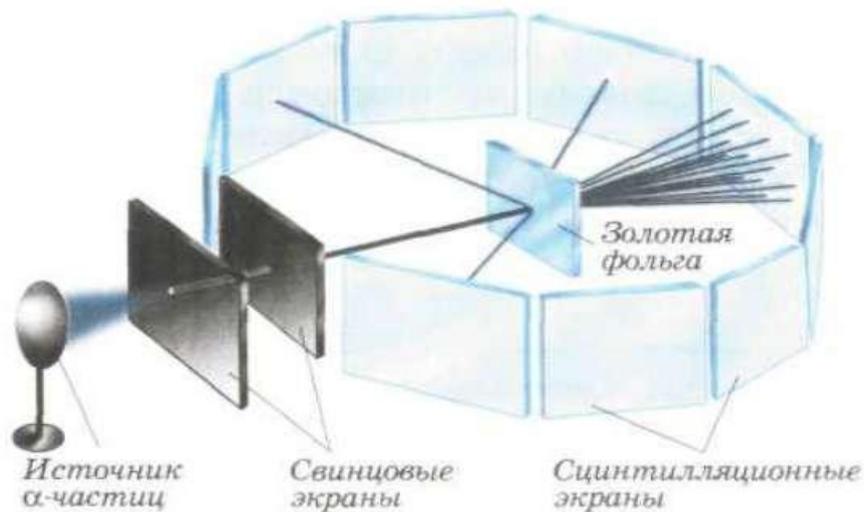
2. Эксперимент Резерфорда (1908-1911)



Опыт Резерфорда (осуществленный в 1910—1911 гг.):

- а) принципиальная схема установки;
- б) рассеяние α -частиц атомными ядрами.

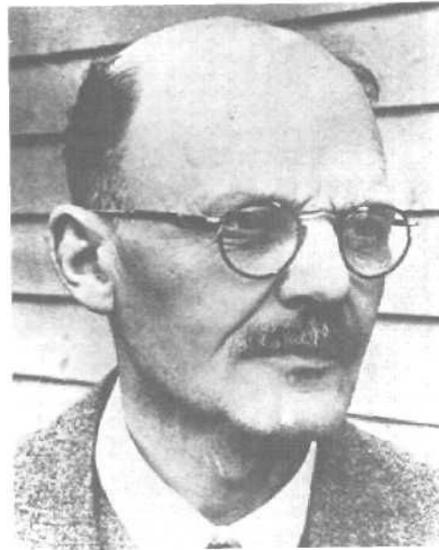
а)



7



Эрнест Резерфорд (1871-1937)
Нобелевская премия 1908 г.



**Ганс Вильгельм Гейгер
(1882-1945)**



**Эрнест Марсден
(1889-1970)**

Theory of structure function

Surface area consists of + charge as
at center + - charge as
distributed throughout sphere of
radius R .



$$\text{Force at } P \text{ on electron} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \frac{1}{r} \right]$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right] = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{R^2 - r^2}{r^2 R^2}$$

Surface charge density σ increases
more than at center so that distribution
is small but it's distance from center is



Apply force is due to charge at P

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right] \text{ and}$$

$$\text{and is due to charge at } d = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right] \frac{1}{r}$$

Using a small element ds at distance r from P

$$r = \sqrt{R^2 + d^2} = \frac{R}{\cos \theta}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{\left(\frac{R}{\cos \theta}\right)^2} - \frac{1}{R^2} \right] \frac{1}{\frac{R}{\cos \theta}}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{\cos^3 \theta}{R} - \frac{\cos \theta}{R} \right] \frac{1}{R}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{\cos^3 \theta - \cos \theta}{R^2} \right] \frac{1}{R}$$

2. Планетарная модель атома (Резерфорд, 1911)

- 1) в центре атома находится положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома. Положительно заряженные частицы ядра – протоны (p).
- 2) вокруг ядра движутся электроны, число которых определяется зарядом ядра. Атом электронейтрален.
- 3) сила электрического притяжения между ядром и электронами уравновешивается центробежной силой вращения электронов, так что электроны удерживаются на своих орбитах.

Недостатки модели Резерфорда:

- Модель не объясняет линейчатость спектра атомов. При непрерывном излучении энергии спектр излучения атома должен быть сплошным, а в действительности он линейчатый.
- Модель не объясняла устойчивость атома.

Недостаток, указанный Вернером Гейзенбергом :

- «Никакая планетная система, которая подчиняется законам механики Ньютона, **никогда** после столкновения с другой подобной системой **не возвратится** в свое исходное состояние.

В то время как, например, атом углерода остается атомом углерода и после столкновения с другими атомами или после того, как он, вступив во взаимодействие с другими атомами, образовал химическое соединение».

Отличия микромира

- Квантование энергии. Энергия микрообъекта изменяется не непрерывно, а дискретно – порциями (квантами)
- Корпускулярно-волновой дуализм микрообъекта: сочетание свойств частицы и волны
- Необходимость вероятностного подхода к описанию процессов

Создатели квантовой механики



Вернер Карл **Гейзенберг** (1901-1976)
В 1925 г. разработал матричную механику – первый вариант квантовой механики.



Эрвин **Шредингер** (1887-1961)
В 1926 г. опубликовал новый подход динамического описания микрочастиц (уравнение Шредингера).

Работы Г. Мозли

Создатели оболочечной модели атома (1913-1914)



Нильс Хенрик Давид **Бор** (1885-1962).
Нобелевская премия по физике 1922 г.



Генри Гвин Джефрис **Мозли** (1887-1915)

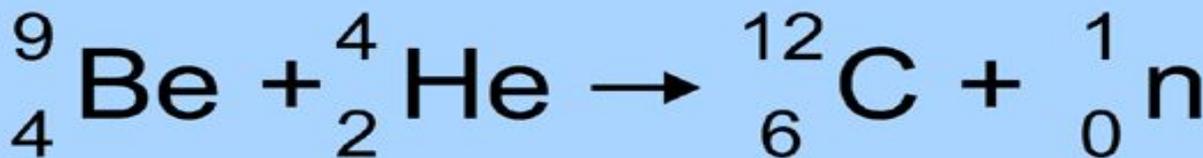
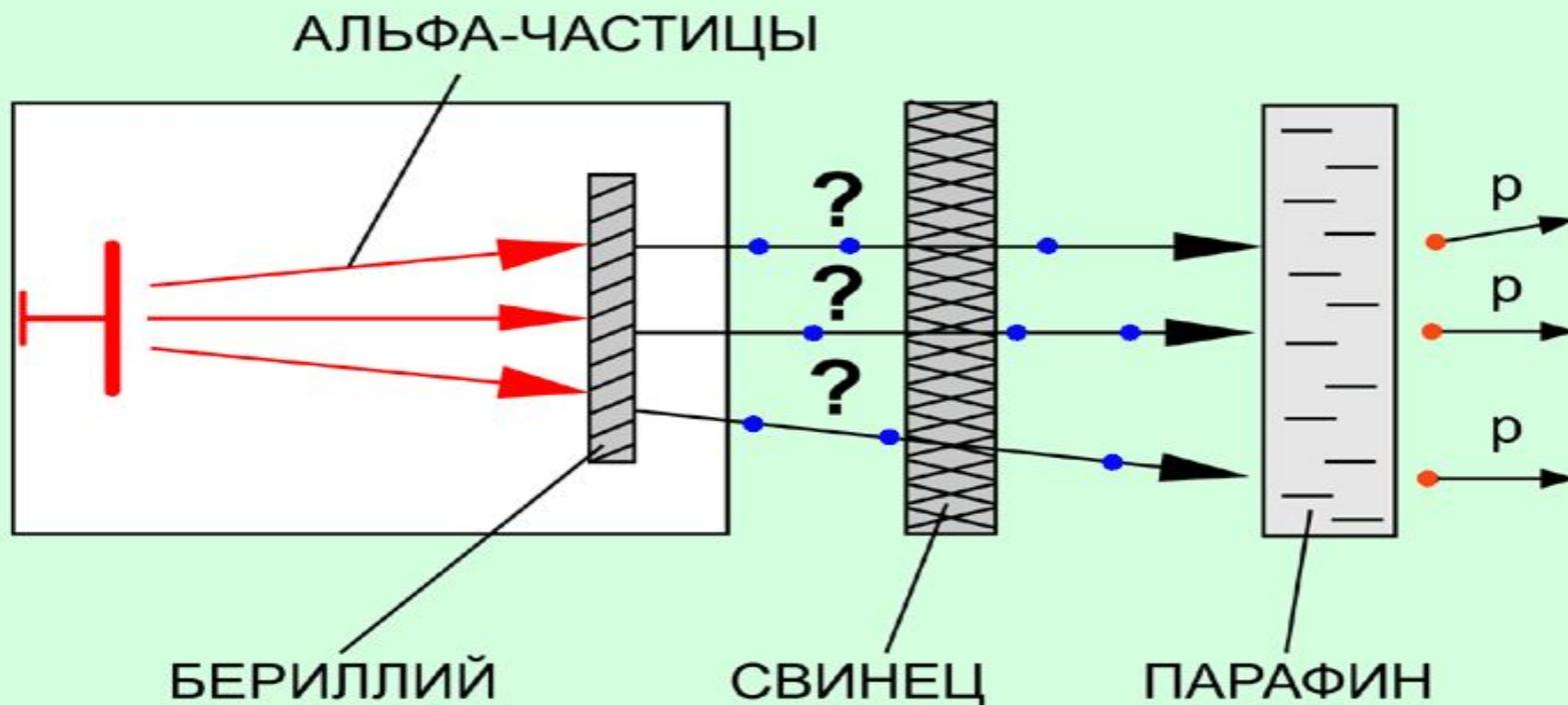
3. Закон Мозли:

Корень квадратный из величины обратной длине волны или из частоты колебаний определённой линии характеристического рентгеновского спектра элемента, есть линейная функция заряда ядра, или что тоже самое порядкового номера элемента.

Современная формулировка периодического закона:

Свойства элементов и образуемых ими простых и сложных веществ находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов элементов, который совпадает с порядковым номером элемента.

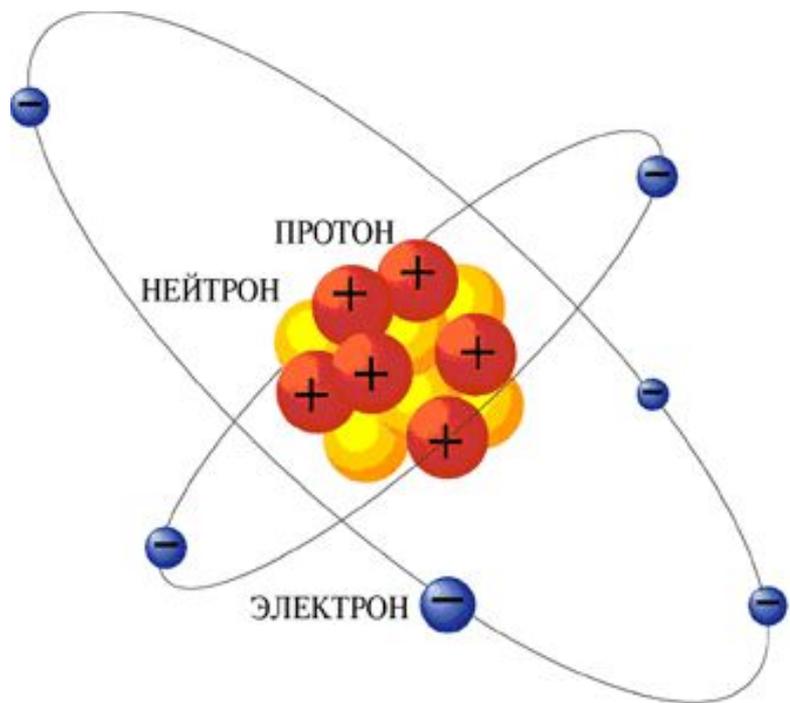
В 1932г. Д. Чедвик открыл в ядре нейтральную частицу – нейтрон



□ Видеофрагмент «Чедвик»

4. Протонно-нейтронная теория состава ядра атомов :

«Ядра атомов всех элементов, кроме водорода, состоят из протонов и нейтронов».



Она была одновременно предложена русскими учёными Д.Д. Иваненко и Е.Н. Гапоном и немецким учёным В. Гейзенбергом. в 1932 г.

Число протонов в ядре определяет его ~~положительный заряд~~(Z), а суммарное число протонов и нейтронов равно атомной массе (A).

Если число нейтронов обозначить N , то атомная масса равна $A = Z + N$, отсюда $N = A - Z$.

Вместе протоны и нейтроны называются – **нуклоны** (ядерные частицы)

Вычислим нуклонный состав ядра атома алюминия:



$$A=27 \text{ у.е.}$$

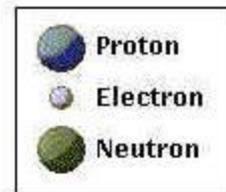
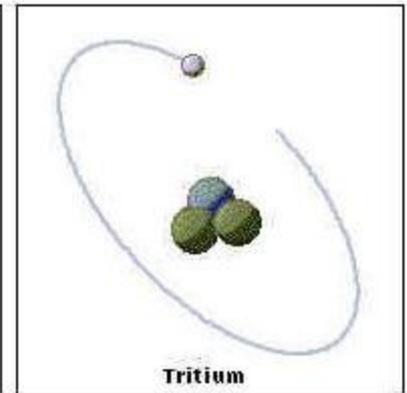
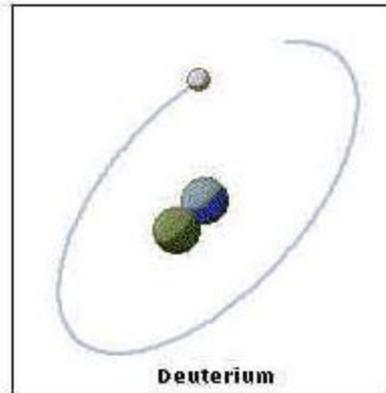
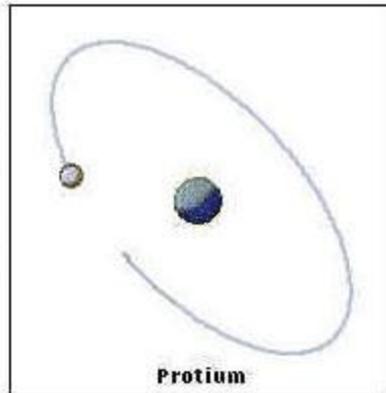
$$Z=13 \text{ } ({}_{+1}^1\text{p});$$

$$N=27-13=14 \text{ } ({}_0^1\text{n})$$

Протонно-нейтронная теория состава ядер атомов объяснила существование изотопов, изобаров, изотонов, зеркальных ядер и ядерных изомеров

1. Изотопы – разновидность атомов одного и того же элемента, имеющие одинаковое зарядовое число, но различную атомную массу (**Z** -const).

	${}_1^1\text{H}$	${}_1^2\text{D}$	${}_1^3\text{T}$
${}_{+1}^1\text{p}$	1	1	1
${}_0^1\text{n}$	0	1	2
	<i>протий</i>	<i>дейтерий</i>	<i>тритий</i>



Явление изотопии объясняет:

1. Причину дробных масс элементов-плеяд (встречаются в природе одновременно в виде комплекса изотопов)
2. Множественность молекул единой химической формулы, но разных масс (например, возможны 40 различных по массе молекул сульфида олова, 18 модификаций молекул воды)

	$_{17}^{35}\text{Cl}$	$_{17}^{37}\text{Cl}$
$_{+1}^1\text{p}$	17	17
$_0^1\text{n}$	18	20

	Boron Бор <i>Borum</i>	Carbon Углерод <i>Carboneum</i>	Nitrogen Азот <i>Nitrogenium</i>	Oxygen Кислород <i>Oxygenium</i>	Fluorine Фтор <i>Fluorum</i>	10.0 eV Neon Неон
	26.981538 13 Al $3s^2 3p^1$ 660.37 2467 1.61/1.47 Aluminium [Aluminium] Алюминий	28.0855 14 Si $3s^2 3p^2$ 1412 2355 1.90/1.74 Silicon Кремний <i>Silicium</i>	30.973761 15 P $3s^2 3p^3$ 44.14 280 2.19/2.06 Phosphorus Фосфор	32.066 16 S $3s^2 3p^4$ 112.8 444.674 2.58/2.44 Sulphur Сера [Sulfur]	35.4527 17 Cl $3s^2 3p^5$ -100.98 -34.6 3.16/2.83 Chlorine Хлор <i>Clorum</i>	39.948 18 Ar $3s^2 3p^6$ -189.2 -185.7 7.7 eV Argon Аргон
19	69.723 31 Ga $3d^{10} 4s^2 4p^1$ 29.78 2403 1.81/1.82 Gallium Галлий	72.61 32 Ge $3d^{10} 4s^2 4p^2$ 937.4 2830 2.01/2.02 Germanium Германий	74.92160 33 As $3d^{10} 4s^2 4p^3$ 817 (3,7MPa) субл. 615 2.18/2.20 Arsenic Мышьяк <i>Arsenicum</i>	78.96 34 Se $3d^{10} 4s^2 4p^4$ 217 684.9 2.55/2.48 Selenium Селен	79.904 35 Br $3d^{10} 4s^2 4p^5$ -7.25 58.78 2.96/2.74 Bromine Бром <i>Bromum</i>	83.80 36 Kr $3d^{10} 4s^2 4p^6$ -156.6 -152.3 6.8 eV Krypton Криптон
11	114.818 49 In $4d^{10} 5s^2 5p^1$ 156.78 2080 1.78/1.5 Indium Индий	118.710 50 Sn $4d^{10} 5s^2 5p^2$ 231.88 2270 1.96/1.7 Tin Олово <i>Stannum</i>	121.760 51 Sb $4d^{10} 5s^2 5p^3$ 630.5 1750 2.05/1.8 Antimony Сурьма (<i>Stibium</i>)	127.60 52 Te $4d^{10} 5s^2 5p^4$ 449.5 989.8 2.1/ 2.0 Tellurium Теллур	126.90447 53 I $4d^{10} 5s^2 5p^5$ 113.5 184.35 2.66/2.2 Iodine Иод <i>Iodum</i>	131.29 54 Xe $4d^{10} 5s^2 5p^6$ -111.9 -107.1 5.85 eV Xenon Ксенон
19	204.3833 81 Tl	207.2 82 Pb	208.98038 83 Bi	(210) 84 Po	(210) 85 At	(222) 86 Rn

Распространение :

$^{35}\text{Cl} - 75,53 \%$,

$^{37}\text{Cl} - 24,47 \%$

среднее арифметическое значение атомной массы рассчитывается:

$$\mathbf{35 \cdot 0,7553} + \mathbf{37 \cdot 0,2447} = 35,453 \text{ а.е.м.}$$

Это значение и заносится в периодическую систему Д.И. Менделеева .

Радиоактивные изотопы в биологии и

медицине:

С помощью меченых атомов проведено исследование обмена веществ в организме. *Было доказано, что за сравнительно небольшое время организм подвергается почти полному обновлению.*

Радиоактивные изотопы применяются в медицине как для постановки диагноза, так и для терапевтических целей.

Радиоактивный натрий, вводимый в небольших количествах в кровь, используется для исследования кровообращения.

Йод интенсивно отлагается в щитовидной железе, особенно при базедовой болезни. *Наблюдая с помощью счетчика за отложением радиоактивного йода, можно быстро поставить диагноз. Большие дозы радиоактивного йода вызывают частичное разрушение аномально развивающихся тканей, и поэтому радиоактивный йод используют для лечения базедовой болезни.*

Интенсивное γ излучение кобальта, используется при лечении раковых заболеваний (кобальтовая пушка).

Радиоактивные изотопы в промышленности:

Контроль износа поршневых колец в двигателях внутреннего сгорания. *Облучая поршневое кольцо нейтронами, вызывают в нем ядерные реакции и делают его радиоактивным. При работе двигателя частички материала кольца попадают в смазочное масло.*

□ Радиоактивные изотопы позволяют судить о диффузии металлов, процессах в доменных печах. *Мощное γ -излучение радиоактивных препаратов используют для исследования внутренней структуры металлических отливок с целью обнаружения в них дефектов.*

Радиоактивные изотопы в сельском хозяйстве:

облучение семян растений (хлопчатника, капусты, редиса и др.) небольшими дозами гамма-лучей от радиоактивных препаратов приводит к заметному повышению урожайности.

радиоселекция. Так выведены ценные сорта пшеницы, фасоли и других культур, а также получены высокопродуктивные микроорганизмы, применяемые в производстве антибиотиков.

γ -излучение радиоактивных изотопов используется для борьбы с вредными насекомыми и для консервации пищевых продуктов.

меченые атомы в агротехнике. Чтобы выяснить, какое из фосфорных удобрений лучше усваивается растением, помечают различные удобрения радиоактивным фосфором. Исследуя затем растения на радиоактивность, можно определить количество усвоенного ими фосфора из разных сортов удобрения.

2. Изобары –

разновидность атомов различных элементов, имеющих различное зарядовое число, но одинаковую атомную массу. ($Z+N=\text{const}$)

	${}_{19}^{40}\text{K}$	${}_{18}^{40}\text{Ar}$
${}_{+1}^1\text{p}$	19	18
${}_{0}^1\text{n}$	21	22

3. Изотоны – атомы различных элементов, имеющие одинаковое число нейтронов (N const).

	${}_{54}^{136}\text{Xe}$	${}_{56}^{138}\text{Ba}$	${}_{57}^{139}\text{La}$
${}_{+1}^1\text{p}$	54	56	57
${}_{0}^1\text{n}$	82	82	82

4. Зеркальные ядра

- У ядер атомов двух изобар число протонов в одном из них может оказаться равным числу нейтронов в другом. Одно из зеркальных ядер оказывается неустойчивым и самопроизвольно переходит в другое.
- примеры: Li-7 и Be-7 , N-15 и O-15 .
распишите их нуклонный состав самостоятельно!

5. Ядерные изомеры

- -ядра одного и того же изотопа, имеющие одинаковый нуклонный состав (с одинаковыми Z, N, A), но находящиеся в неодинаковом энергетическом СОСТОЯНИИ. Различаются они своей стабильностью, периодом полураспада. Менее устойчивое ядро характеризуется как возбужденное (отмечено *). Переход в основное состояние сопровождается испусканием кванта (фотона) с энергией 100000эВ.
- Пример: $[_{35}^{80}\text{Br}^*] \rightarrow [_{35}^{80}\text{Br}] + \gamma$

5. Ядерные изомеры

- Явление ядерной изомерии было открыто в 1921 г. О. Ганном, обнаружившим, что существуют два радиоактивных вещества, имеющие одинаковые массовые числа и порядковый номер, но различающиеся периодом полураспада. В дальнейшем было показано, что это было изомерное состояние ^{234}Pa

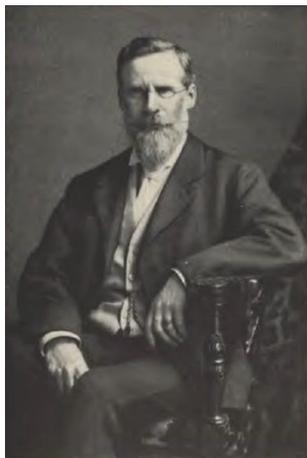
Задачи

Эл-11, Эл-12 Символ одного из изотопов элемента $^{52}_{24}\text{Э}$. Указать:
а) название элемента; б) число протонов и нейтронов в ядре; в) число электронов в электронной оболочке атома.

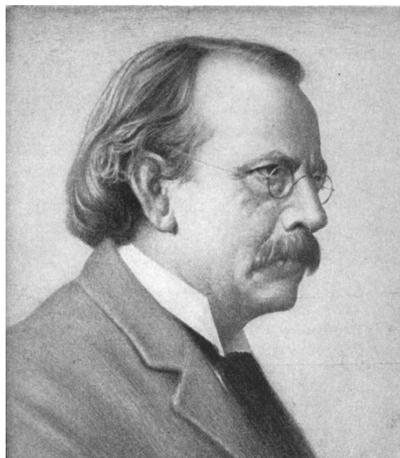
Эл-13, Эл-14 Ядро атома некоторого элемента содержит 16 нейтронов, а электронная оболочка этого атома — 15 электронов. Назвать элемент, изотопом которого является данный атом. Привести запись его символа с указанием заряда ядра и массового числа.

Эл-15, Эл-16 Массовое число атома некоторого элемента равно 181, в электронной оболочке атома содержится 73 электрона. Указать число протонов и нейтронов в ядре атома и название элемента.

КТО ОНИ? КАКОВ ИХ ВКЛАД В НАУКУ?



ЭЛ-11



ЭЛ-12



ЭЛ-13,
15

ЭЛ-14,
16

