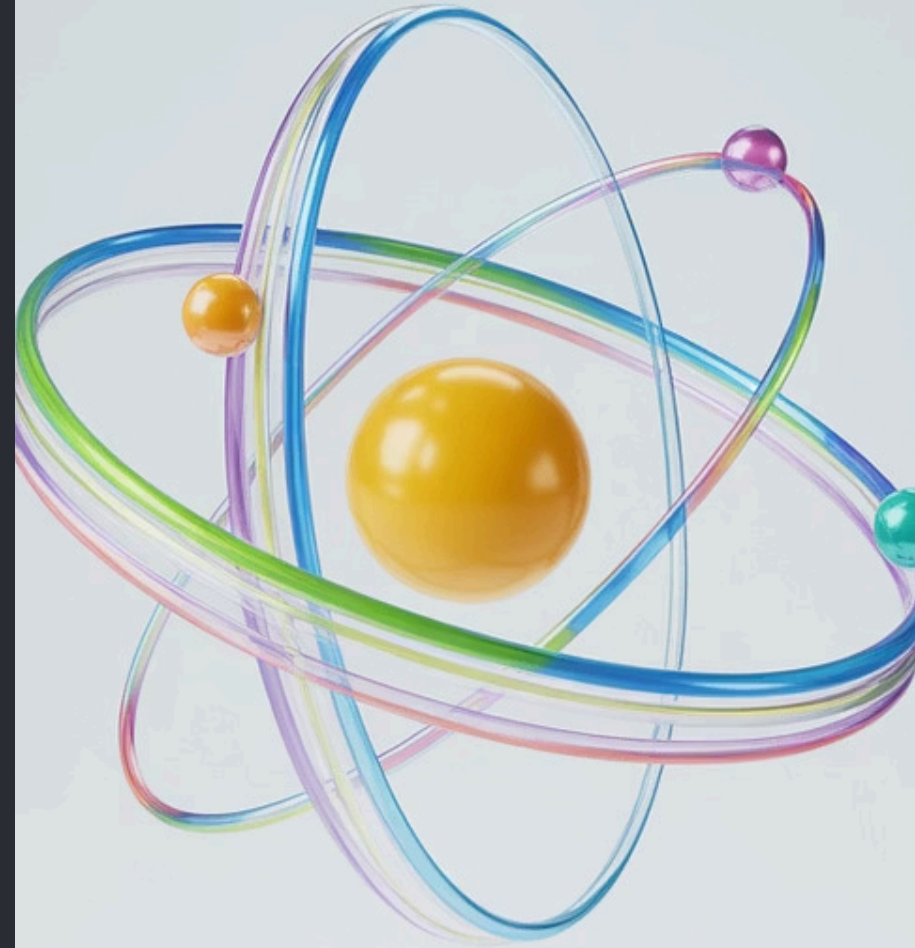


Chemistry Fundamentals

LECTURE 6 : Atomic Structure: Number & Mass

Mohamed Kamal



The Atomic Revolution - From Indivisible to Complex

1 — Ancient Greeks

"Atomos" (indivisible) - atoms as fundamental, indivisible particles

2 — Dalton (1803)

Elements composed of indivisible atoms; identical atoms have same mass

3 — Thomson (1897)

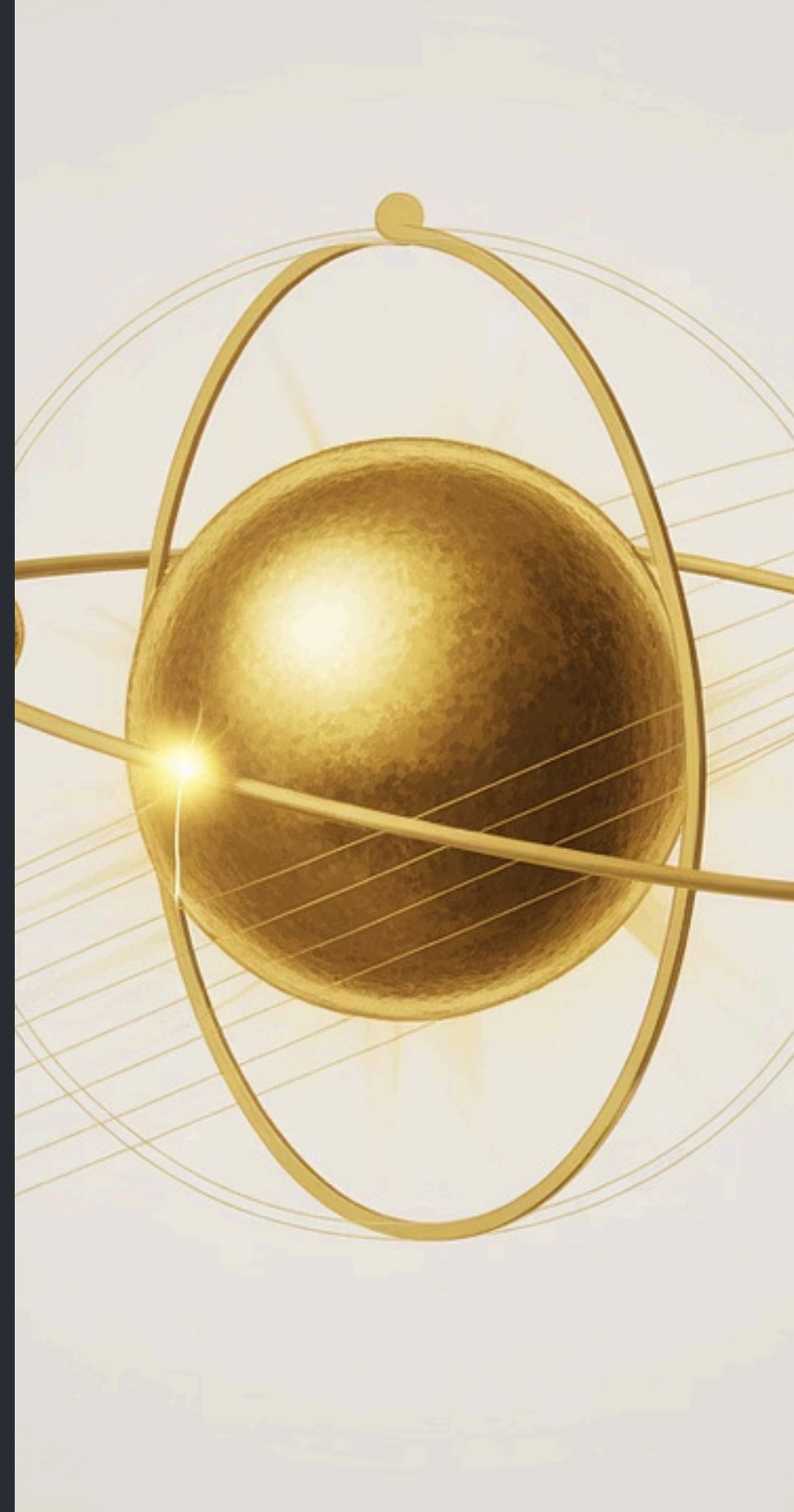
Discovery of electrons - atoms are divisible!

4 — Rutherford (1909)

Gold Foil Experiment revealed dense nucleus with orbiting electrons

Modern Understanding: Nucleus (protons + neutrons) surrounded by electron cloud

Size Perspective: If nucleus were a marble, atom would be size of football stadium



Atomic Number - The Element's Identity Card

Definition: Atomic number (Z) = number of protons in nucleus

Fundamental Rule: Atomic number defines the element - change protons, change element

Neutral Atom Rule: Number of protons = number of electrons

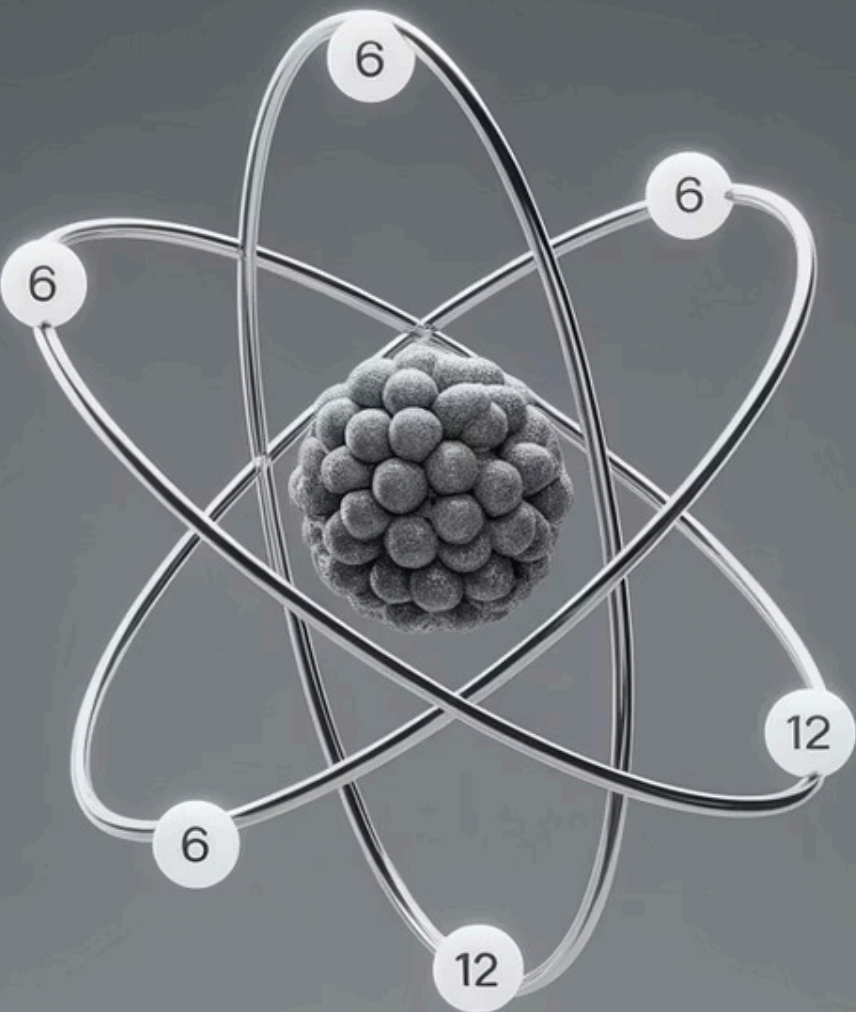
Examples: H ($Z=1$), He ($Z=2$), Li ($Z=3$), C ($Z=6$), O ($Z=8$), Au ($Z=79$)

PERIODIC TABLE

462																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Periodic Table Organization: Elements arranged by increasing atomic number

Historical Note: Mendeleev arranged by mass, modern table by atomic number



Mass Number - Accounting for Nuclear Mass

Definition

Mass number (A) = number of protons + number of neutrons

Mathematical Relationship: $A = Z + N$ (where N = number of neutrons)

Notation

Example: Carbon-12 can be written as ^{12}C , C-12, or Carbon-12

Example Calculation: Carbon-12: $A = 6 + 6 = 12$

Mass Distribution

>99.9% of atom's mass in nucleus

Electron Mass: $\sim 1/1836$ of proton mass (negligible for mass number)

Solving Nuclear Composition Problems

Given Information Types: Element symbol, atomic number, mass number

Problem-Solving Strategy:

1. Identify Z from periodic table or given information
2. Use $A = Z + N$ to find missing quantity
3. For neutral atoms: electrons = protons = Z

Example 1: Find neutrons in ^{31}P

- $Z = 15$ (from periodic table), $A = 31$
- $N = A - Z = 31 - 15 = 16$ neutrons

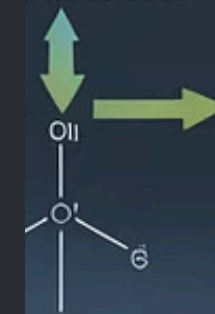
Example 2: Find mass number of sulfur with 18 neutrons

- $Z = 16$ (from periodic table), $N = 18$
- $A = Z + N = 16 + 18 = 34$ (^{34}S)

Nuclear Composition

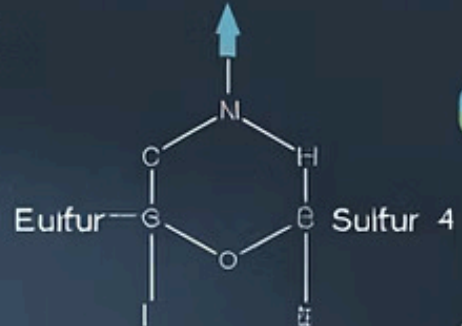
Phosphorus or oxygen or sulfur or chlorine

Electron collection



Electron collection

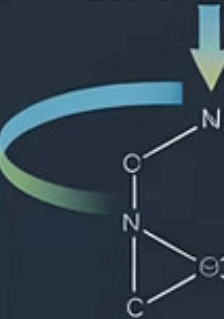
Phosphorus or oxygen or sulfur or chlorine



Solution steps

8.0	=	8.2
3.2	=	3.2

Electron collection



Electron collection

Solution steps

8.0	=	8.2
3.2	=	3.2

ISOTOPE NOTATION

	C	C
MAS 1)	MAS 1)	MAS

OIO	OIO	OIO
0.4	2.1	0.8

Isotope Notation and Symbols

Standard Notation

1

A_ZX (A = mass number, Z = atomic number, X = element symbol)

Writing Rules: Mass number top-left, atomic number bottom-left of symbol

Alternative Notations

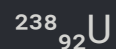
2

X-A format (Carbon-14) or hyphen notation

Common Elements: ${}^1\text{H}$, ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$ (hydrogen isotopes), ${}^{12}\text{C}$, ${}^{14}\text{C}$ (carbon isotopes)

Complete Example

3



- Mass number: 238
- Atomic number: 92 (Uranium)
- Neutrons: $238 - 92 = 146$

Practical Applications: Nuclear medicine, dating methods, nuclear power

Atomic Mass Units and Relative Mass

Definition and Standards

Atomic mass unit (amu) = 1/12 mass of ^{12}C atom

Conversion Factor: $1 \text{ amu} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Reference Standard: ^{12}C exactly 12.000000 amu by definition

Historical Development: Originally based on oxygen-16, changed to carbon-12 in 1961

Particle Masses

Particle	Approximate Mass
Proton	1.007 amu
Neutron	1.009 amu
Electron	0.0005 amu

Mass Defect: Actual atomic mass slightly less than sum of particles (Einstein's $E=mc^2$)

Calculating Average Atomic Mass

Weighted Average Concept: Account for isotope abundance in nature

Formula: Average atomic mass = $\Sigma(\text{isotope mass} \times \text{fractional abundance})$

1

Identify Isotopes

Chlorine has two main isotopes:

^{35}Cl : 34.97 amu (75.77% abundance)

^{37}Cl : 36.97 amu (24.23% abundance)

2

Convert Percentages

Convert percentages to decimal form:

$$75.77\% = 0.7577$$

$$24.23\% = 0.2423$$

3

Calculate Weighted Average

$$(34.97 \times 0.7577) + (36.97 \times 0.2423) = 35.45 \text{ amu}$$

This matches the periodic table value for chlorine

Common Error: Forgetting to convert percentages to decimals

Applications and Real-World Connections



Medical Applications

Radioisotopes for imaging (PET scans) and cancer treatment



Carbon Dating

^{14}C decay for archaeological dating of organic materials



Nuclear Power

^{235}U fission in power plants generating electricity



Forensic Science

Isotope ratios for determining origin of materials



Environmental Monitoring

Radioactive tracers to study ecosystems and pollution



Food Safety

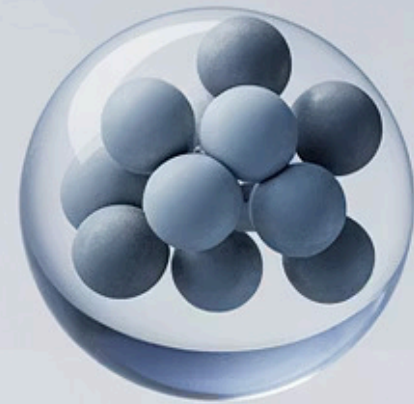
Irradiation using radioactive isotopes to preserve food

Next Lecture: Isotopes

Mohamed
Kamal



TIUM



DEUTERIUM



TRI