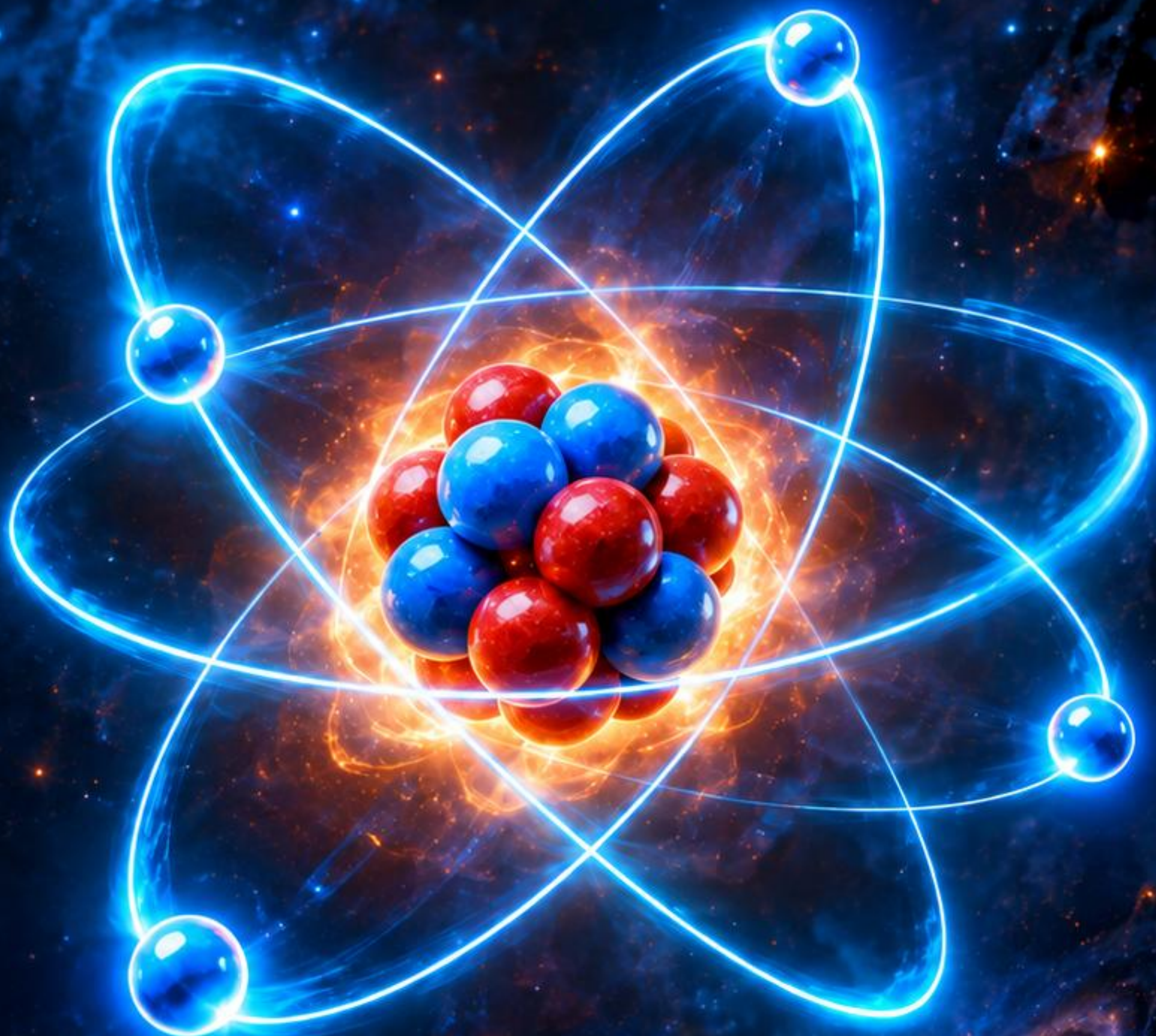
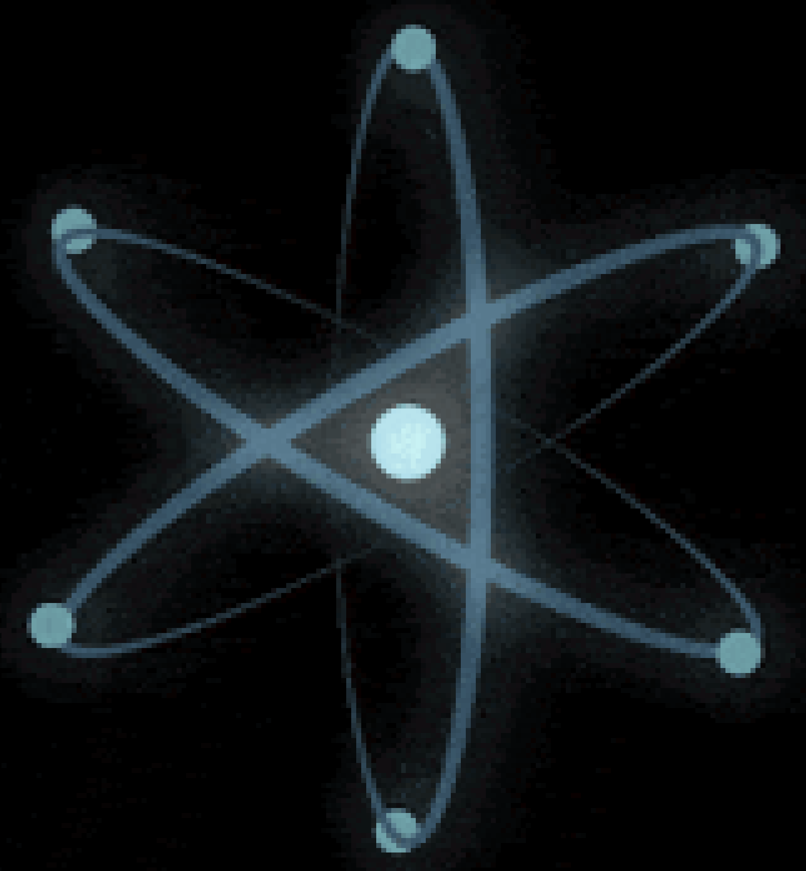
# Journey Inside the Atom

# परमाणु के अंदर की यात्रा

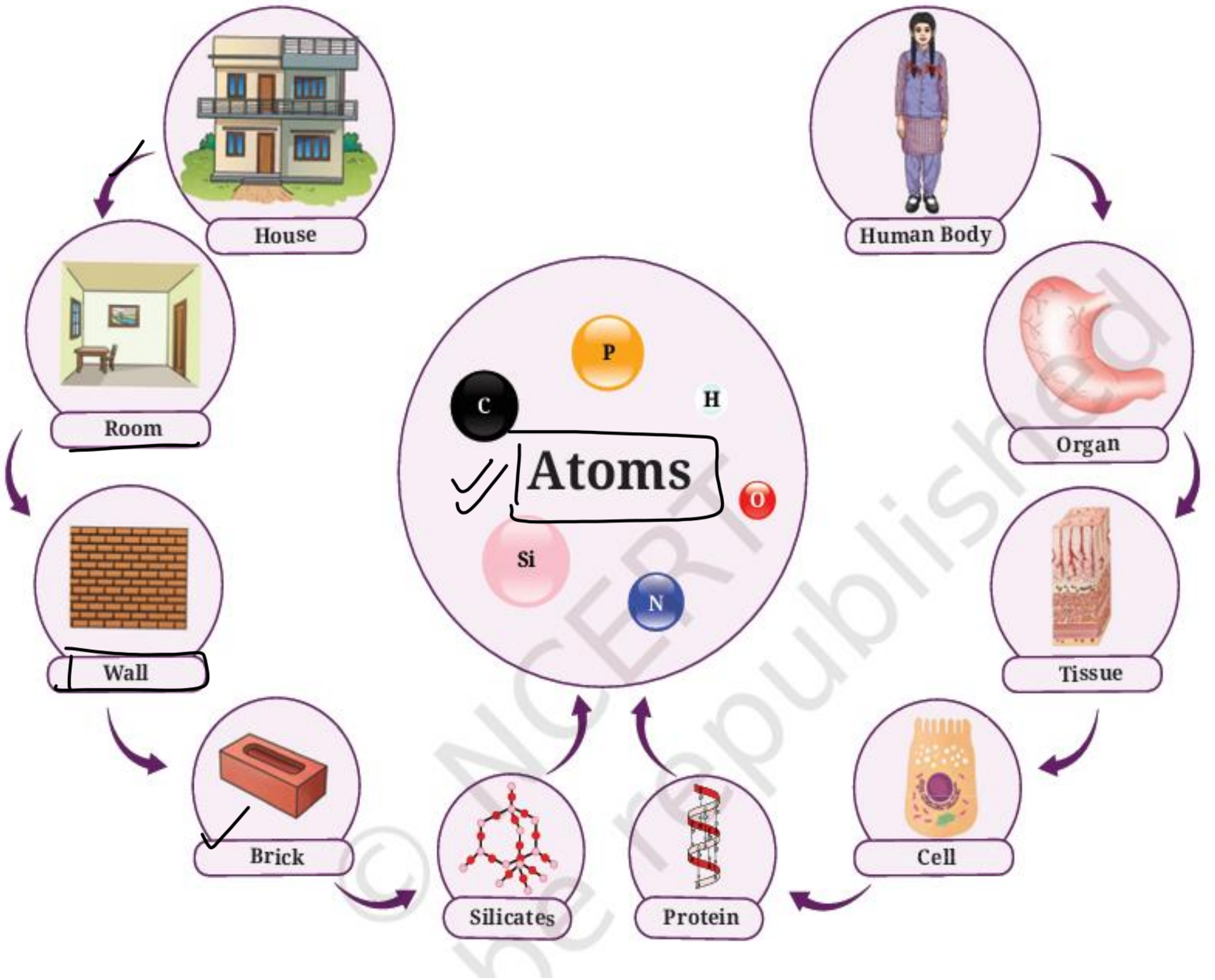


# STRUCTURE OF AN ATOM



Everything that you see or observe, or feel around is matter. You have learnt that matter consists of tiny particles called atoms.

आपके आस-पास जो कुछ भी आप देखते हैं, या महसूस करते हैं, वह पदार्थ है। आपने सीखा है कि पदार्थ छोटे-छोटे कणों से बना होता है जिन्हें परमाणु कहा जाता है।



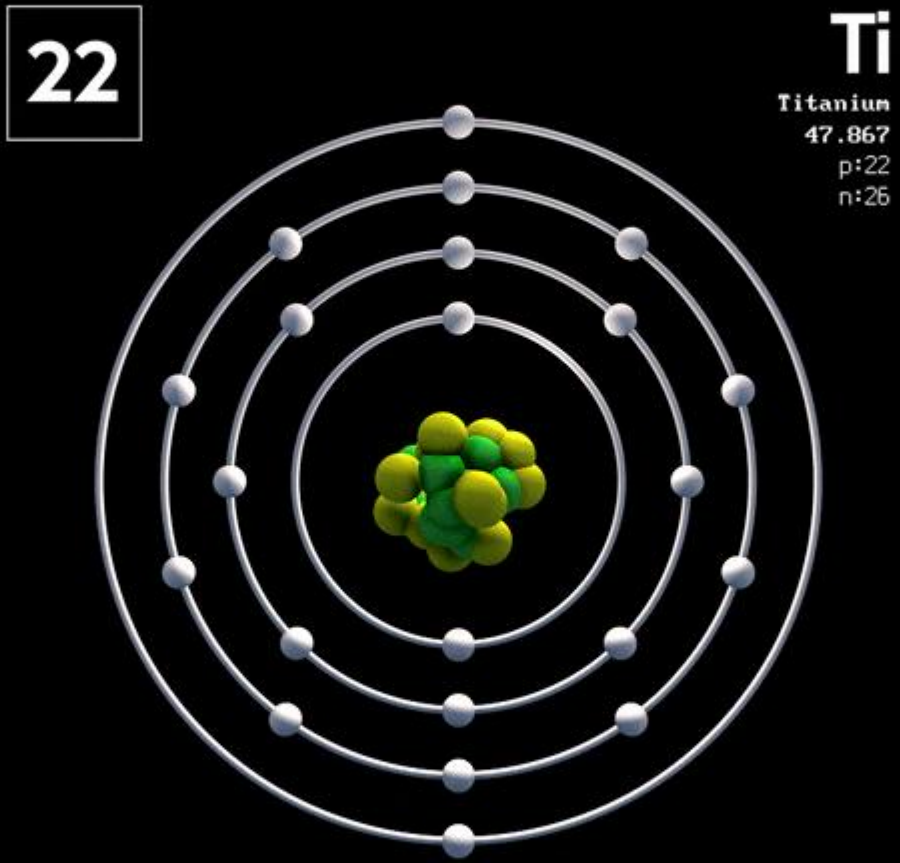
© NCERT not to be republished

Atomic Structure परमाणु संरचना

# ATOM/परमाणु

An atom is the smallest particle of an element that retains its chemical properties.

परमाणु किसी तत्व का सबसे छोटा कण है, जो उस तत्व के रासायनिक गुणों को बनाए रखता है।



H atom परमाणु

H – H

$H_2$ Molecule अणु

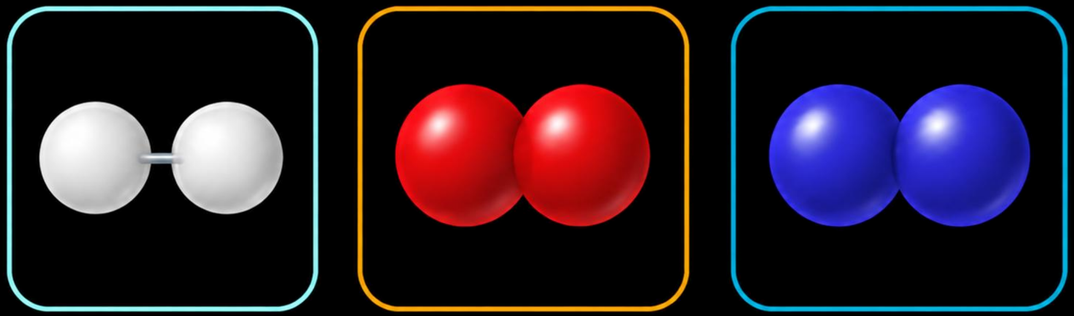
# DO ATOMS EXIST INDEPENDENTLY?

# क्या परमाणु स्वतंत्र रूप से अस्तित्व में होते हैं?

Atoms generally do not exist independently. They combine to form molecules.

परमाणु सामान्यतः स्वतंत्र रूप से अस्तित्व में नहीं होते। वे मिलकर अणु बनाते हैं।

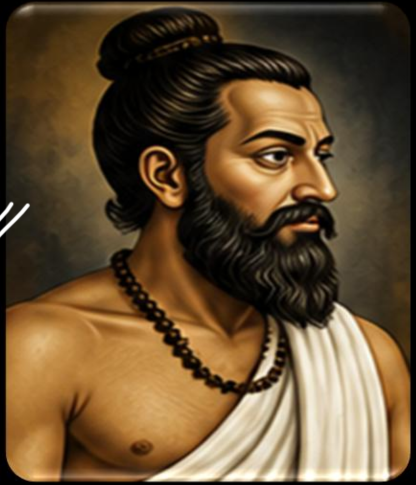
**Examples (उदाहरण):**



| $H_2$ | $O_2$ | $N_2$ |
|---|---|---|
| Hydrogen | Oxygen | Nitrogen |
| हाइड्रोजन | ऑक्सीजन | नाइट्रोजन |

## EARLY IDEAS OF ATOMIC MODELS
## परमाणु मॉडल के प्रारंभिक विचार

# ACHARYA KANADA (आचार्य कणाद)



1.Acharya Kanada said matter (dravya) can be divided repeatedly.
आचार्य कणाद ने कहा कि द्रव्य को बार-बार विभाजित किया जा सकता है।

2.At the smallest level, we reach particles that cannot be divided further.
सबसे छोटे स्तर पर ऐसे कण मिलते हैं जिन्हें और विभाजित नहीं किया जा सकता।

3.He called these particles parmanus.
उन्होंने इन कणों को परमाणु (parmanus) कहा।

4.Parmanu is infinitely small and cannot be seen or felt by the senses.
परमाणु अनंत रूप से सूक्ष्म होते हैं और इन्द्रियों से दिखाई नहीं देते।

5.Combinations of parmanus form dyads (two), triads (three) and so on.
परमाणुओं के संयोजन से द्वयद् (दो), त्र्यद (तीन) आदि बनते हैं।

6.These combinations create the whole material universe, including living beings.
इन्हीं संयोजनों से पूरा भौतिक जगत, जिसमें जीवित प्राणी भी शामिल हैं, बनता है।

7.His description does not specify the proportions of combination.
उन्होंने यह नहीं बताया कि विभिन्न पदार्थों के लिए संयोजन किस अनुपात में होते हैं।

# GREEK PHILOSOPHERS (यूनानी दार्शनिक)

**Leucippus - ल्यूसिप्पस**

**Democritus – डेमोक्रिटस**

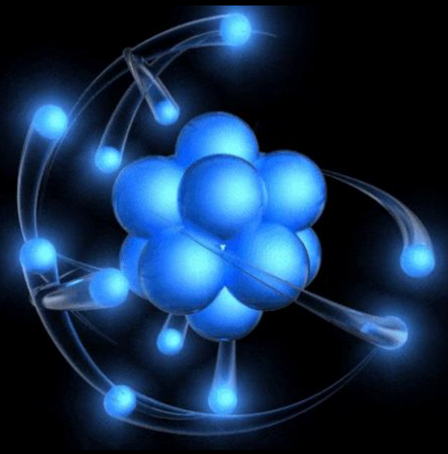
↳ Atomos ⇒ indivisible
अविभाज्य

Leucippus ल्यूसिप्पस    Democritus डेमोक्रिटस

1.Greek philosophers Leucippus and Democritus proposed a similar idea.
यूनानी दार्शनिक ल्यूसिप्पस और डेमोक्रिटस ने ऐसा ही विचार प्रस्तुत किया।

2.They called these indivisible particles atomos.
उन्होंने इन अविभाज्य कणों को 'atomos' कहा।

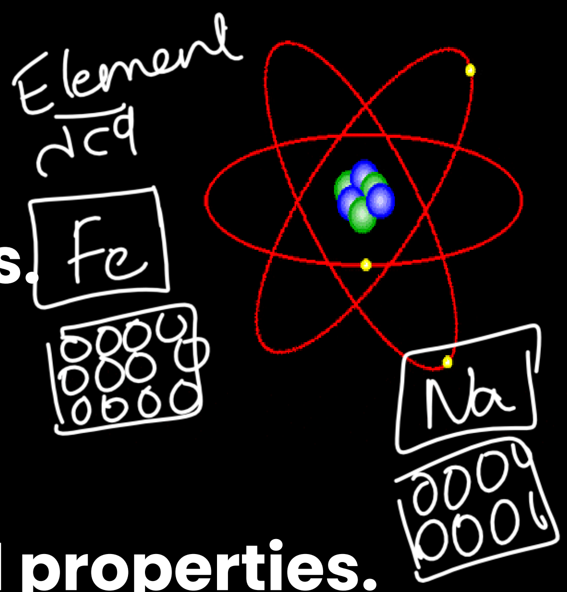
3.'Atomos' in Greek means indivisible.
'Atomos' का अर्थ है - अविभाज्य (जो विभाजित न हो)।



# DALTON'S ATOMIC THEORY
# डाल्टन का परमाणु सिद्धांत

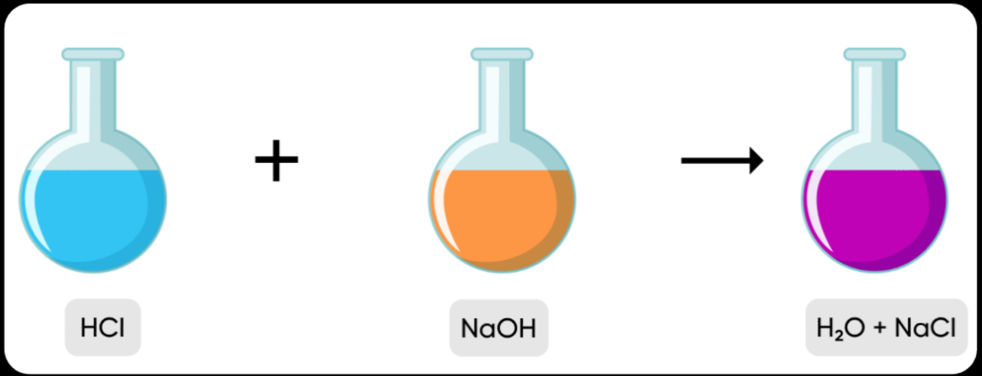
1808

STRUCTURE OF AN ATOM




1. Matter is made up of very small particles called atoms.
पदार्थ बहुत छोटे कणों से बना है जिन्हें परमाणु कहा जाता है।
2. Atoms are indivisible and indestructible.
परमाणु अविभाज्य और अविनाशी होते हैं।
3. Atoms of the same element are identical in mass and properties.
किसी एक ही तत्व के परमाणु द्रव्यमान और गुणों में समान होते हैं।
4. Atoms of different elements have different mass and properties.
भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु द्रव्यमान और गुणों में अलग होते हैं।
5. Atoms combine in simple whole number ratios to form compounds.
परमाणु सरल पूर्णांक अनुपात में मिलकर यौगिक बनाते हैं

# LAWS OF CHEMICAL COMBINATION
# रासायनिक संयोजन के नियम



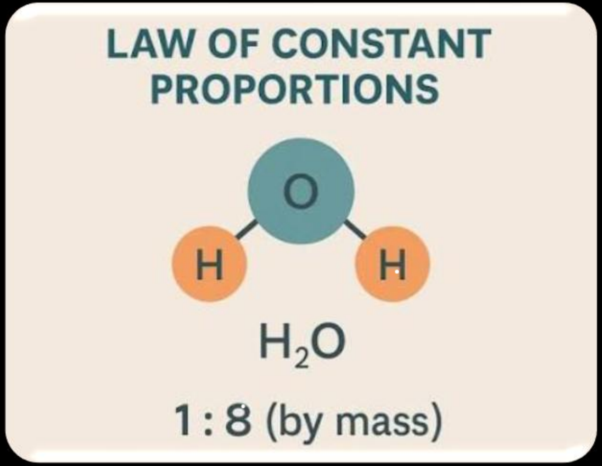

## 1. Law of Conservation of Mass
## द्रव्यमान संरक्षण का नियम

•Mass can neither be created nor destroyed in a chemical reaction.

•रासायनिक अभिक्रिया में न तो द्रव्यमान बनता है और न नष्ट होता है।

$H_2O$
2 : 16

## 2. Law of Constant Proportions
## स्थिर अनुपात का नियम




•A compound always contains the same elements in a fixed proportion by mass.

•किसी यौगिक में तत्व सदैव निश्चित द्रव्यमान अनुपात में होते हैं।

- In 1808 - Based on law of chemical combination.
  1808 में - यह रासायनिक संयोजन के नियम पर आधारित है।
- All matter (element, compound, mixture) is made of atoms.
  सभी पदार्थ (तत्व, यौगिक, मिश्रण) परमाणुओं से बने होते हैं।
- Atoms are indivisible particles (cannot be created or destroyed)
  परमाणु अविभाज्य कण हैं (बनाया या नष्ट नहीं किया जा सकता)

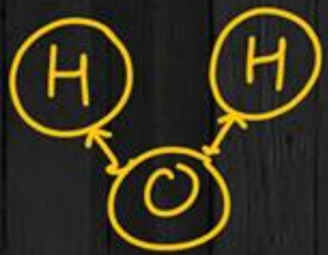
**Question** - Are atoms really indivisible or they are smaller constituent particles?
प्रश्न - क्या परमाणु वास्तव में अविभाज्य हैं या वे छोटे घटक कण हैं?

**Answer** - They are smaller constituent particles.
उत्तर - ये छोटे घटक कण होते हैं।

**Explanation:**
Dalton's theory stated that atoms are indivisible, but modern science has proved that atoms are divisible into electrons, protons and neutrons.

$1 \times 2 + 16$

$2 + 16 \Rightarrow 18g$




$\rightarrow H_2O$ compound यौगिक

2 : 16
1 : 8

2 : 16
1 : 8

Molecule अणु

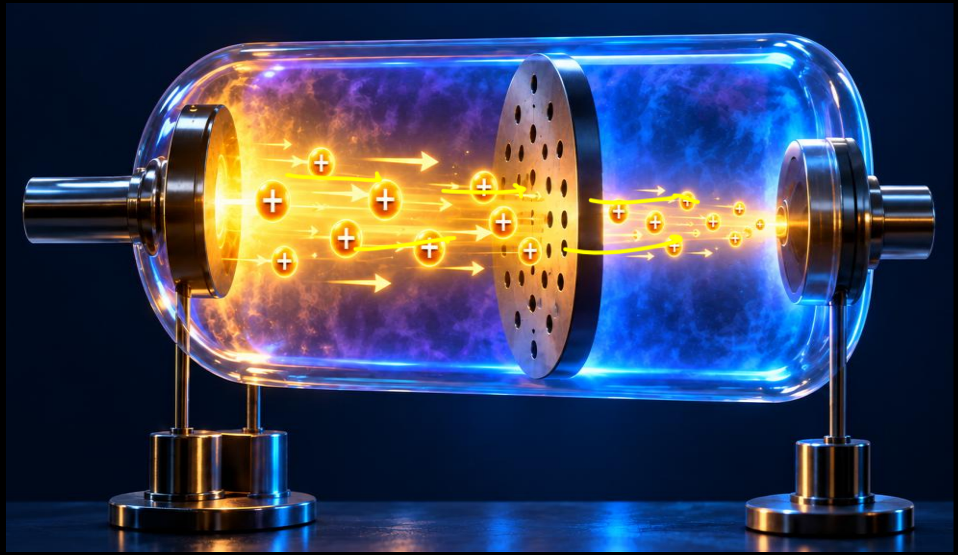
$H \leftrightarrow Cl \rightarrow HCl$ compound यौगिक

# DISCOVERY OF RADIOACTIVITY
# रेडियोधर्मिता की खोज

1. Until the late 19th century, atoms were considered the smallest, indivisible units of matter.
19वीं सदी के अंत तक परमाणुओं को पदार्थ की सबसे छोटी, अविभाज्य इकाई माना जाता था।
2. Scientists discovered that certain elements emit invisible energy and particles called radiation, known as radioactivity.
वैज्ञानिकों ने पाया कि कुछ तत्व अदृश्य ऊर्जा और कण (विकिरण) उत्सर्जित करते हैं, जिसे रेडियोधर्मिता कहते हैं।
3. This proved that atoms are made up of smaller particles and are not indivisible.
इससे सिद्ध हुआ कि परमाणु छोटे कणों से बने हैं और वे अविभाज्य नहीं हैं।

## canal rays ( positive rays) ( anode rays )

E. Goldstein in 1886 - discovered canal rays (positive rays) (anode rays) these are new radiations in a gas discharge. Also called as positively charged radiations.



ई. गोल्डस्टीन ने 1886 में - कनाल किरणों (सकारात्मक किरणों) (एनोड किरणों) की खोज की, ये गैस डिस्चार्ज में नए विकिरण हैं। इसे धनावेशित विकिरण भी कहते हैं।

## 1. J.J. Thomson Experiment (1897) / जे. जे. थॉमसन प्रयोग (1897)

He studied electric current through gases at very low pressure in a Crookes tube. Rays from cathode (-) to anode (+) were seen, called cathode rays.

बहुत कम दाब पर क्रुक्स नली में गैसों में विद्युत धारा का अध्ययन किया। कैथोड से एनोड की ओर किरणें देखीं, जिन्हें कैथोड किरणें कहा।

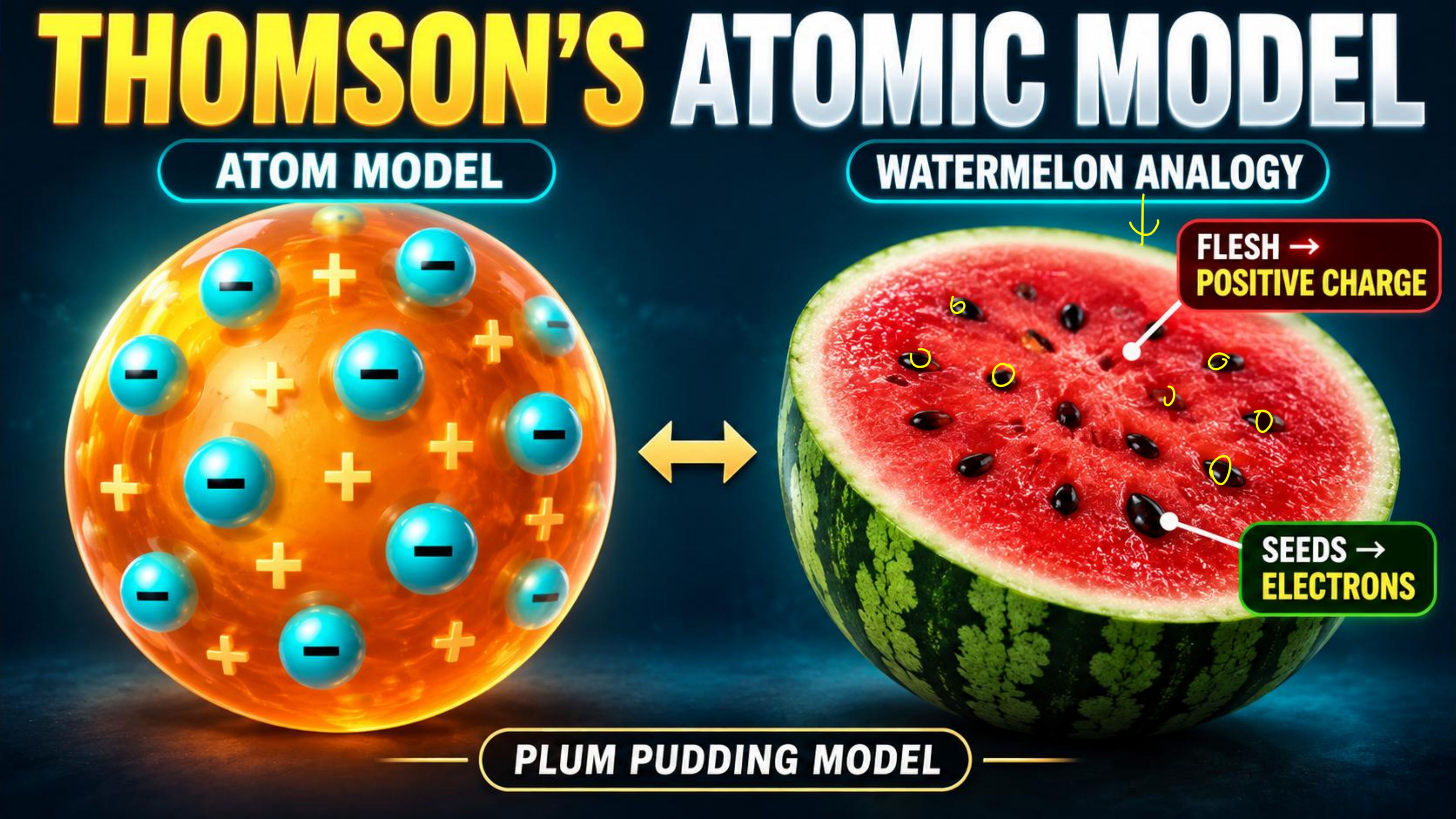
## 2. Discovery of Electron / इलेक्ट्रॉन की खोज

Cathode rays are streams of negatively charged particles with much smaller mass than atoms, called electrons.

कैथोड किरणें परमाणु से बहुत कम द्रव्यमान वाले ऋणावेशित कणों की धारा हैं, जिन्हें इलेक्ट्रॉन कहा गया।

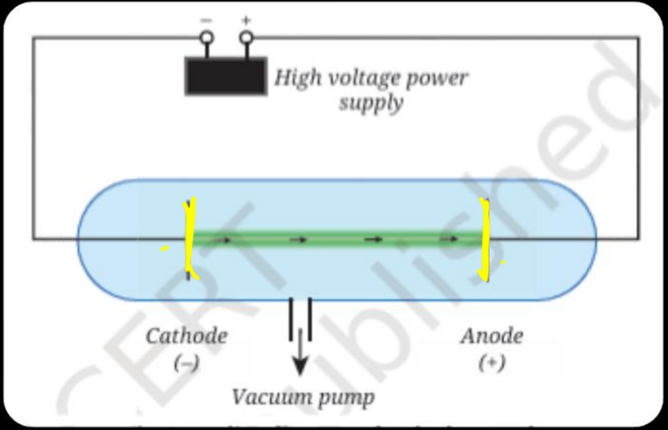
### Meet a Scientist

J. J. Thomson's most significant discovery was that of the electron, the first subatomic particle to be identified and a part of every atom. He received the Nobel Prize in Physics in 1906 for his studies of the electrical conductivity of gases. This research led him to discover electrons. As the head of the famous Cavendish Laboratory in Cambridge, he guided and inspired many scientists, including Ernest Rutherford.


THOMSON'S ATOMIC MODEL
ATOM MODEL
WATERMELON ANALOGY
FLESH → POSITIVE CHARGE
SEEDS → ELECTRONS
PLUM PUDDING MODEL

## 3. Key Properties / मुख्य गुण

•Nature of cathode rays is independent of cathode material and gas.
कैथोड किरणों की प्रकृति कैथोड के पदार्थ और गैस पर निर्भर नहीं करती।




•Electrons are fundamental part of all atoms, present in every element.
इलेक्ट्रॉन सभी परमाणुओं के मौलिक घटक हैं, हर तत्व में मौजूद हैं।

•Charge of electron = $-1.602 \times 10^{-19}$ C (taken as -1).
इलेक्ट्रॉन का आवेश = $-1.602 \times 10^{-19}$ C (-1 माना जाता है)।

## 4. Thomson's Model of Atom / थॉमसन का परमाणु मॉडल

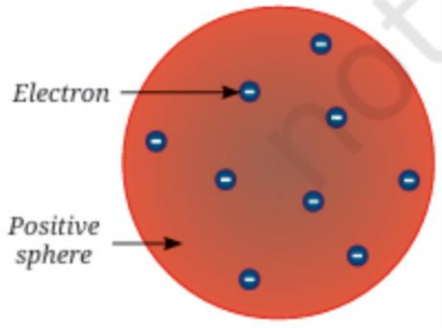


Fig. 8.2: Thomson's model of an atom

Atom is a sphere of positive charge with electrons embedded throughout. Called plum pudding model or watermelon model.
परमाणु धनावेश का गोला है जिसमें इलेक्ट्रॉन बिखरे होते हैं। इसे प्लम पुडिंग मॉडल या तरबूज मॉडल कहते हैं।

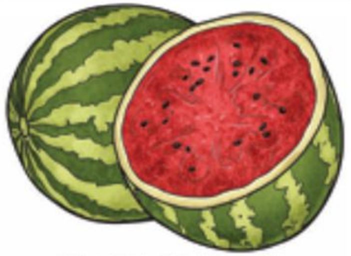


Fig. 8.3: Watermelon

# Constituents of Atom (Sub-atomic Particles)
# परमाणु के घटक (उप-परमाणु कण)

### 1. Electron / इलेक्ट्रॉन

Discovered by J. J. Thomson in 1897 by cathode ray experiment.

खोज - जे. जे. थॉमसन द्वारा 1897 में कैथोड किरण प्रयोग से।

### 2. Proton / प्रोटॉन

Discovered by Eugen Goldstein in 1886 by canal ray experiment (anode rays).

खोज - यूजेन गोल्डस्टीन द्वारा 1886 में कनाल किरण प्रयोग (एनोड किरण) से।

### 3. Neutron / न्यूट्रॉन

Discovered by James Chadwick in 1932 by bombarding alpha particles on a thin beryllium sheet.

खोज - जेम्स चैडविक द्वारा 1932 में पतली बेरिलियम शीट पर अल्फा कणों की बौछार से।

**$p^+$ PROTON $p^+$**

| | |
|---|---|
| Charge (C) | $+1.602 \times 10^{-19}$ |
| Mass (kg) | $1.67 \times 10^{-27}$ |

**$n^0$ NEUTRON $n^0$**

| | |
|---|---|
| Charge (C) | 0 |
| Mass (kg) | $1.67 \times 10^{-27}$ |

**$e^-$ ELECTRON $e^-$**

| | |
|---|---|
| Charge (C) | $-1.602 \times 10^{-19}$ |
| Mass (kg) | $9.11 \times 10^{-31}$ |

# Testing Thomson's model: The gold foil experiment

1. 1911, Geiger & Marsden under Rutherford
1911, रदरफोर्ड के अधीन गीगर और मार्सडेन ने किया
2. Alpha (α) beam on thin gold foil
पतली स्वर्ण पत्र पर अल्फा किरण
3. Expected: straight pass
अपेक्षा: सीधे निकलेंगे
4. Result: most undeflected, some deflected, few bounced back
परिणाम: अधिकांश सीधे, कुछ मुड़े, कुछ वापस
5. Called α-scattering experiment
α-प्रकीर्णन प्रयोग भी कहते हैं
6. Thomson model failed
थॉमसन मॉडल असफल

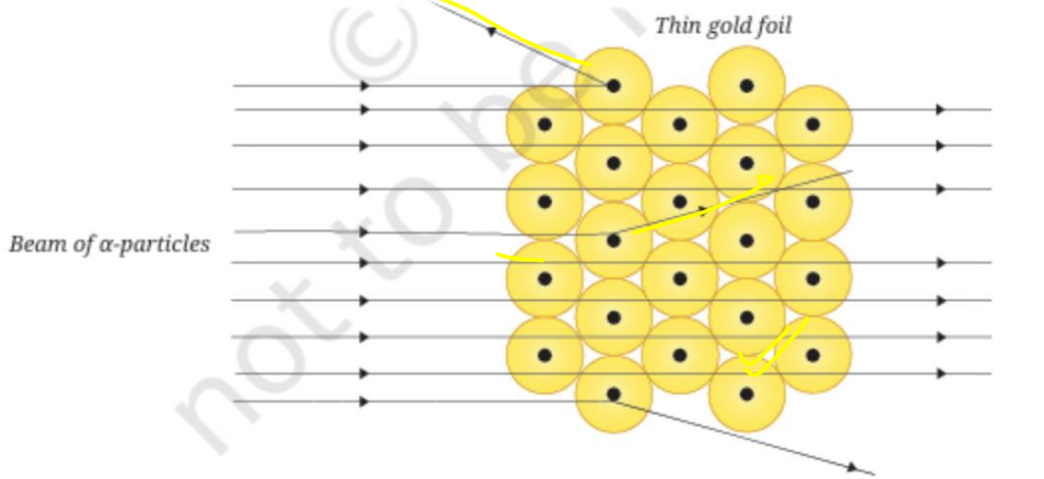
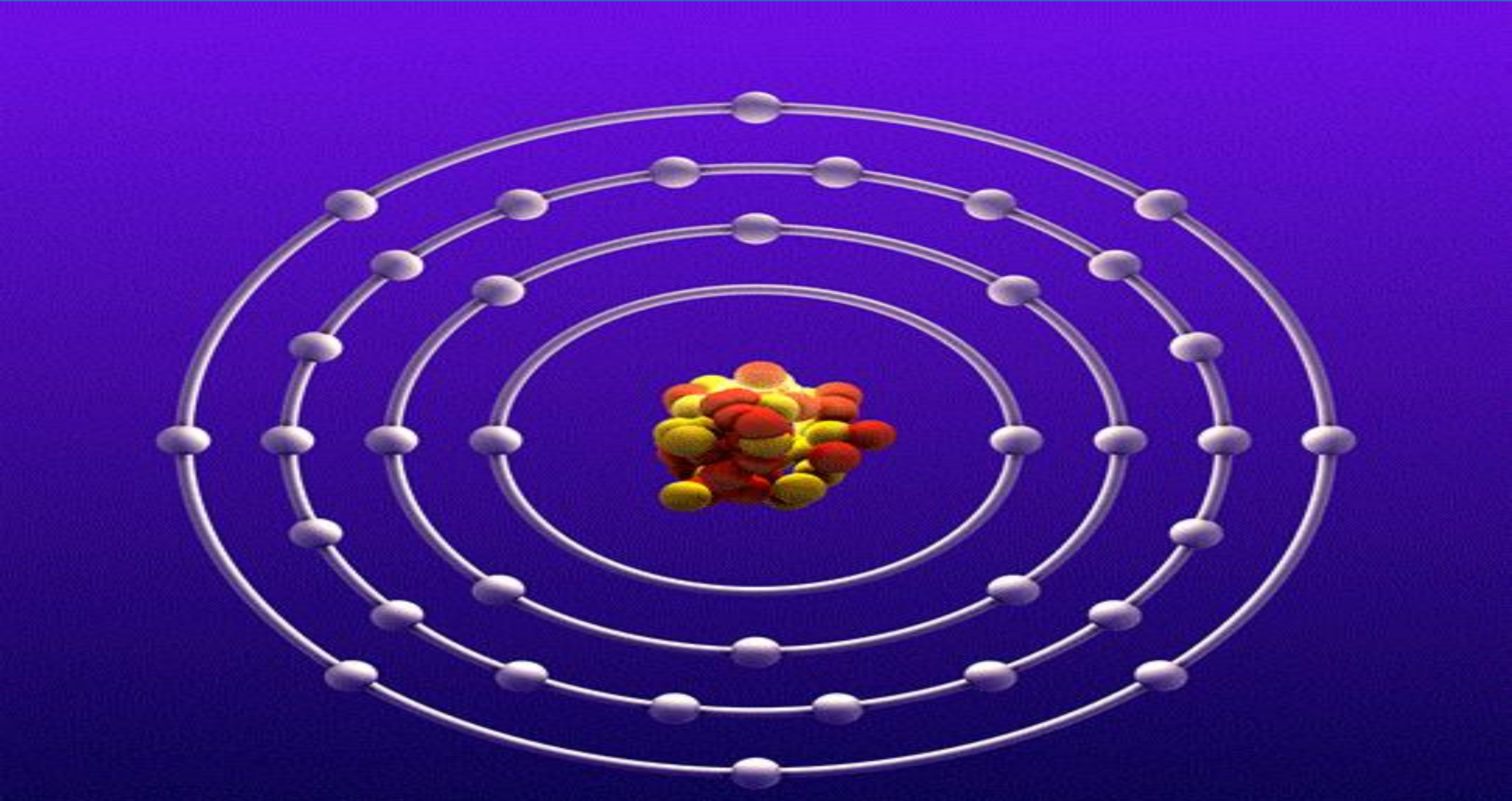
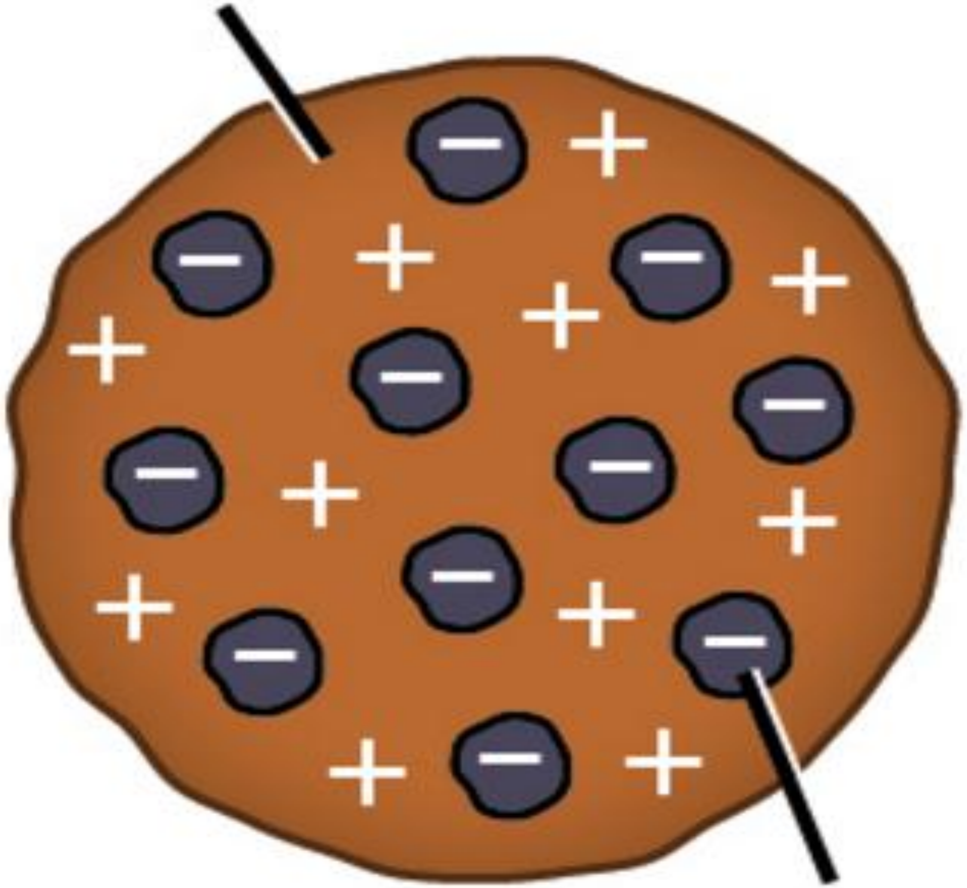



Fig. 8.4: Schematic view of the gold foil experiment

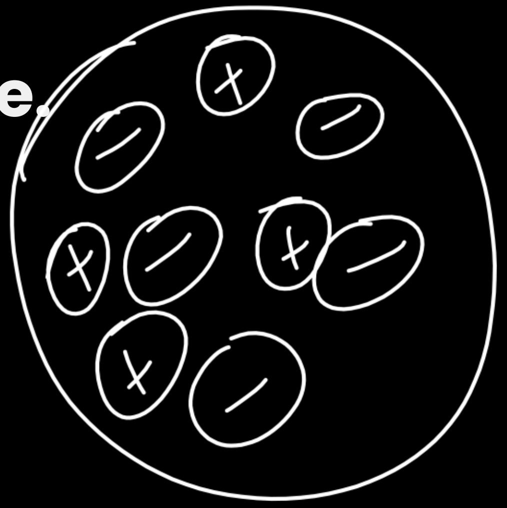
Thomson's model failed to explain the results of the gold foil experiment, particularly the deflection of some α-particles through large angles and that most of the α-particles passed undeflected.




Positively charged matter
Electron

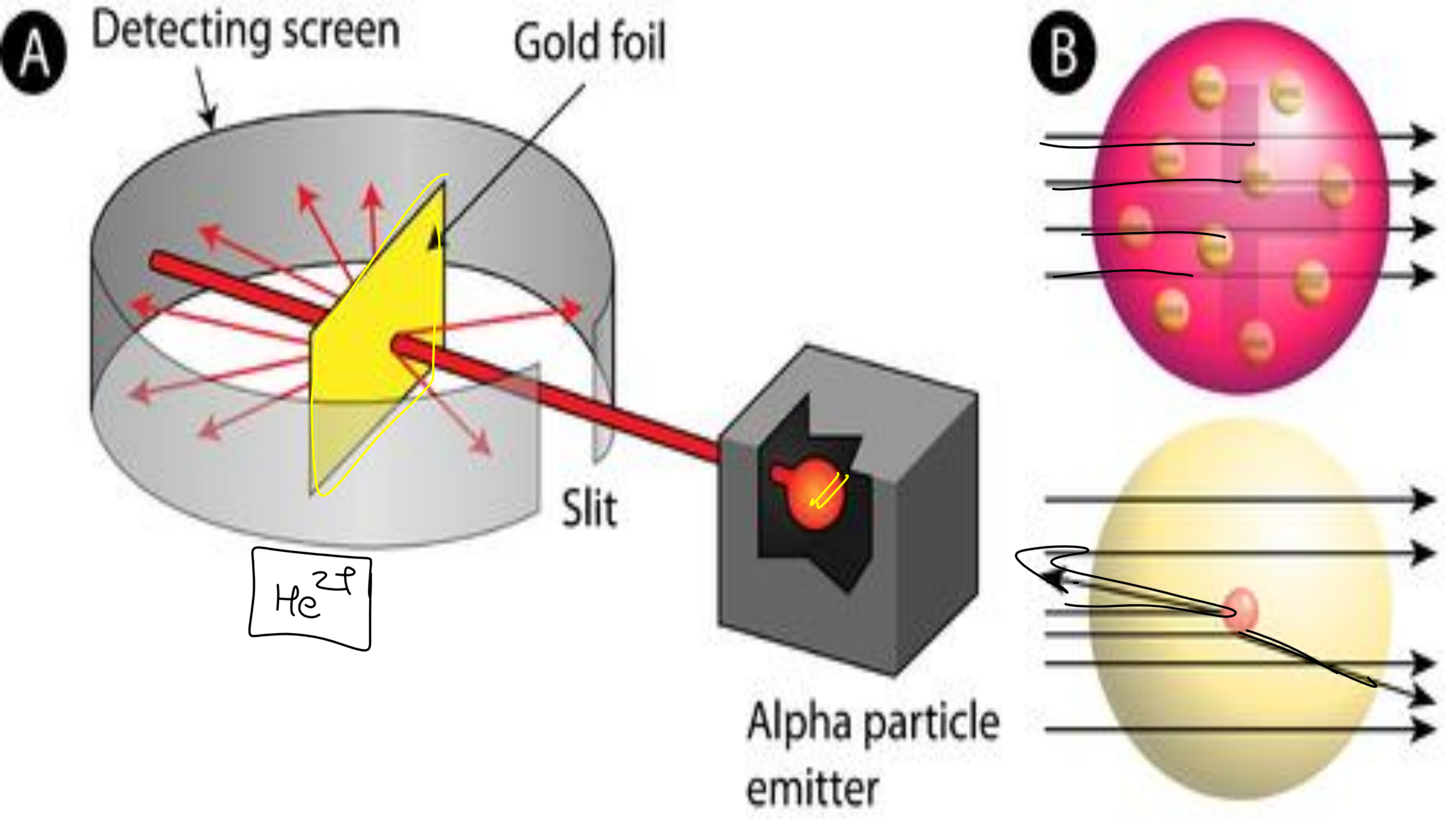
# THOMSON MODEL / थॉमसन मॉडल

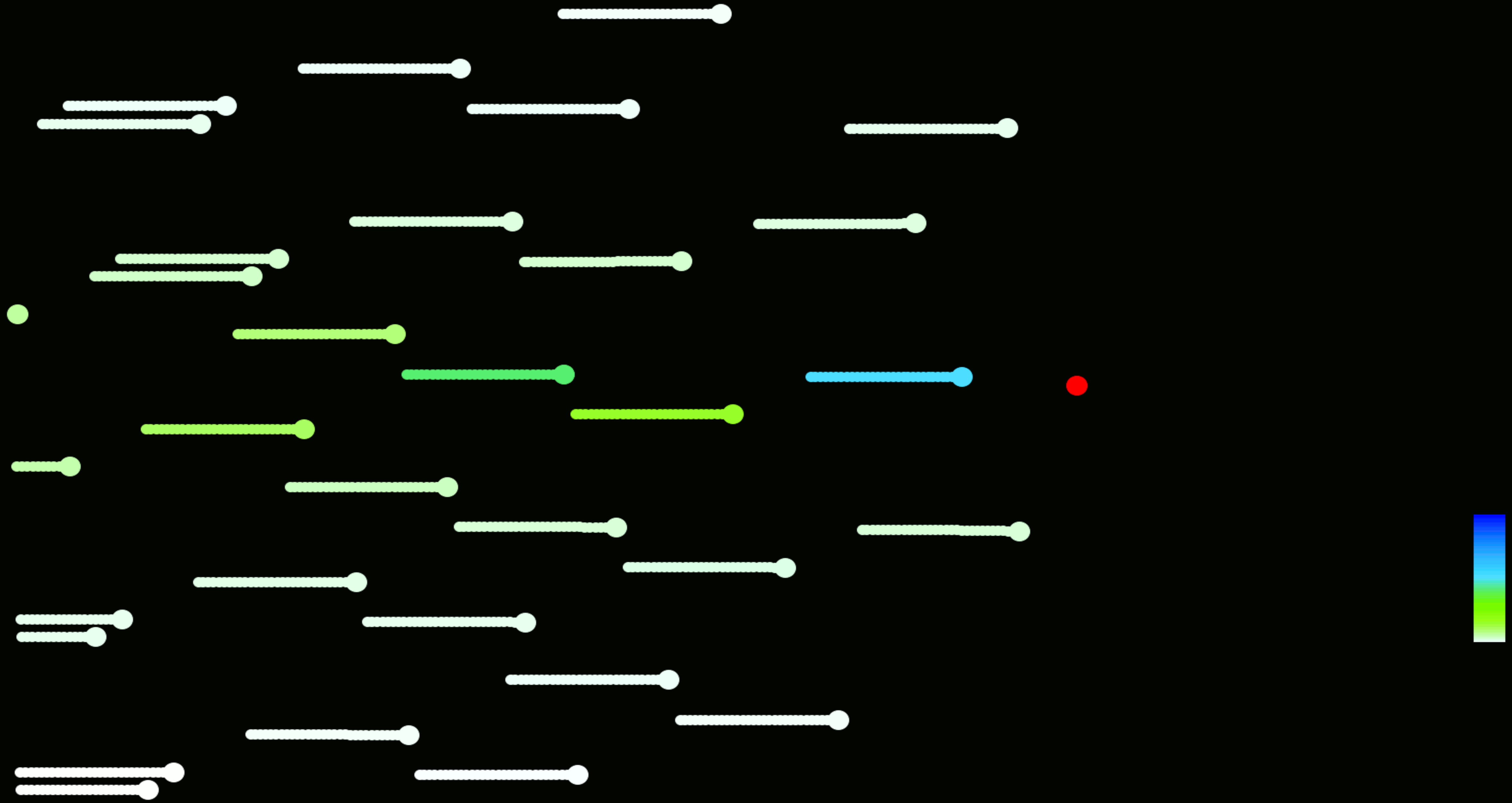
An atom consists of a positively charged sphere and electrons are embedded in it.
एक परमाणु धनावेशित गोले से बना होता है और इलेक्ट्रॉन उसमें अंतःस्थापित होते हैं।
The negative and positive charges are equal in magnitude.
ऋणात्मक और धनात्मक आवेश परिमाण में बराबर होते हैं।
So, atom is electrically neutral.
इसलिए परमाणु विद्युत रूप से उदासीन है।



## DRAWBACK / कमी

This model cannot explain the results of other scientists' experiments.
यह मॉडल अन्य वैज्ञानिक प्रयोगों के परिणामों की व्याख्या नहीं कर सका।


A
Detecting screen
Gold foil
Slit
Alpha particle emitter
B
He2+



# RUTHERFORD MODEL / रदरफोर्ड मॉडल

By Ernest Rutherford and his students Geiger and Marsden in 1911 / अर्नेस्ट रदरफोर्ड और उनके छात्रों गीगर और मार्सडिन द्वारा 1911 में

Fast moving alpha particles were bombarded on a thin gold foil (100 nm).
तेज गति वाले अल्फा कणों की पतली सोने की पन्नी (100 nm) पर बौछार की गई।

$He^{2+}$

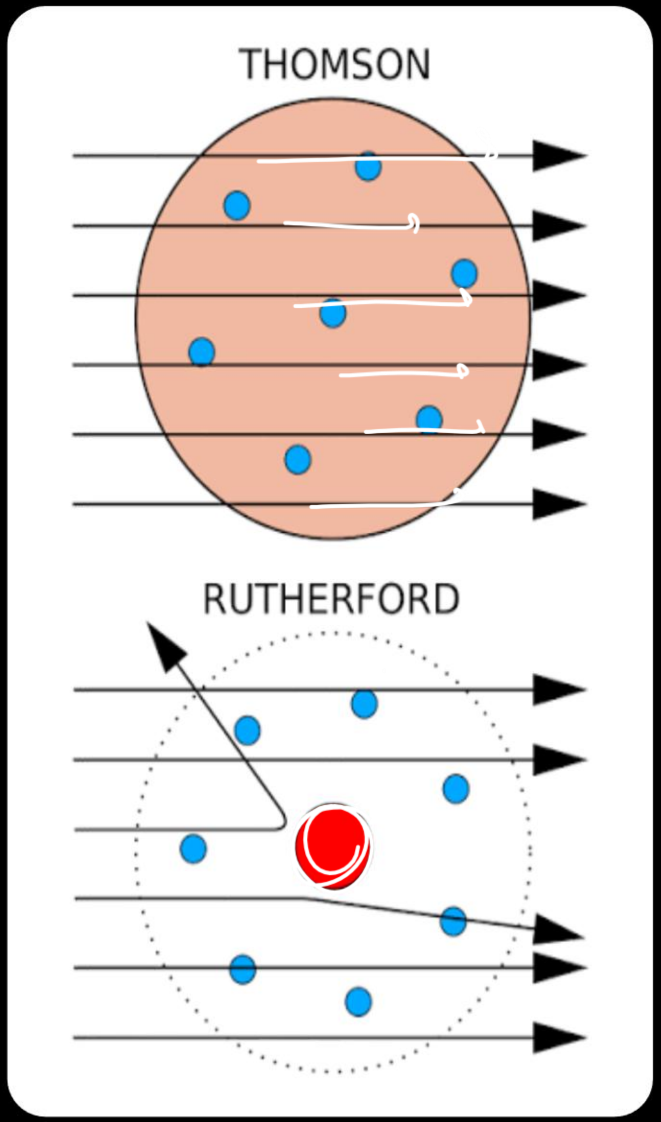
Alpha particles are doubly charged helium ions. Mass = 4u, with considerable energy.
अल्फा कण दोगुने आवेशित हीलियम आयन होते हैं। द्रव्यमान = 4u, काफी ऊर्जा होती है।

**Meet a Scientist**

Born in New Zealand, **Ernest Rutherford** moved to Cambridge to work with J. J. Thomson and later became known as the Father of Nuclear Physics. He discovered the atomic nucleus and explained how some elements naturally break down, for which he won the 1908 Nobel Prize in Chemistry. In 1911, he proposed the nuclear model of the atom. His portrait now appears on New Zealand's $100 banknote.

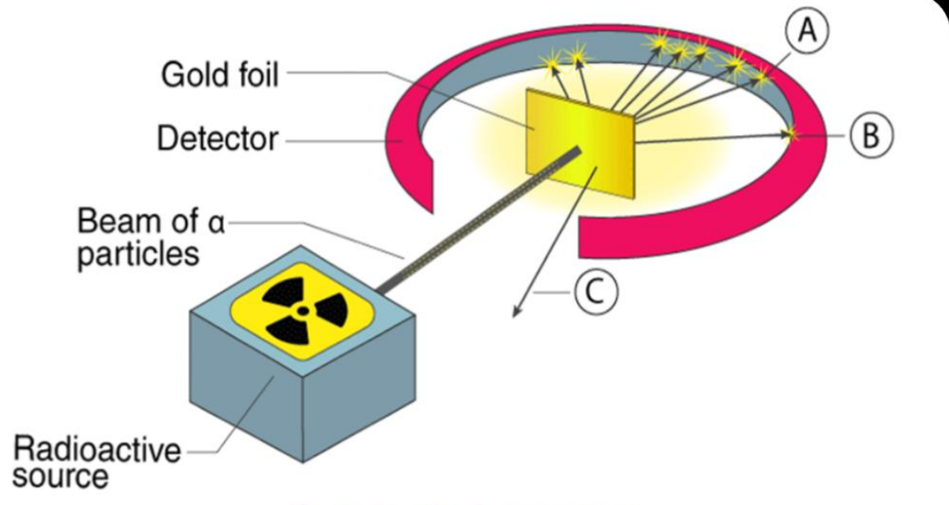
# Main Points / मुख्य बिंदु

1. There is a positively charged centre in an atom called nucleus.
परमाणु के केंद्र में धनावेशित भाग होता है जिसे नाभिक कहते हैं।
2. Nearly all the mass of an atom resides in the nucleus.
परमाणु का लगभग सारा द्रव्यमान नाभिक में रहता है।
3. Electrons revolve around the nucleus in circular paths at very high speed. These paths are called orbits.
इलेक्ट्रान नाभिक के चारों ओर बहुत तेज गति से वृत्ताकार पथों में घूमते हैं। इन पथों को कक्षा कहते हैं।
4. Size of nucleus is very small as compared to size of atom. परमाणु के आकार की तुलना में नाभिक का आकार बहुत छोटा होता है।
5. Most of the atom is empty space.
अधिकांश परमाणु खाली स्थान होता है।



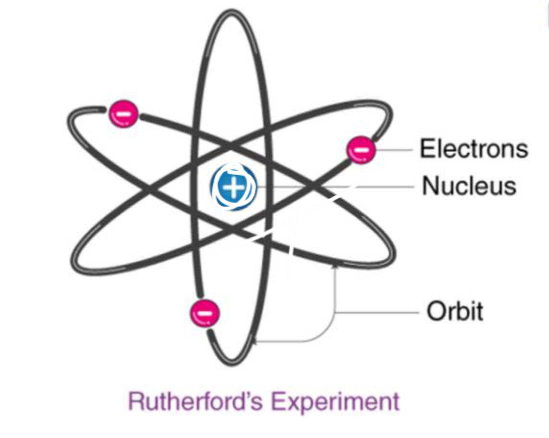
# FINDINGS OF RUTHERFORD EXPERIMENT
# रदरफोर्ड प्रयोग के निष्कर्ष

1. Most of the fast moving alpha particles pass straight through gold foil.
अधिकांश तेज गति वाले अल्फा कण सीधे सोने की पन्नी से निकल जाते हैं।
2. Some of them were deflected through some angles.
उनमें से कुछ कुछ कोणों पर विक्षेपित हो गए।
3. One out of every 12000 particles rebound.
प्रत्येक 12000 में से 1 कण वापस लौट गया।



Rutherford's Experiment

# Conclusion from Findings
# निष्कर्षों से परिणाम




1. Most of the space is empty - because most alpha particles passed straight.
अधिकांश स्थान खाली है - क्योंकि अधिकांश अल्फा कण सीधे निकल गए।
2. Positive charge occupies very little space - as some were deflected.
धनात्मक आवेश बहुत कम स्थान घेरता है - क्योंकि कुछ विक्षेपित हुए।
3. All positive charge and mass concentrated in very small volume within atom - as 1 in 12000 rebounded.
सभी धनात्मक आवेश और द्रव्यमान परमाणु के अंदर बहुत छोटे आयतन में केंद्रित है - क्योंकि 12000 में से 1 वापस लौटा।

# Planetary Model / ग्रहीय मॉडल

The electrons revolve around the nucleus, somewhat like planets orbiting the Sun. Hence, this model is called the planetary model of the atom.
इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर घूमते हैं, कुछ-कुछ सूर्य के चारों ओर घूमते ग्रहों की तरह। इसलिए इस मॉडल को परमाणु का ग्रहीय मॉडल कहा जाता है।

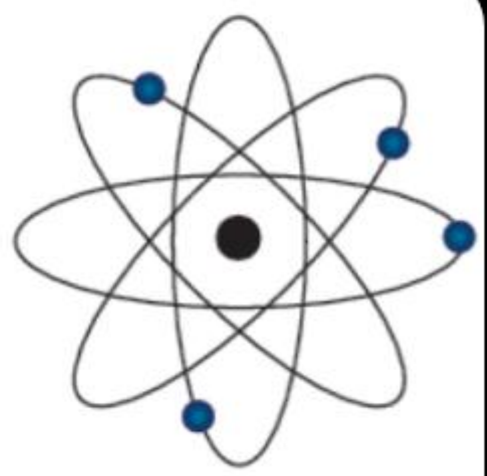
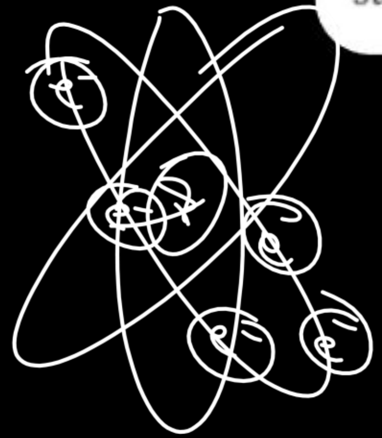


*Fig. 8.5: Planetary model suggested by Rutherford*



Rutherford

# DRAWBACKS OF RUTHERFORD'S MODEL
# रदरफोर्ड मॉडल की कमियाँ

As per Rutherford's model, electrons revolve around the nucleus in a circular path.
रदरफोर्ड मॉडल के अनुसार इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर वृत्ताकार पथ में घूमते हैं।
But particles in circular motion undergo acceleration, and acceleration causes radiation of energy by charged particles.
लेकिन वृत्ताकार गति में कणों में त्वरण होता है, और त्वरण से आवेशित कण ऊर्जा का विकिरण करते हैं।
Eventually electrons should lose energy and fall into the nucleus, which points to instability of atom. But atoms are stable.
आखिरकार इलेक्ट्रॉनों को ऊर्जा खोकर नाभिक में गिर जाना चाहिए, जिससे परमाणु अस्थिर होगा। परन्तु परमाणु स्थिर होते हैं।
Hence Rutherford failed to explain stability of atom.
इसलिए रदरफोर्ड परमाणु की स्थिरता की व्याख्या करने में विफल रहे।

# Atomic Structure

Atom परमाणु

↳ Molecule अणु

1. Acharya Kannada → परमाणु (Parmanu)
2. Leucippus + Democritus → Atomos → indivisible अविभाज्य
3. Radioactivity
4. J.J. Thomsan → $e^-$
5. Rutherford → α-particle scattering