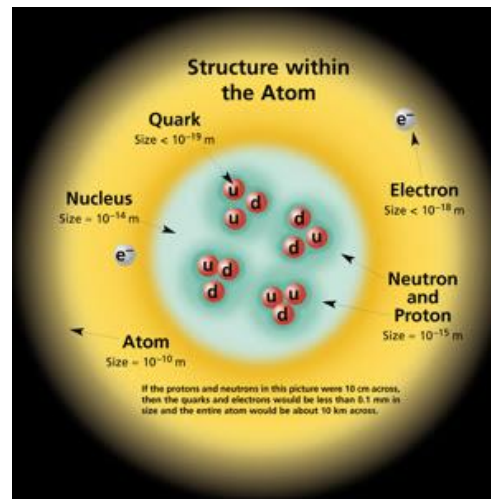


Hierarki Struktur Materi: Dari Atom hingga Quark, Lepton, dan Boson



INTI ATOM DAN RADIOAKTIVITAS

Dosen Pengampu: Hervin Maulina, S.Pd., M.Sc.

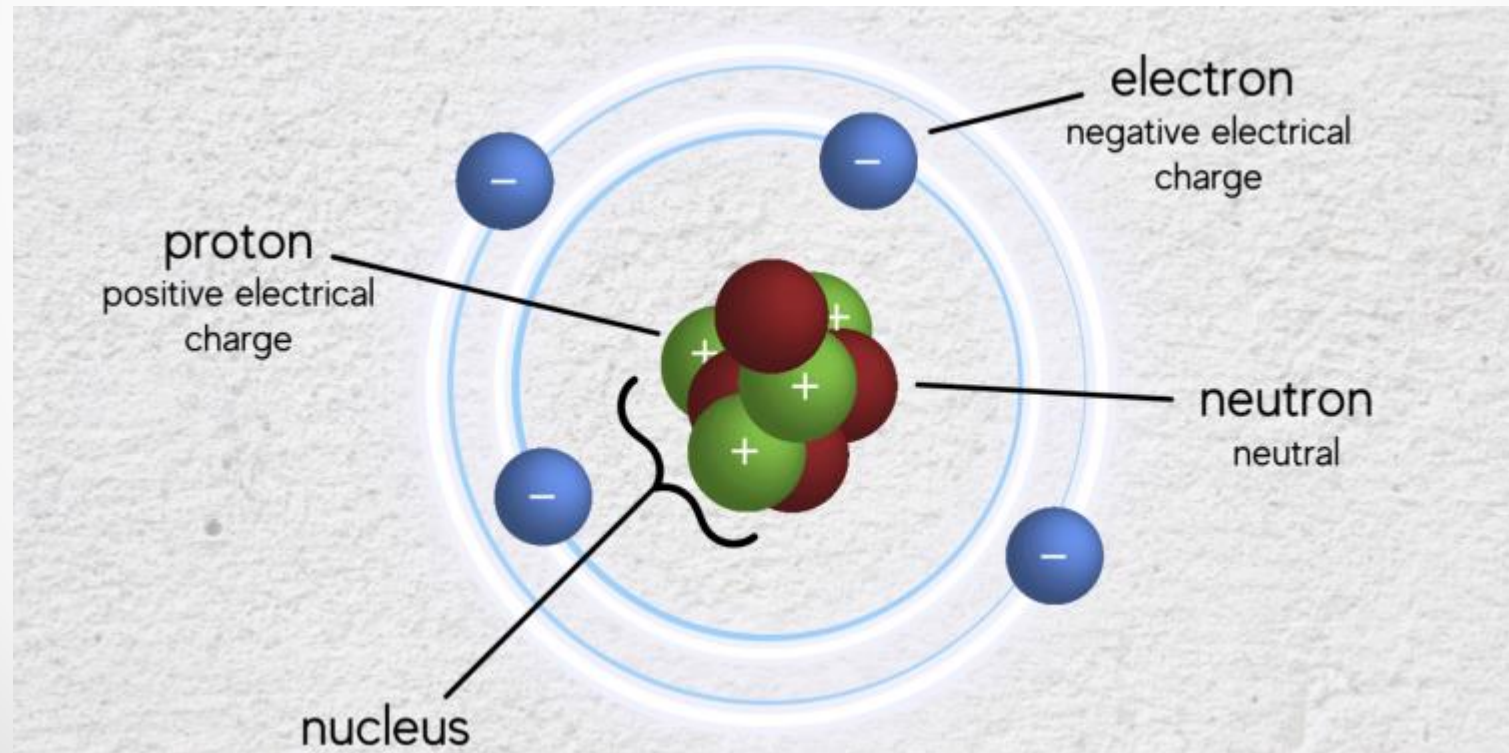
Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Unila

Tujuan Pembelajaran

1. Memahami hierarki struktur materi dalam fisika modern
2. Menjelaskan hubungan atom, nukleon, quark, lepton, dan boson
3. Memahami peran masing-masing partikel dalam Model Standar

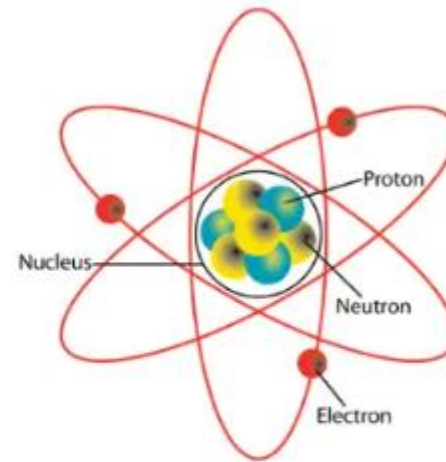
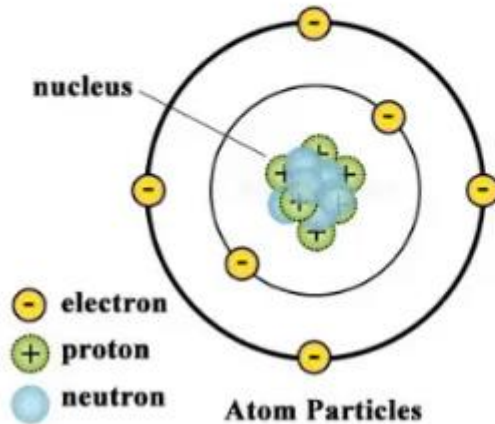
Konsep Awal Struktur Materi

- Materi tersusun dari atom (model modern)
- Atom terdiri dari inti atom dan elektron
- Inti atom terdiri dari proton dan neutron



Atom

What is an Atom?

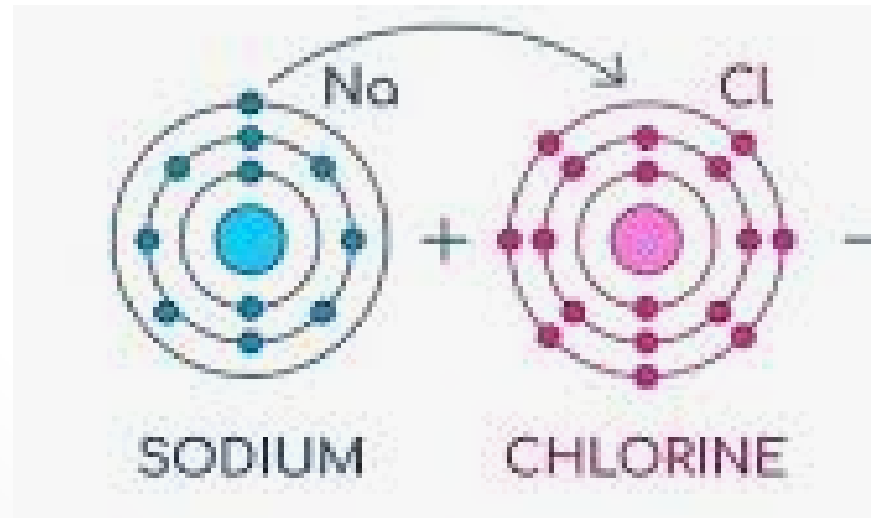


Electrical 4 U

- Unit dasar materi kimia
- Terdiri dari inti (proton + neutron) dan elektron
- Sebagian besar massa atom berada pada inti

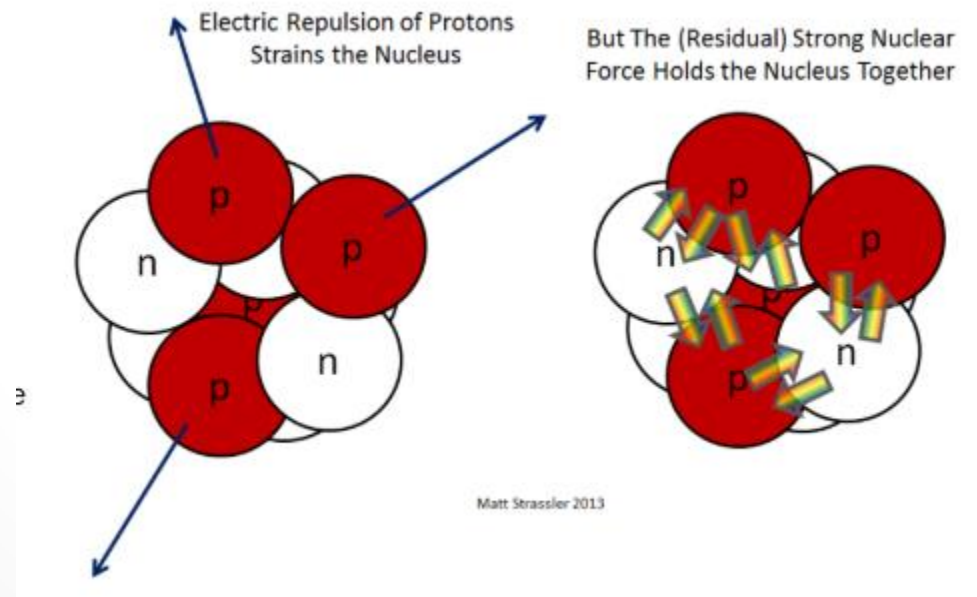
Elektron: Lepton dalam Atom

- Elektron termasuk kelompok lepton
- Tidak tersusun dari quark (partikel fundamental) dan tidak mengalami gaya inti kuat.
- Mengorbit inti dan menentukan sifat kimia atom, pembentukan molekul, ukuran atom, dan fenomena listrik dan magnet



Inti Atom (Nukleus)

- • Pusat atom yang bermuatan positif
- • Tersusun dari proton dan neutron
- • Diikat oleh gaya nuklir kuat



Proton

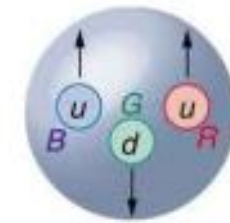
- Baryon (partikel tersusun atas 3 quark) dengan komposisi : dua quark up (u) dan satu quark down (d) ➔

Muatan quark:

- Up (u) = $+\frac{2}{3} e$
- Down (d) = $-\frac{1}{3} e$

Hitungan untuk proton (uud):

$$Q_p = \frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3}$$
$$Q_p = \frac{4}{3} - \frac{1}{3} = \frac{3}{3} = +1$$



Proton

Spin $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$

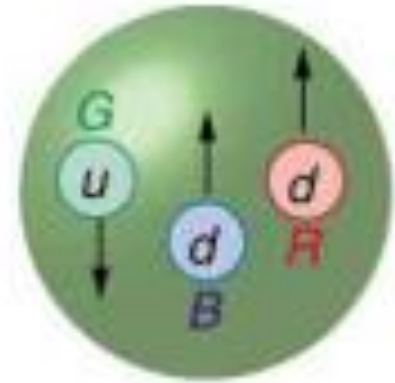
Charge $+\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = 1$

“warna” dalam fisika partikel = *color charge* di teori QCD (Quantum Chromodynamics).

- Muatan listrik +1
- Mengalami interaksi kuat, elektromagnetik, dan lemah

Neutron

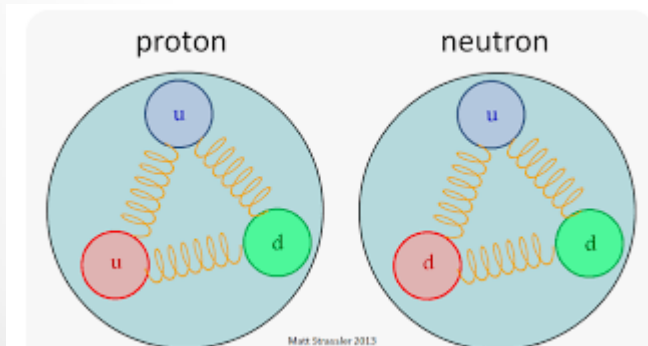
- Baryon dengan komposisi quark: udd
- Muatan netral
- Tidak stabil jika bebas (meluruh menjadi proton)



Neutron

$$-\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

$$+\frac{2}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} = 0$$

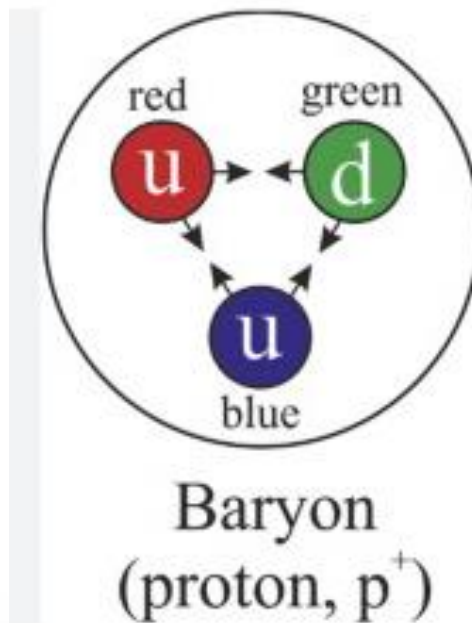


Hadron

- Partikel yang tersusun dari quark dan terikat oleh gaya kuat yang dimediasi oleh gluon.
- terdiri dari baryon (3 quark) dan meson (quark-antiquark)
- Mengalami interaksi kuat (strong interaction)
- Kelas utama Hadron : Baryon (3 quark) dan Meson (quark+anti quark)

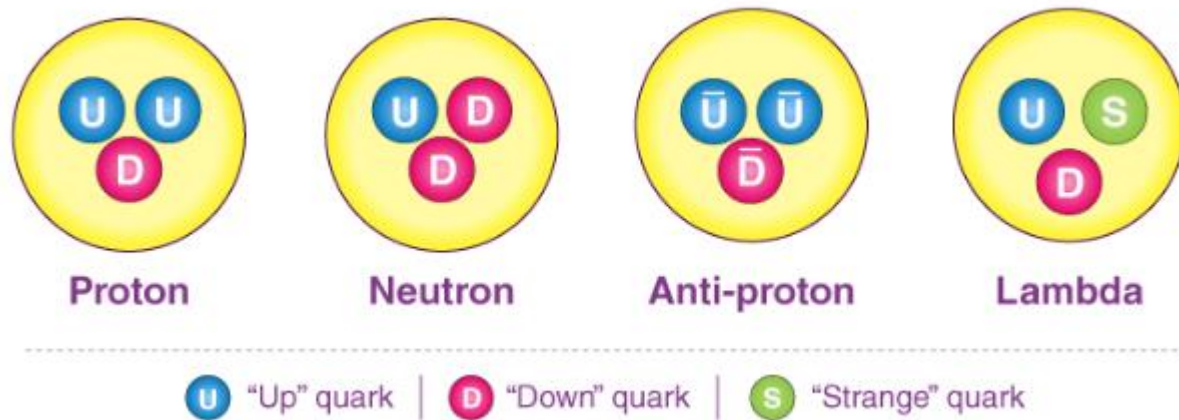
Baryon

- Hadron dengan 3 quark *up, down, dan strange*
- Contoh: proton (uud), neutron (udd), lambda (uds)
- Termasuk fermion (spin 1/2 atau 3/2)



Meson

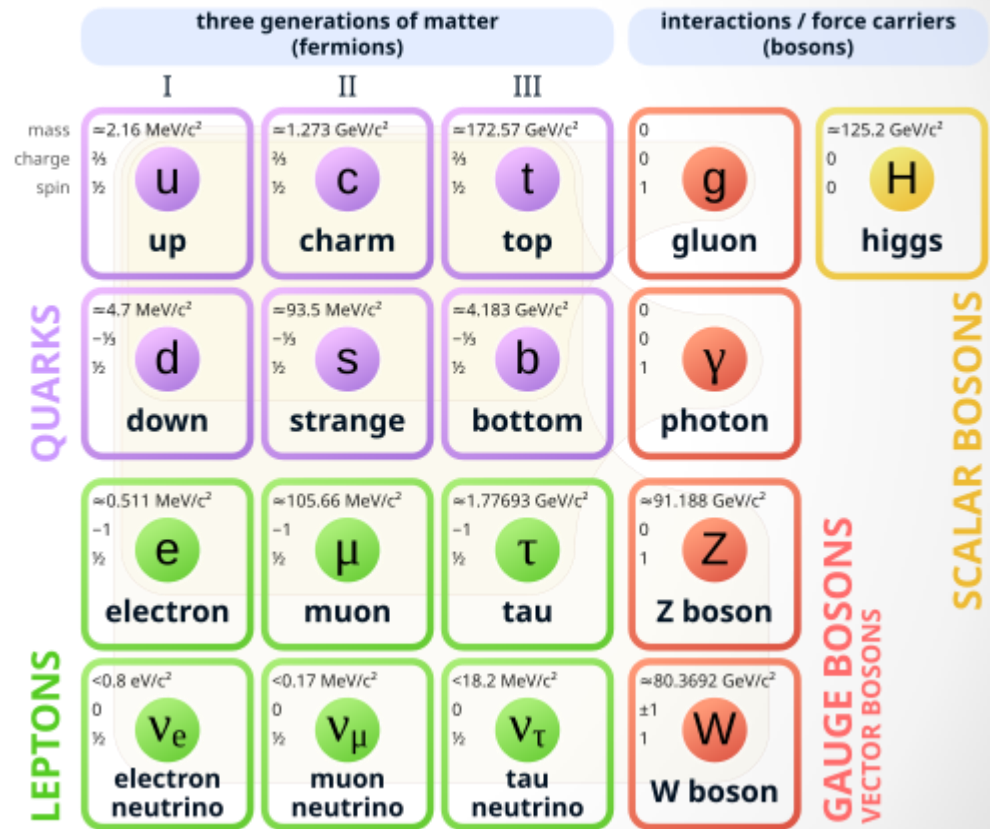
- Hadron dengan pasangan quark + antiquark
- Contoh: π^+ ($u \bar{d}$), K^- ($s \bar{u}$)
- Peran penting sebagai mediator gaya nuklir



Quark: Partikel Fundamental

- Tidak dapat dibagi lagi (sejauh pengetahuan saat ini)
- Membentuk hadron (proton, neutron, meson)
- Memiliki 6 flavor: u, d, s, c, b, t

Standard Model of Elementary Particles



Karakteristik Quark

- • Muatan pecahan: $+2/3$ atau $-1/3$
- • Memiliki muatan warna: red, green, blue
- • Mengalami interaksi kuat yang dimediasi gluon

Antiquark

- Pasangan anti materi dari quark
- Muatan berlawanan, warna berlawanan

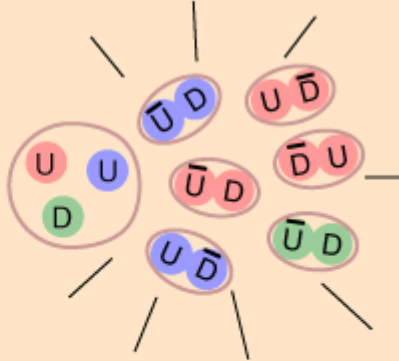
Sifat	Quark	Anti-quark
Muatan listrik	$+\frac{2}{3}$ atau $-\frac{1}{3}$	kebalikan tanda
Warna	R, G, B	antiwarna: anti-R, anti-G, anti-B
Baryon number	$+\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
Spin	sama (1/2)	sama
Massa	sama	sama

Jika quarknya (u, d, s, c, b, t), maka anti-quarknya adalah:

- anti-up ($\bar{u}$)
- anti-down ($\bar{d}$)
- anti-strange ($\bar{s}$)
- anti-charm ($\bar{c}$)
- anti-bottom ($\bar{b}$)
- anti-top ($\bar{t}$)

Konfinemen Quark

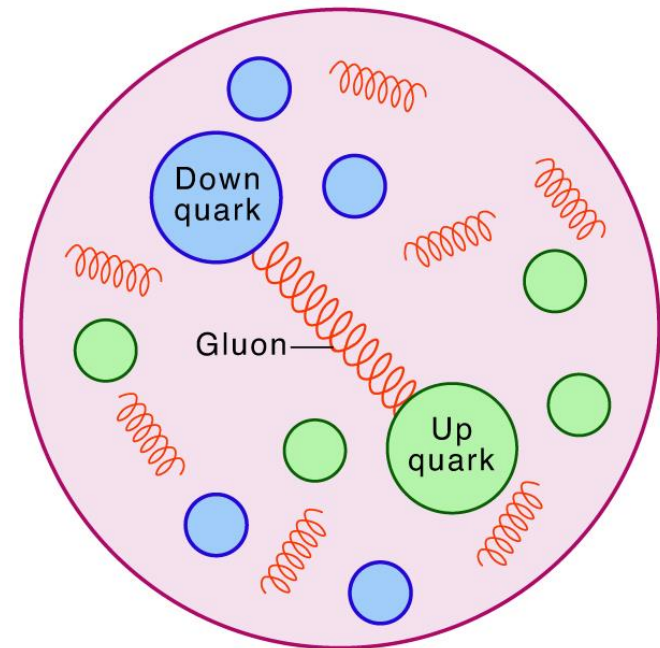
- Quark tidak dapat berdiri bebas
- Selalu terkurung dalam hadron
- Fenomena dijelaskan oleh Quantum Chromodynamics (QCD)

		
The quarks of a proton are free to move within the proton volume	If you try to pull one of the quarks out, the energy required is on the order of 1 GeV per fermi, like stretching an elastic bag.	The energy required to produce a separation far exceeds the pair production energy of a quark-antiquark pair, so instead of pulling out an isolated quark, you produce mesons as the produced quark-antiquark pairs combine.

Gluon

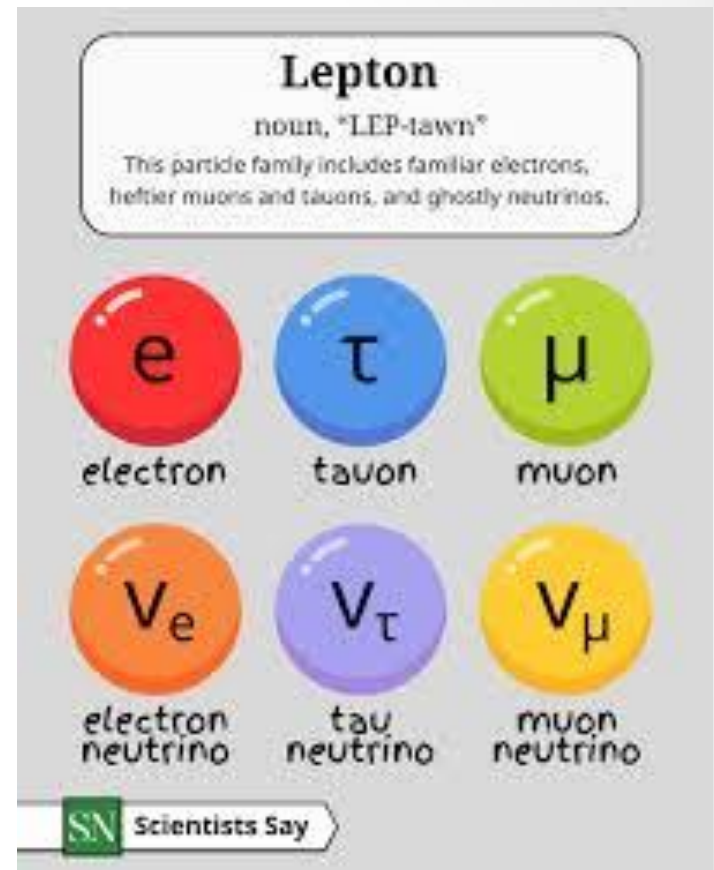
- Boson pembawa gaya kuat
- Mengikat quark dalam proton dan neutron
- Membawa kombinasi warna dan antiwarna

Gluon



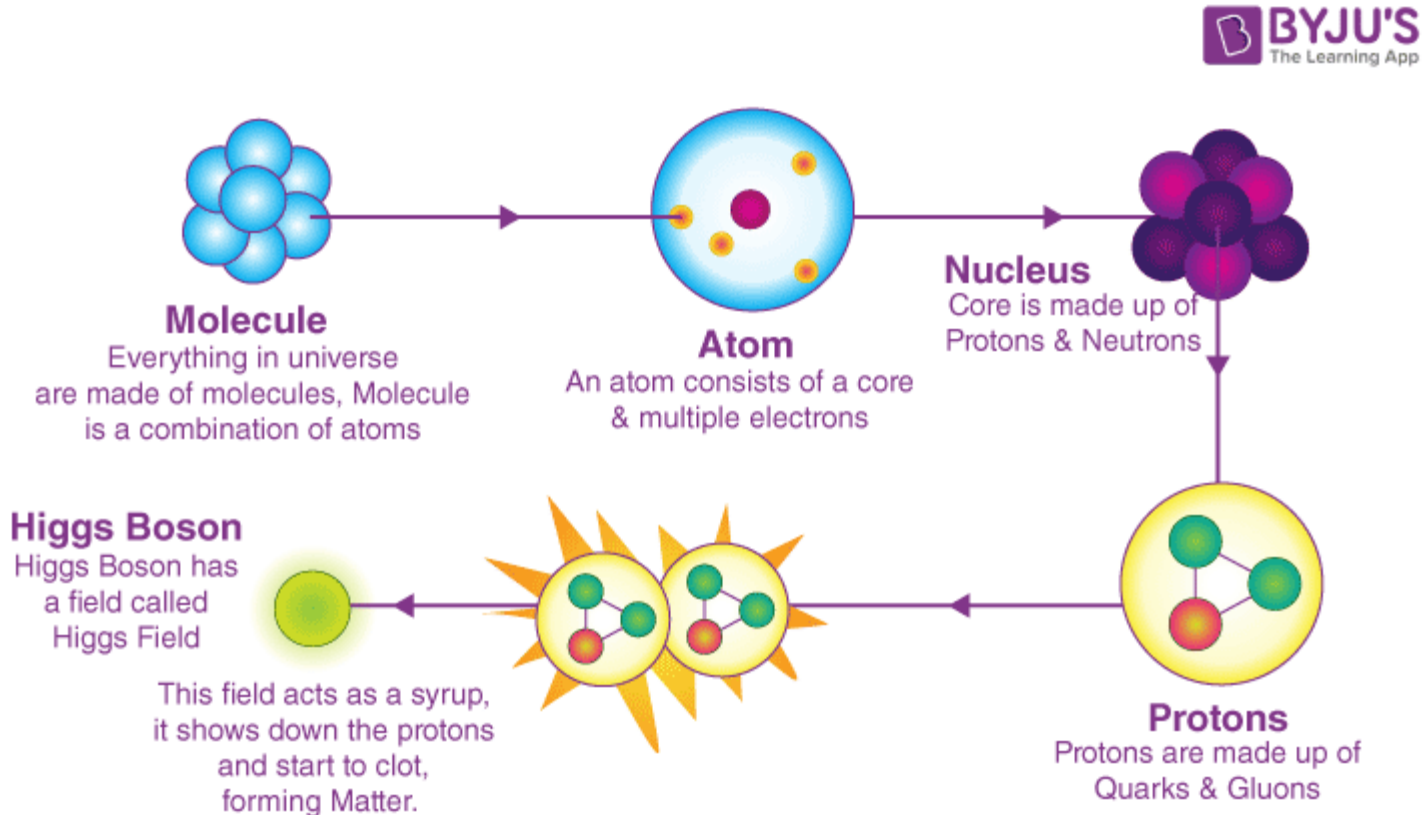
Lepton

- Partikel fundamental yang tidak mengalami interaksi kuat
- 6 jenis: e^- , μ^- , τ^- , ν_e , ν_μ , ν_τ
- Elektron adalah lepton penyusun atom



Boson

- Partikel pembawa gaya dalam Model Standar
- Foton (gaya elektromagnetik), Gluon (gaya kuat)
- $W^+/W^-/Z^0$ (gaya lemah), Higgs (pemberi massa)



Hierarki Struktur Materi

- • Molekul $\rightarrow$ Atom $\rightarrow$ Inti $\rightarrow$ Proton/Neutron $\rightarrow$ Quark/Gluon
- • Elektron $\rightarrow$ Lepton
- • Gaya antar partikel dimediasi oleh boson

Keterkaitan Partikel

- • Quark → menyusun hadron
- • Hadron → menyusun inti atom
- • Inti + elektron → menyusun atom dan materi

Ilustrasi Penyusun Atom

- • Elektron mengorbit inti atom
- • Di dalam inti terdapat proton dan neutron
- • Di dalam proton dan neutron terdapat quark dan gluon

Pion dan Gaya Antarnukleon

- • Pion adalah meson ringan ($q \bar{q}$)
- • Bertindak sebagai mediator gaya nuklir residual
- • Konsep awal oleh Yukawa (1935)

Ringkasan

- • Quark & lepton adalah partikel fundamental
- • Hadron tersusun dari quark
- • Atom tersusun dari hadron + lepton
- • Interaksi antar partikel dijelaskan oleh gauge boson