INTERNATIONAL MASTERCLASSES

hands on particle physics

Masterclass 2022

Introduksjon til partikkelfysikk

Hva er partikkelfysikk?

- Studiet av de minste objektene i universet

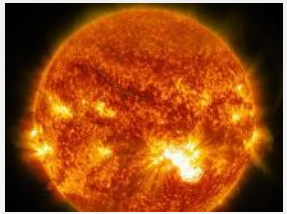
Hva er partikkelfysikk?

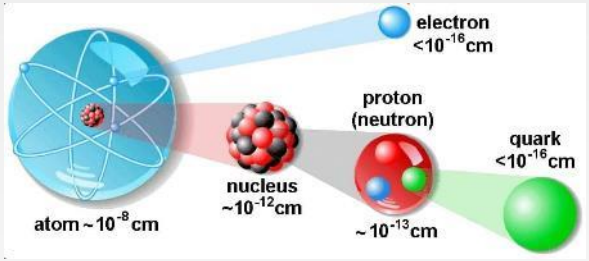
- Studiet av de minste objektene i universet

- Hvor mange fundamentalpartikler eksisterer det?
- Hva skiller partikler fra hverandre?
- Hvordan kommuniserer de med hverandre?
- Hvordan kombineres de til å forme struktur?
- Kan universet på forklares fra partikkelbeskrivelsen?

Hva er partikkelfysikk?

- Studiet av de minste objektene i universet

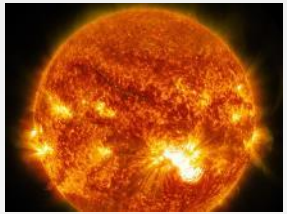


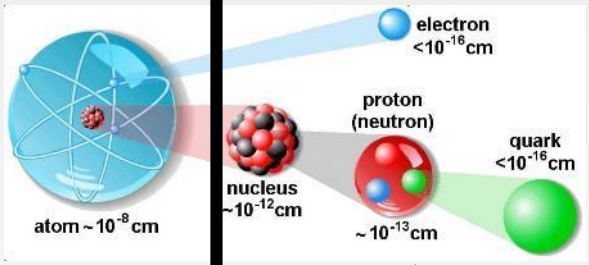


$\sim 10^{21}$ m $\sim 10^{9}$ m ~1m

Hva er partikkelfysikk?

- Studiet av de minste objektene i universet

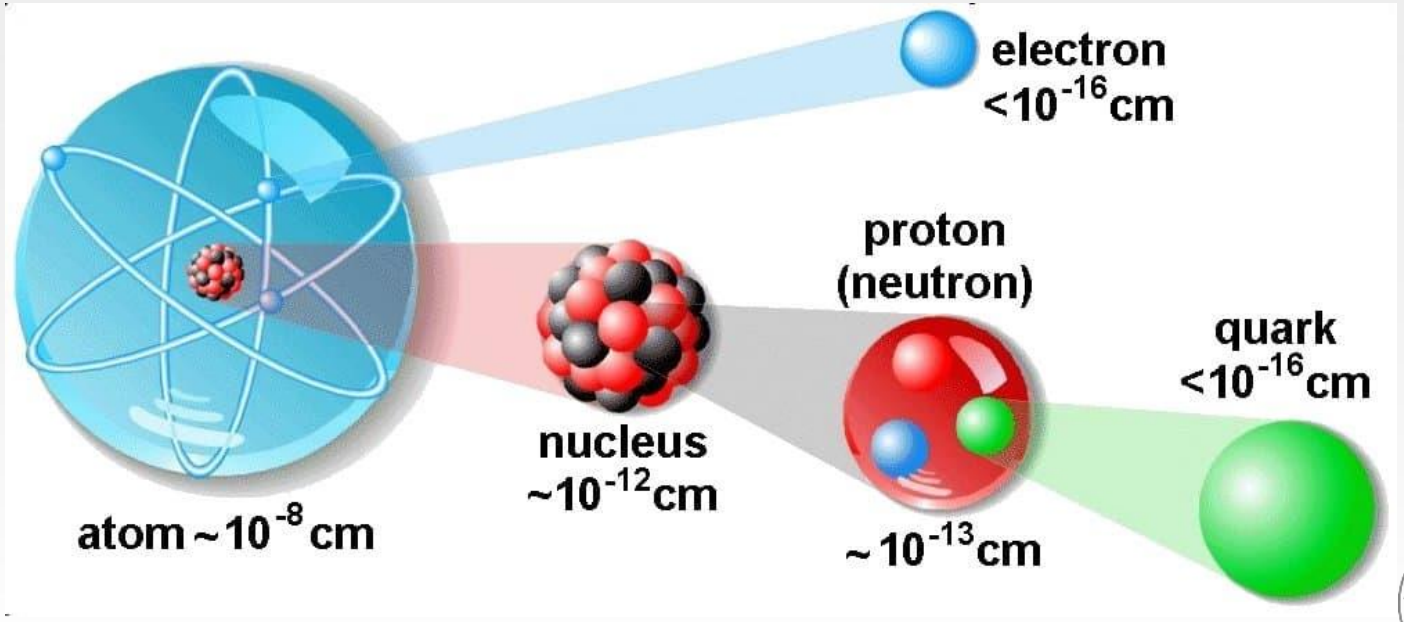




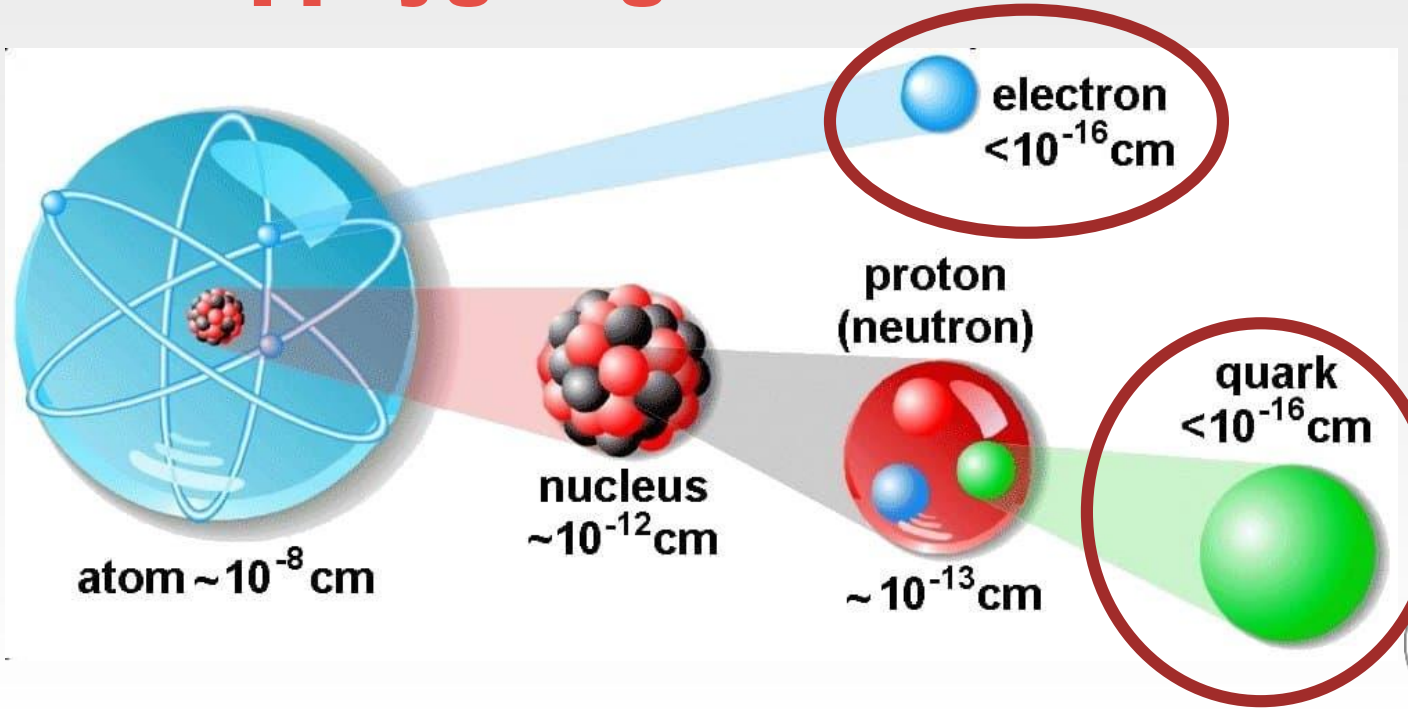
$\sim 10^{21}$m $\sim 10^{9}$m ~1m

«Stort»

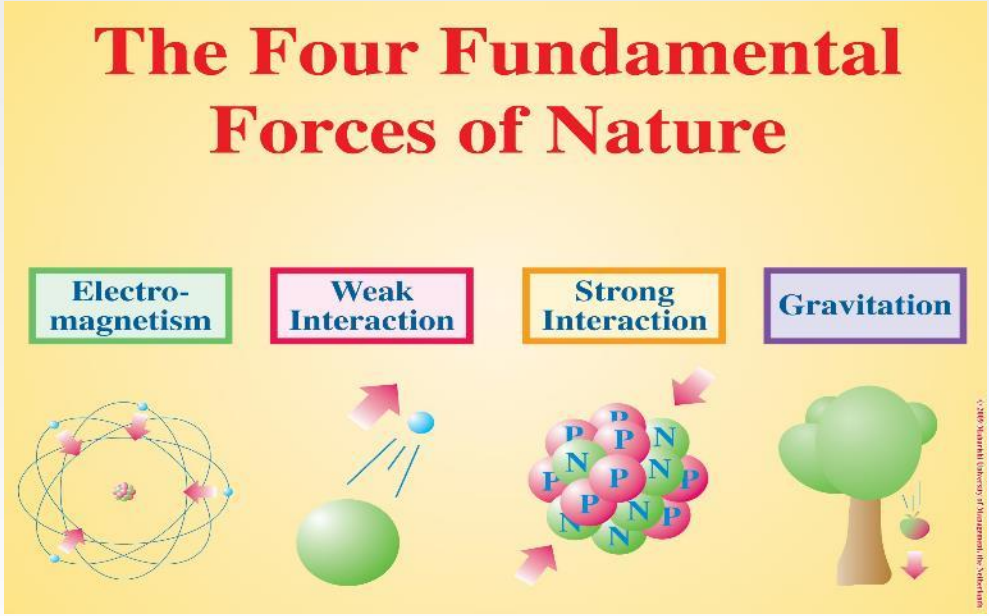
Oppbygningen av materie



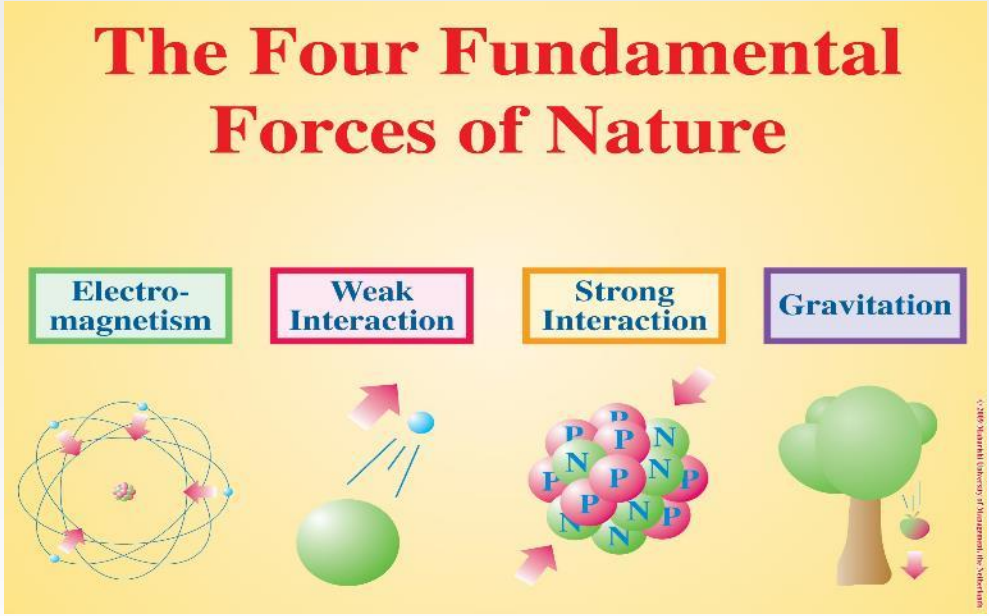
Oppbygningen av materie



Krefter i vårt univers

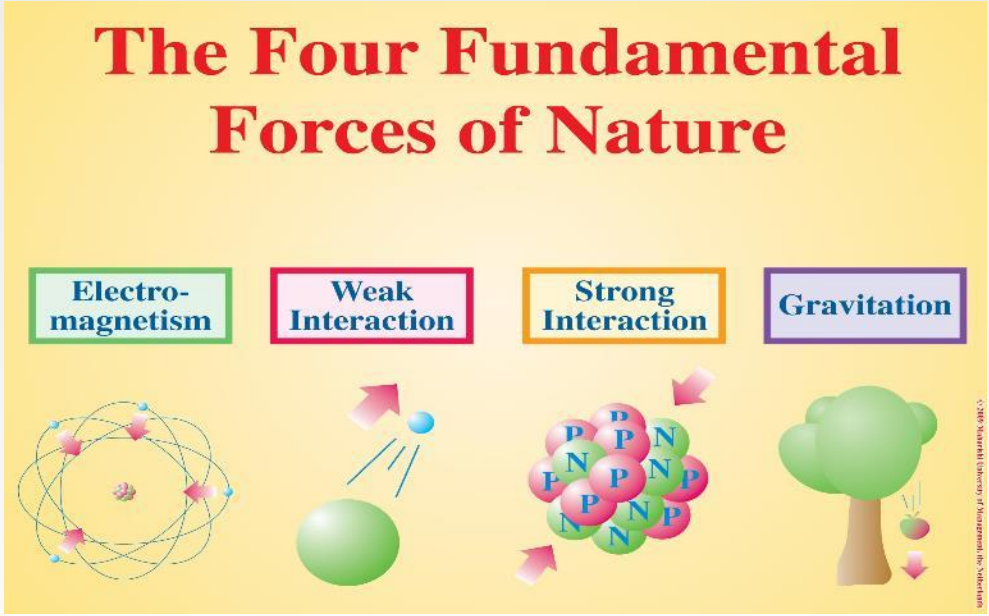


Krefter i vårt univers



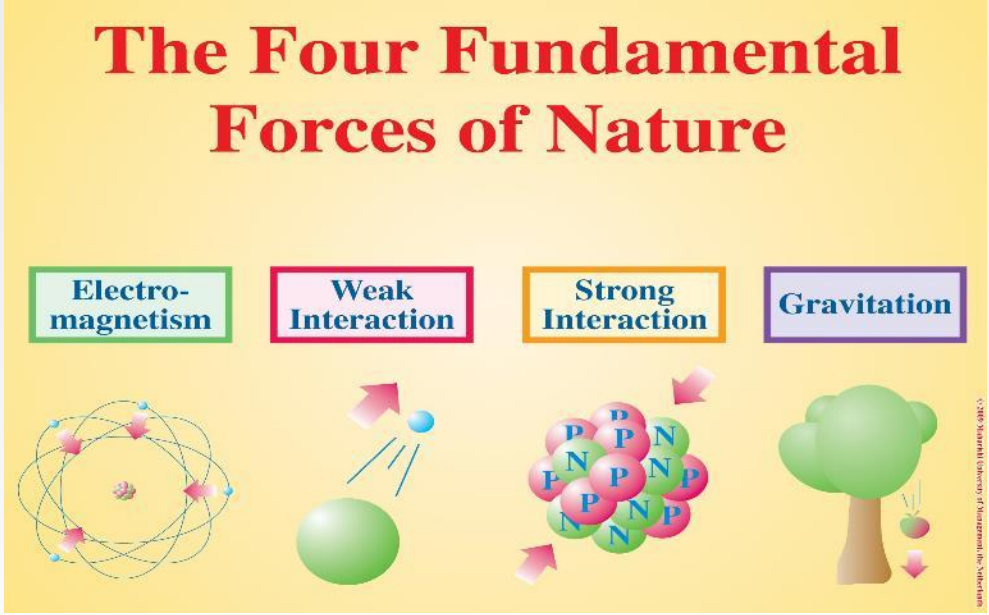
Binder atomer sammen

Krefter i vårt univers



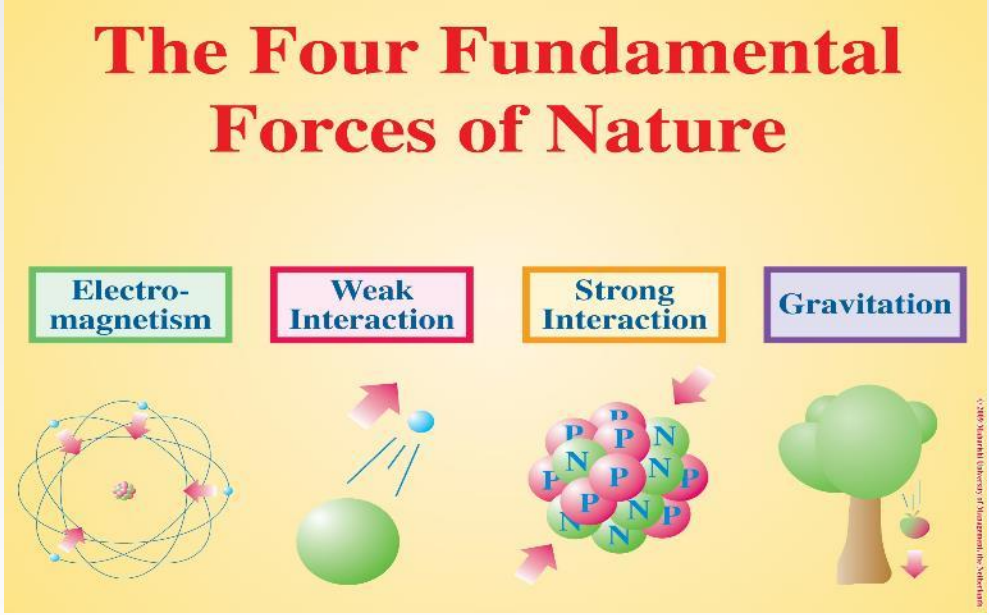
Binder atomer sammen	Forårsaker radioaktivt henfall

Krefter i vårt univers



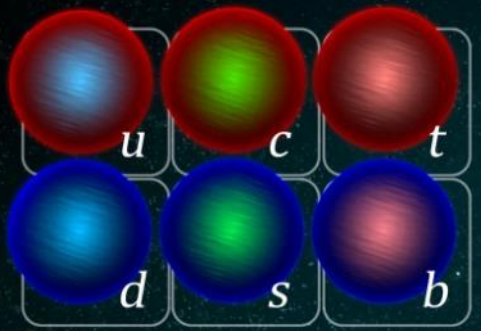
Binder atomer sammen	Forårsaker radioaktivt henfall	Holder kjernen sammen

Krefter i vårt univers

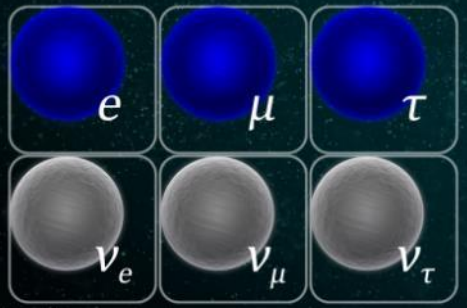


Binder atomer sammen	Forårsaker radioaktivt henfall	Holder kjernen sammen	Vel, holder alt annet sammen

Standardmodellen – vår beste beskrivelse av universet

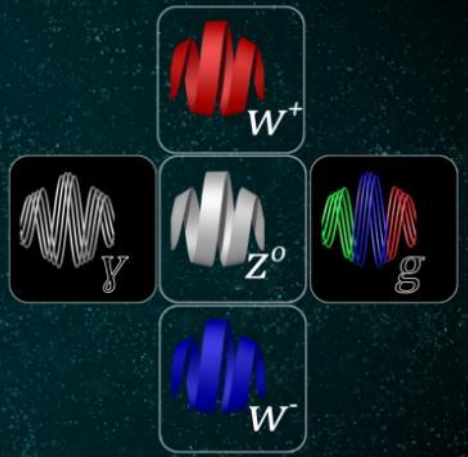


Quarks

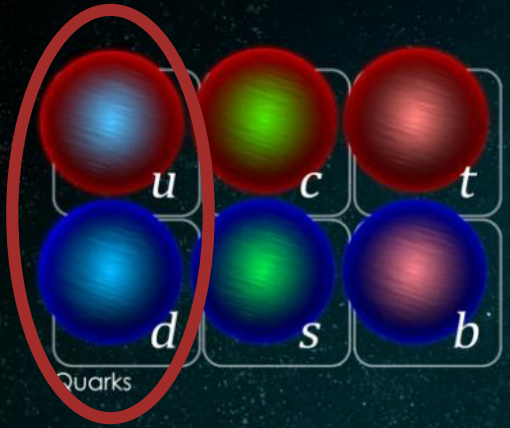


Leptons

Higgs boson

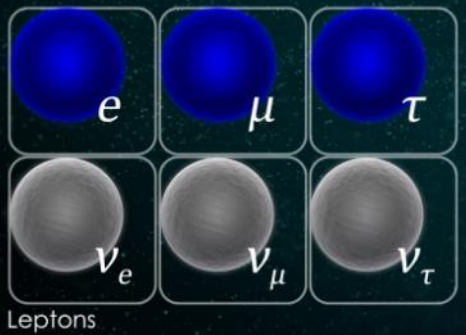


Forces

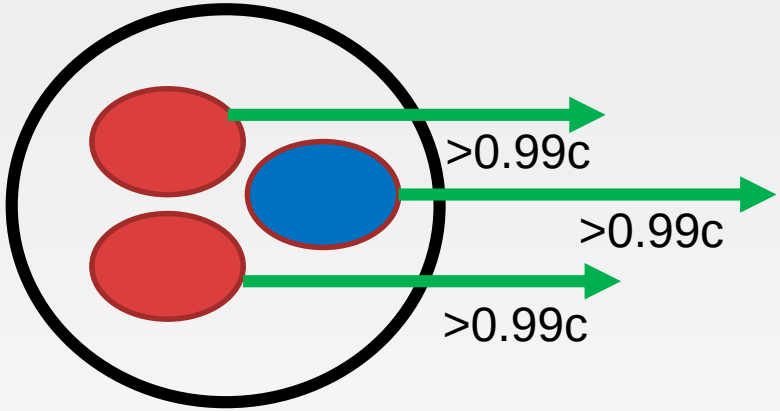


Proton: 2u + 1d

Nøytron: 2d + 1u



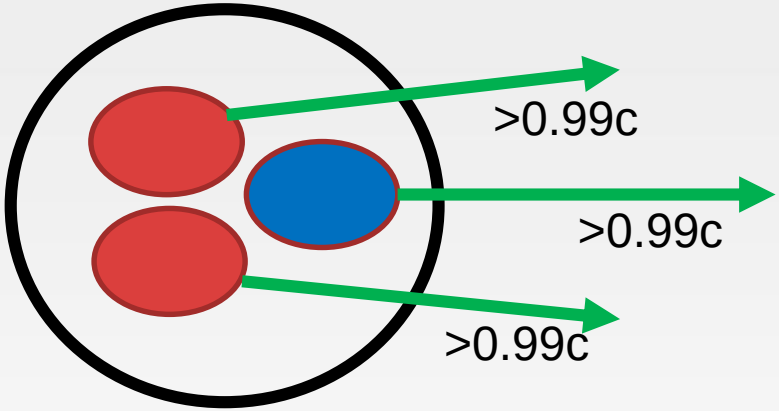
Hva holder en kjerne sammen?



Proton

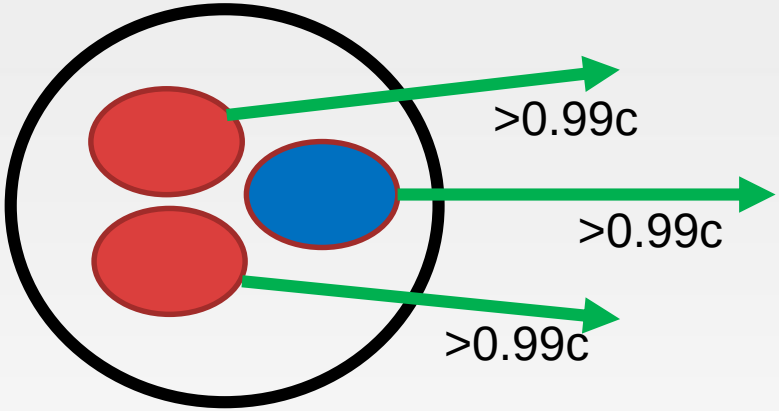
d = Radius ~ 10^{-15}m

Hva holder en kjerne sammen?



Proton
d = Radius ~10^{-15}m

Hva holder en kjerne sammen?



$c \sim 3 * 10^8$ m/s

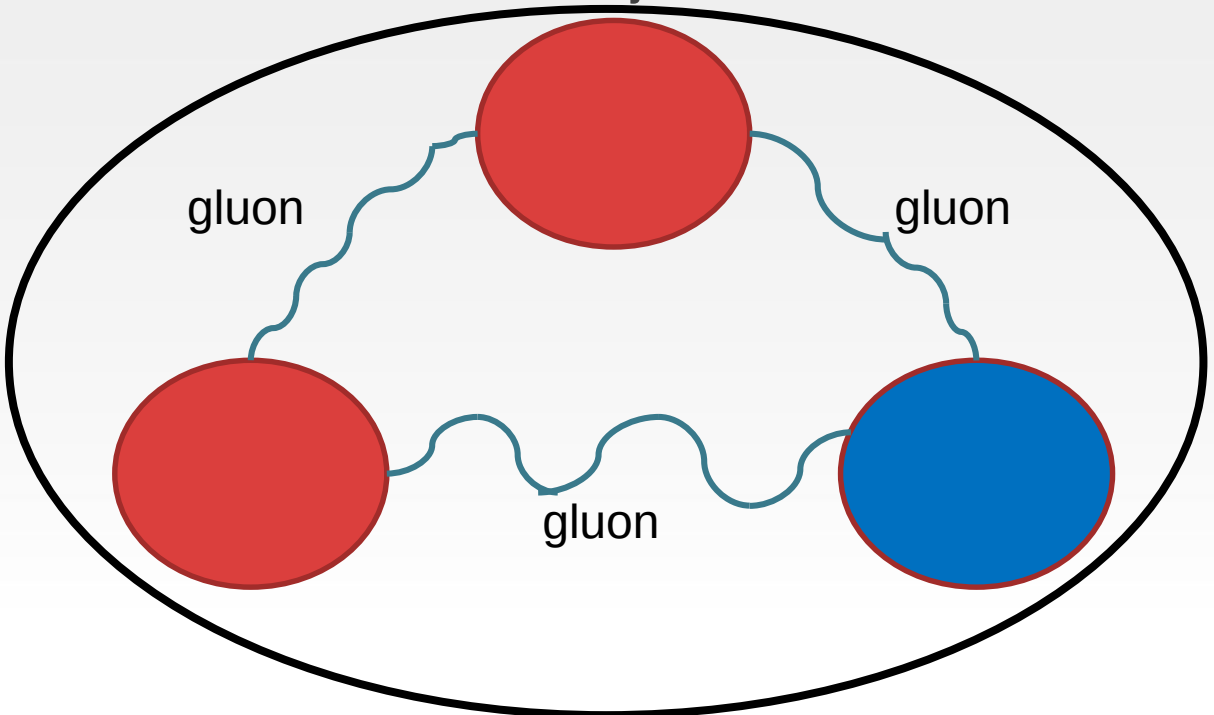
$t = d/v \sim \frac{10^{-15}}{3*10\text{^}8}$ s

$t \sim 3.3 * 10^{-24}$s

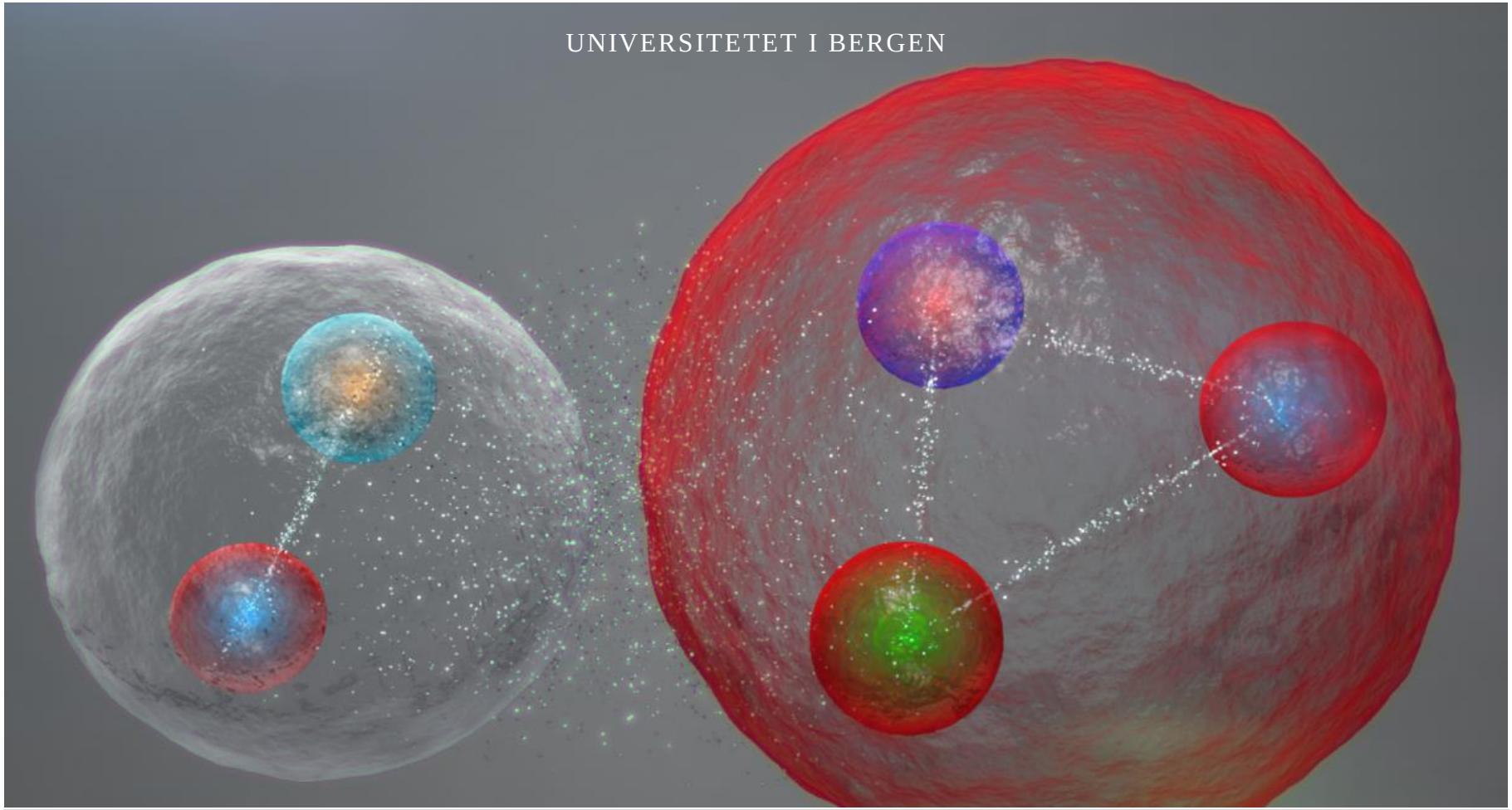
Proton
d = Radius ~10^{-15}m

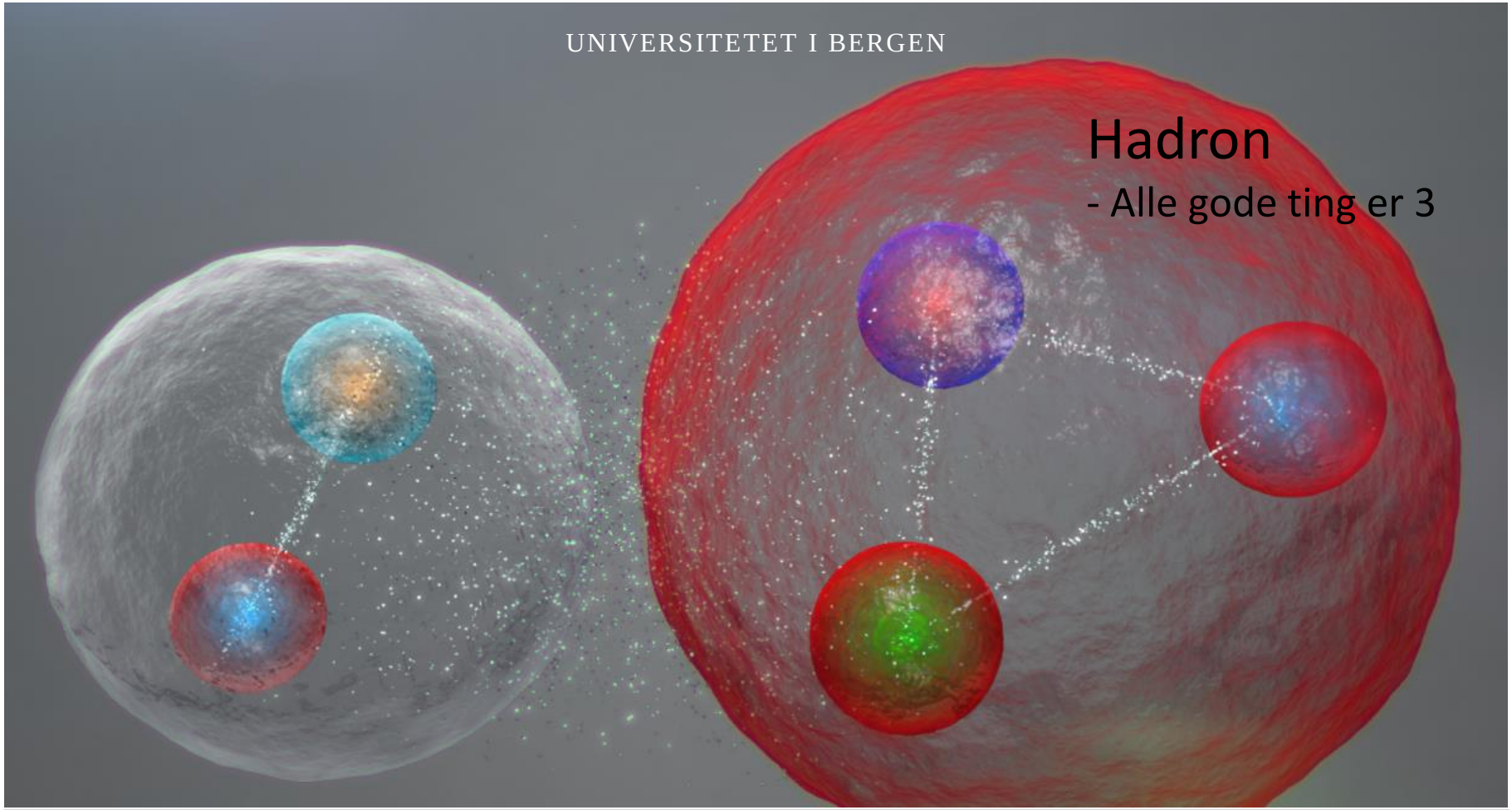
Gluoner

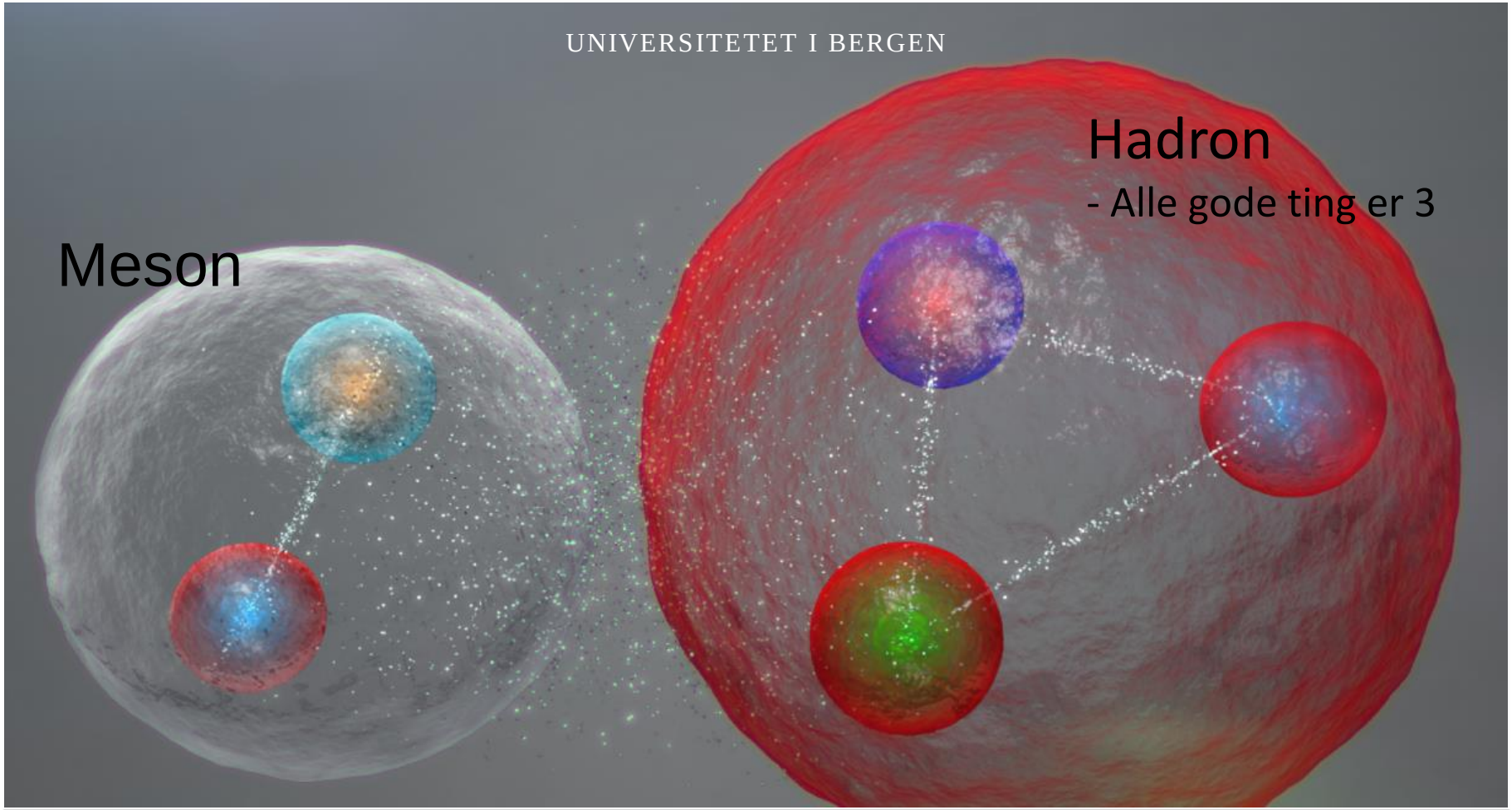
- Formidlere av den sterke kjernekraften



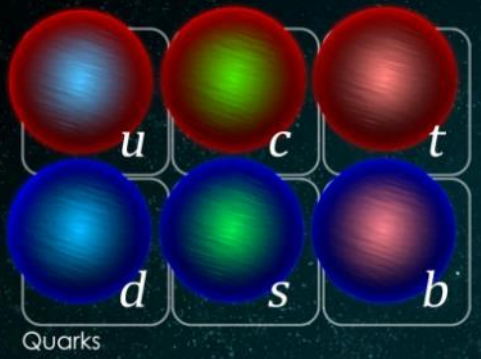
UNIVERSITETET I BERGEN

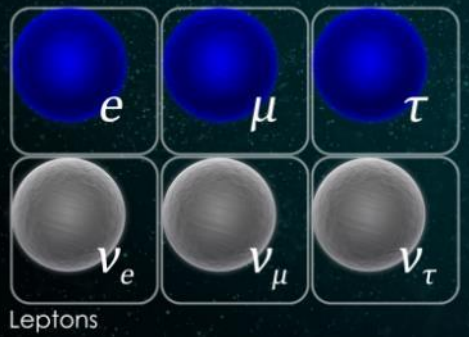



Hadron
- Alle gode ting er 3

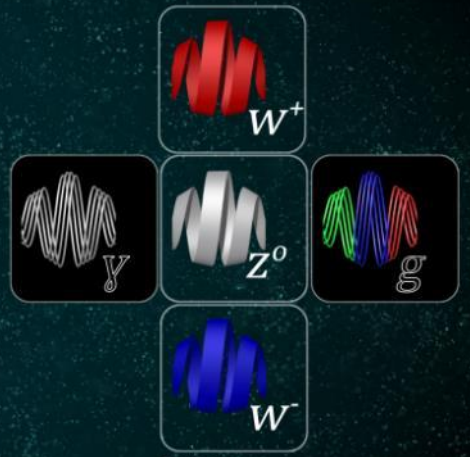

Meson
Hadron
- Alle gode ting er 3

Hva består «vanlig» materie av?





Hva består «vanlig» materie av?



Hva består «vanlig» materie av?

Uvanlig materie?

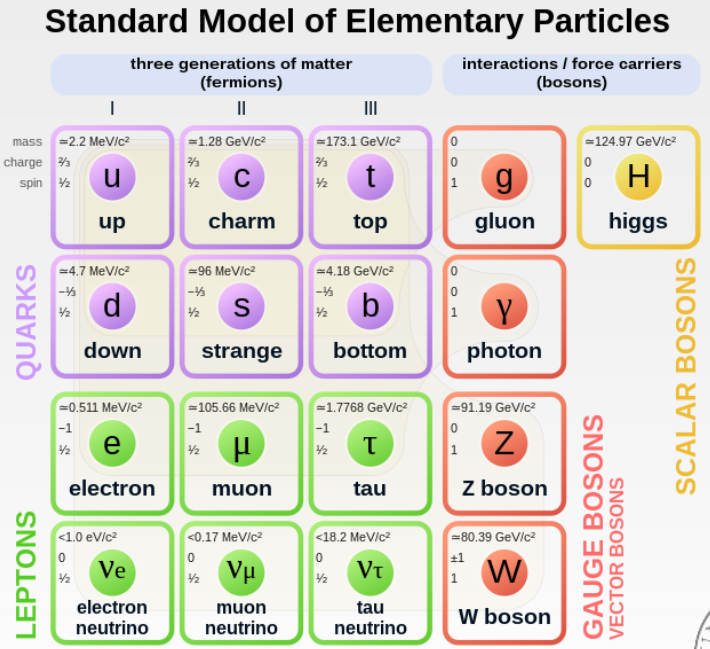
- Hvorfor består ikke protoner av t og b kvarker?
- Hvorfor har Hydrogen elektron og ikke muon?

Uvanlig materie?

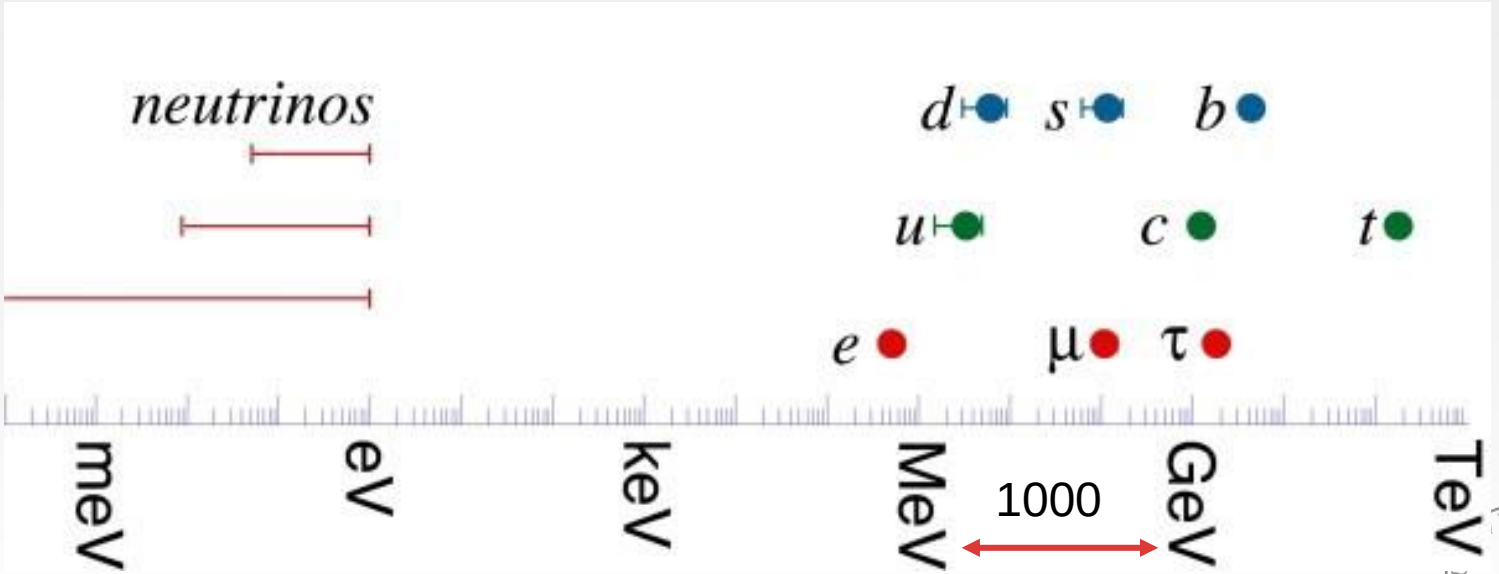
- Hvorfor består ikke protoner av t og b kvarker?
- Hvorfor har Hydrogen elektron og ikke muon?

Svaret: masse!

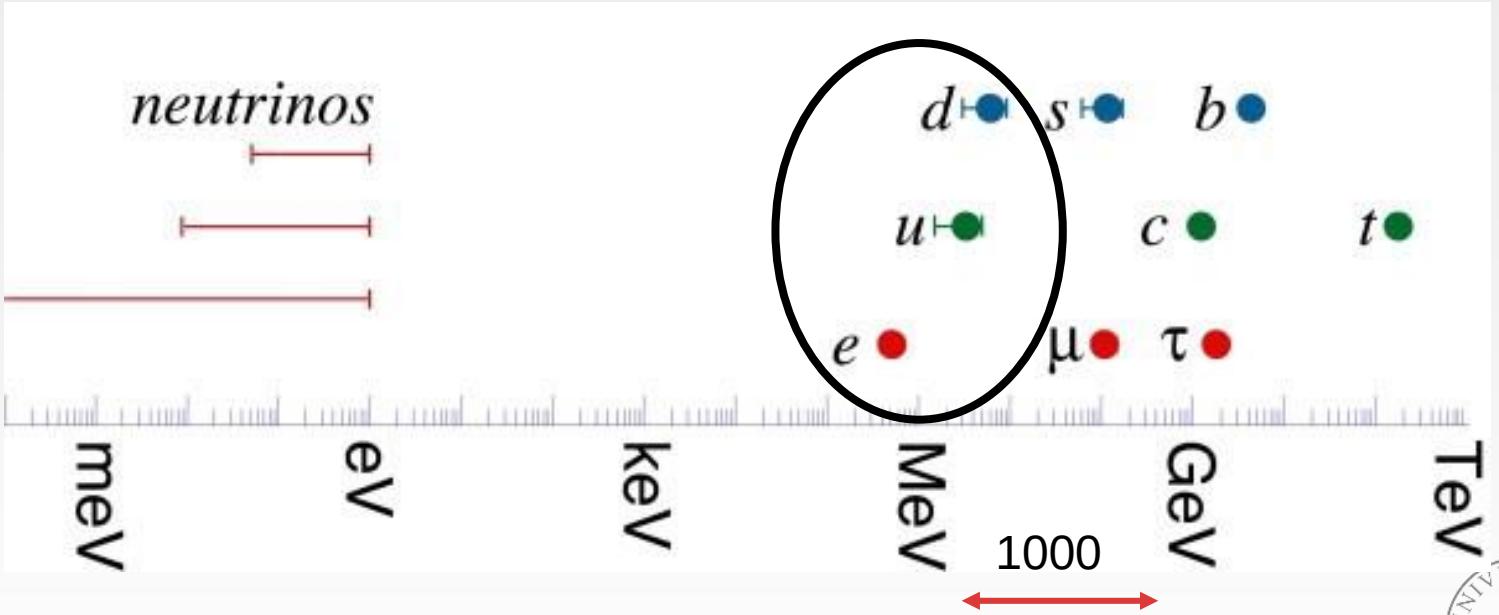
- 1eV/c^2 = $1.7 * 10^{-35}$kg
- 1MeV = 10^6 eV
- 1GeV = 10^9 eV



Partikkelmasser



Partikkelmasser



Universet foretrekker lett og rask over tungt og tregt!

Henfall & Radioaktivitet

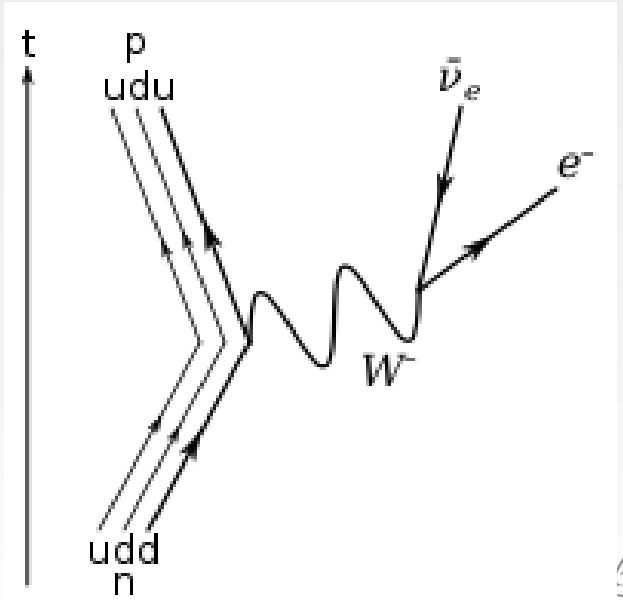
- Partikler & atomkjerner kan *spontant* henfalle til *lettere* partikler og atomkjerner

Henfall & Radioaktivitet

- Partikler & atomkjerner kan *spontant* henfalle til *lettere* partikler og atomkjerner
- Dette skyldes den svake kjernekraften (W,Z)

Henfall & Radioaktivitet

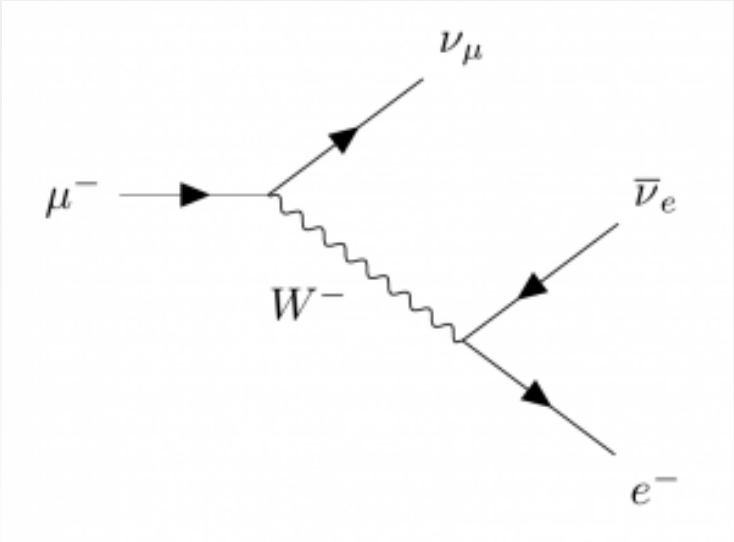
- Zoomet inn henfall



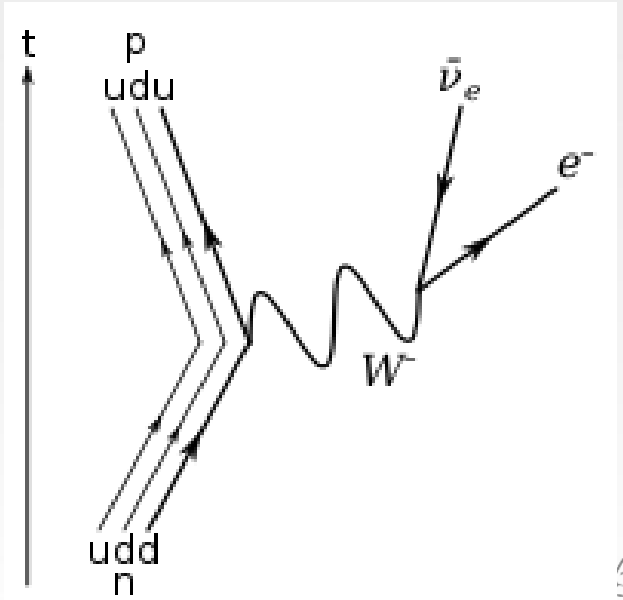
$$n \rightarrow p\, e^-\, \overline{\nu_e}$$

Henfall & Radioaktivitet

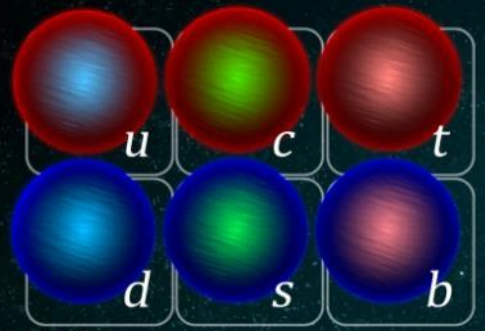
- Zoomet inn henfall



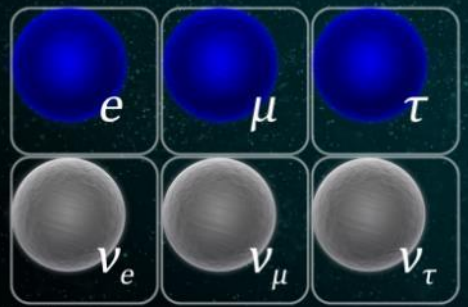
$\mu^- \rightarrow \nu_\mu\, e^-\, \overline{\nu_e}$



$n \rightarrow p\, e^-\, \overline{\nu_e}$

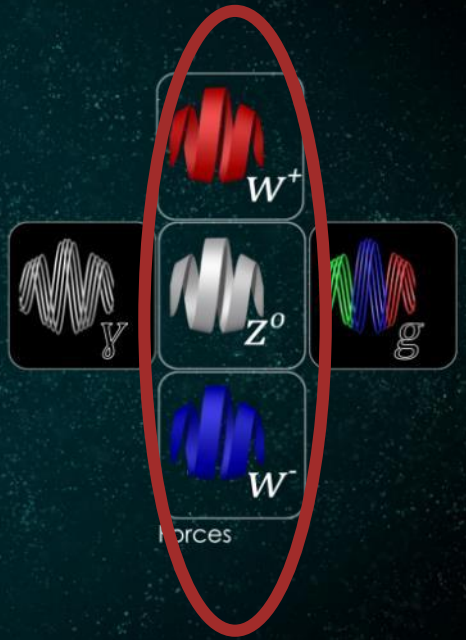


Quarks

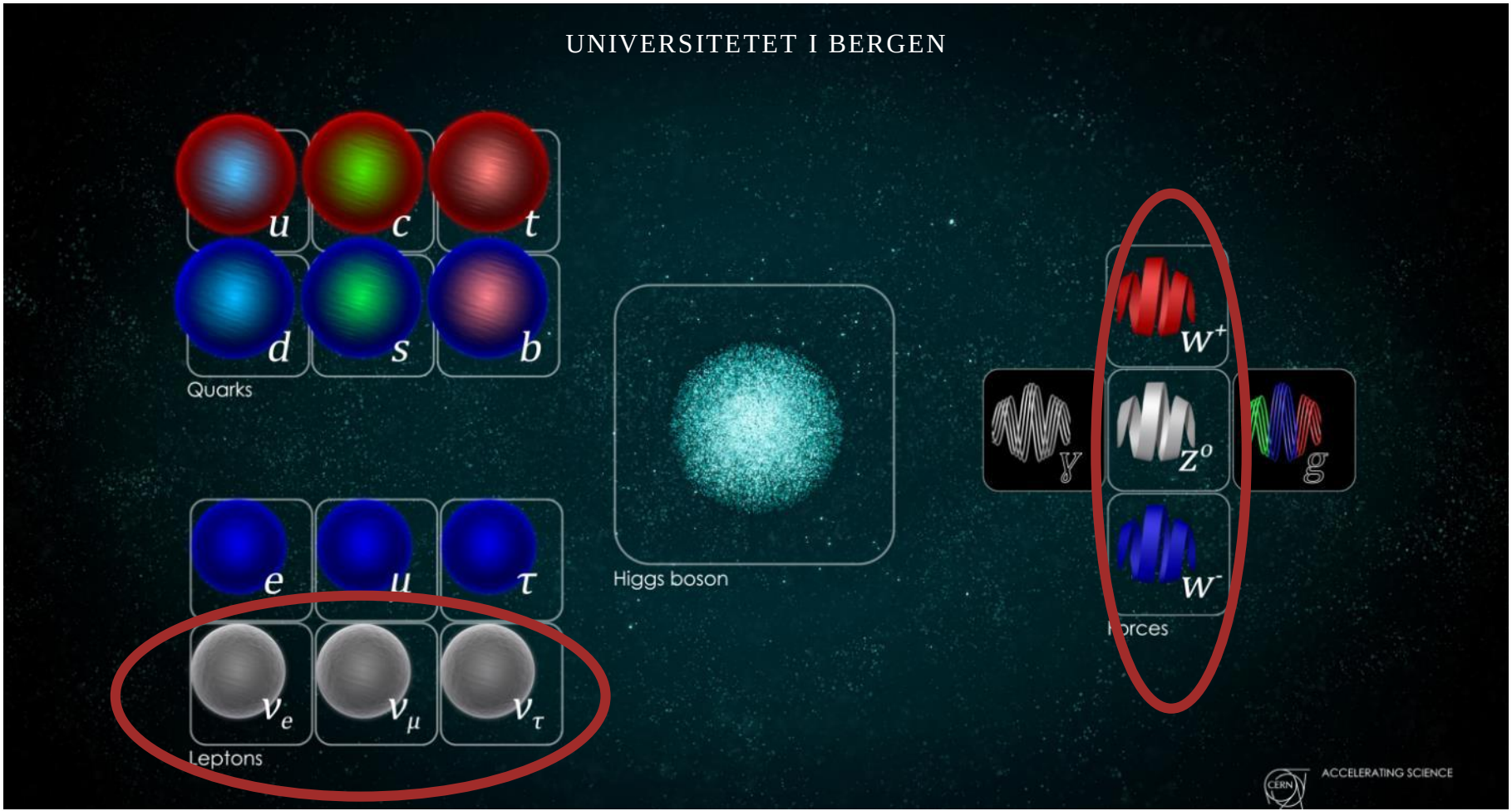


Leptons

Higgs boson

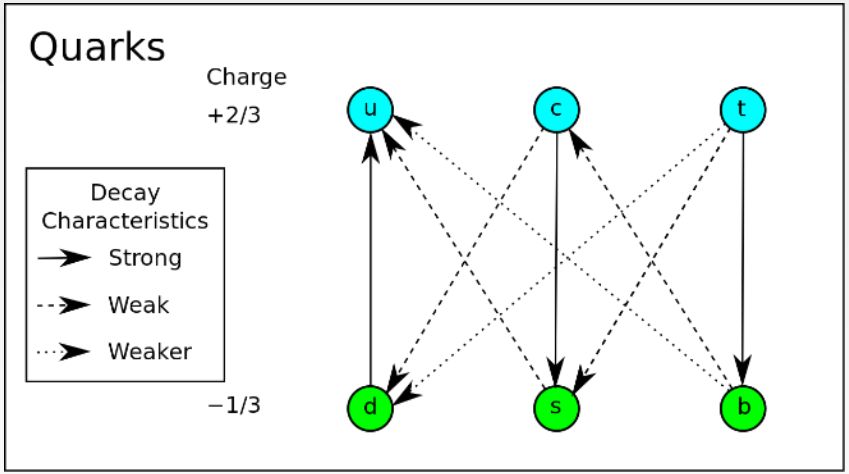


Forces


u
c
t
d
s
b
Quarks
e
μ
τ
ν_e
ν_μ
ν_τ
Leptons
Higgs boson
W^+
γ
Z^o
g
W^-
Forces
CERN
ACCELERATING SCIENCE

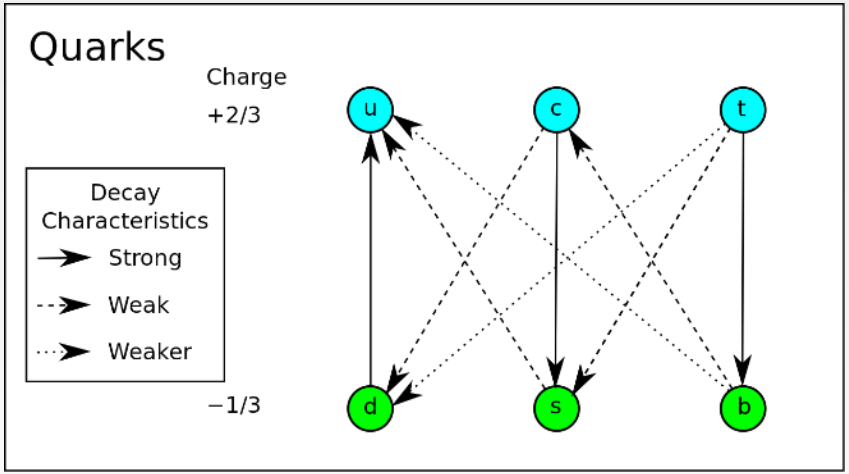
Henfall & Radioaktivitet

- Om en partikkel kan henfalle, vil den!

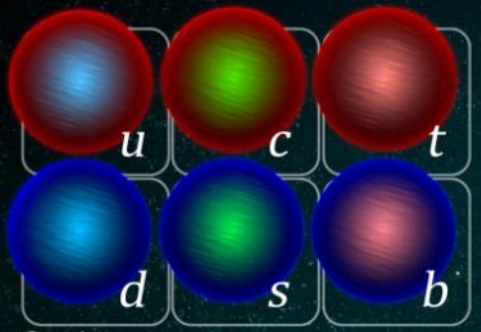


Henfall & Radioaktivitet

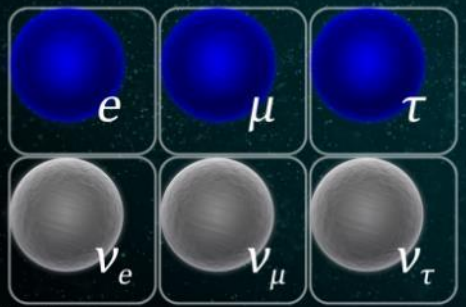
- Om en partikkel kan henfalle, vil den!
- W/Z henfaller til kvarker (ikke t, hvorfor?) og leptoner
- F. eks $Z \rightarrow e^+ + e^-$ (elektronpar)



Hvilke har vi ikke snakket om?

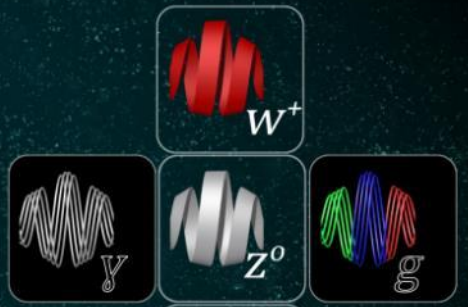


Quarks

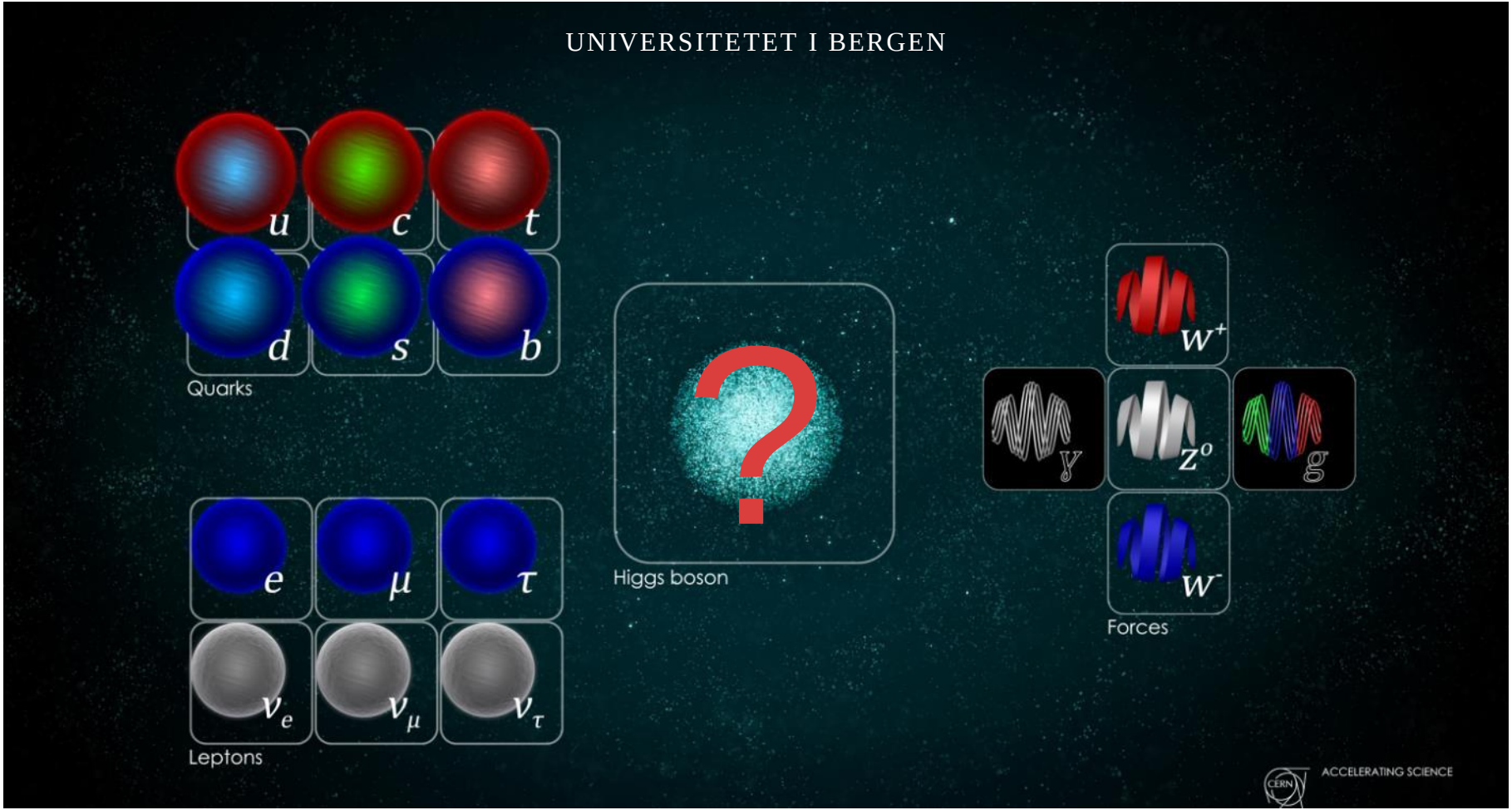


Leptons

Higgs boson

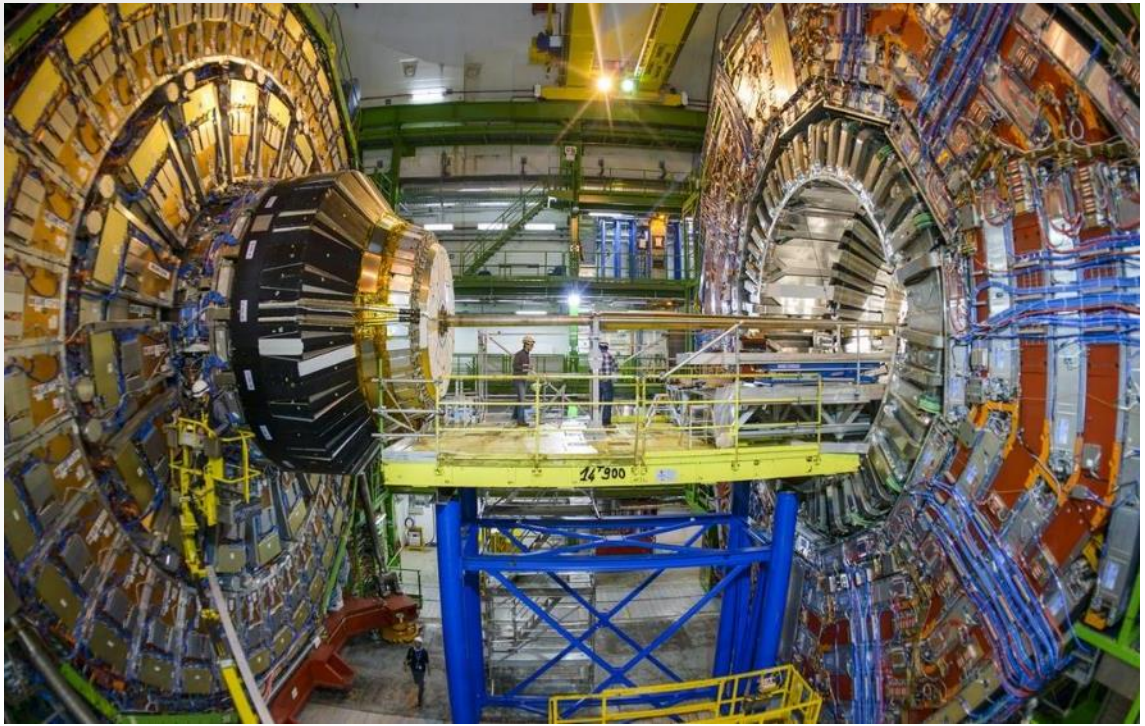


Forces


u
c
t
d
s
b
Quarks
e
μ
τ
ν_e
ν_μ
ν_τ
Leptons
?
Higgs boson
W^+
γ
Z^o
g
W^-
Forces
CERN
ACCELERATING SCIENCE

Higgs Bosonet

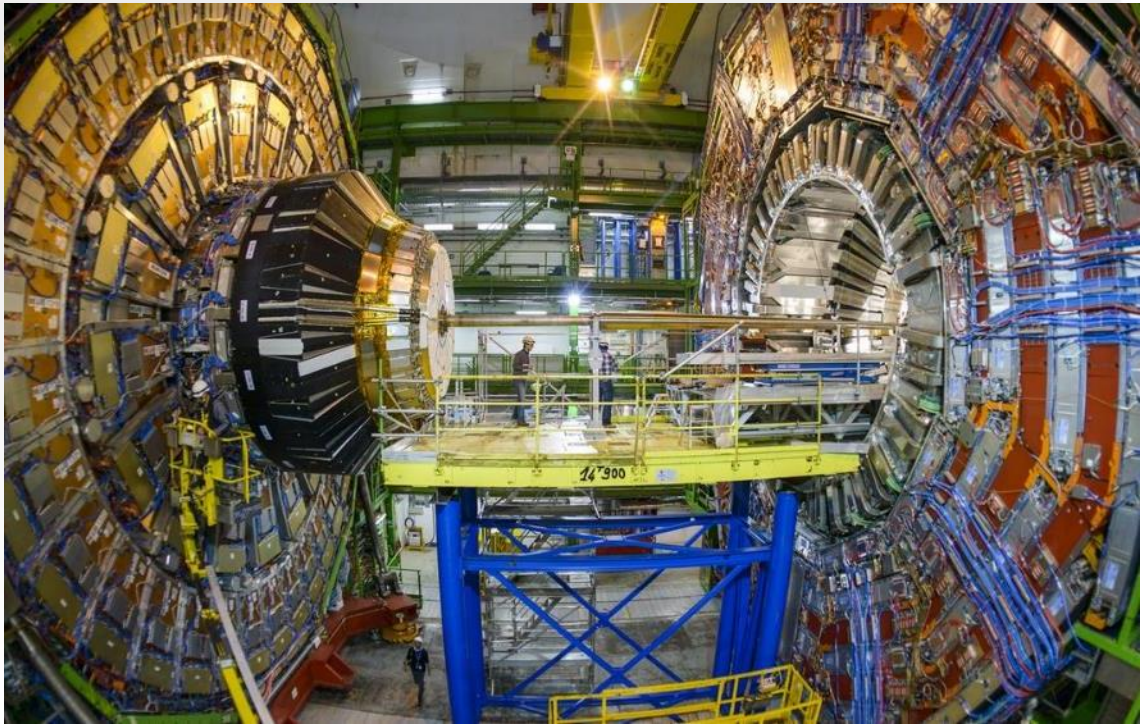
Oppdaget i 2012 ved LHC i CERN



Higgs Bosonet

Oppdaget i 2012 ved LHC i CERN

Uten Higgs bosonet er alle partikler i Standardmodellen masseløse



Hvordan oppdager man partikler?

Higgs, top, W, Z henfaller (nesten) umiddelbart etter produksjon $\Delta t \sim 10^{-20} s$

De kan da reise en distanse $d = v\Delta t < c\Delta t \sim 3 * 10^{-12} m$

Hvordan oppdager man partikler?

Higgs, top, W, Z henfaller (nesten) umiddelbart etter produksjon $\Delta t \sim 10^{-20} s$

De kan da reise en distanse $d = vt < ct \sim 3 * 10^{-12} m$

Vi ser bare henfallsproduktene (elektroner, muoner, fotoner og diverse semi-stablie hadroner/mesoner)

Hvordan oppdager man partikler?

Vi kan rekonstruere partikler basert på kinematisk informasjon av henfallspartiklene

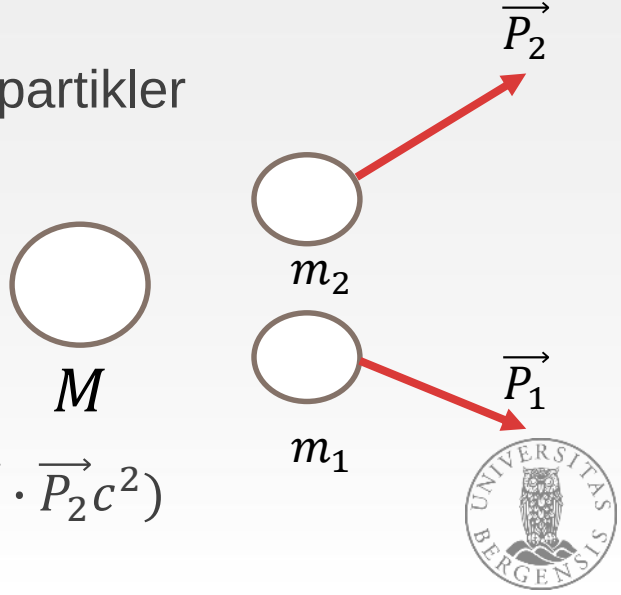
pp(13TeV) → ? → Henfallspartikler

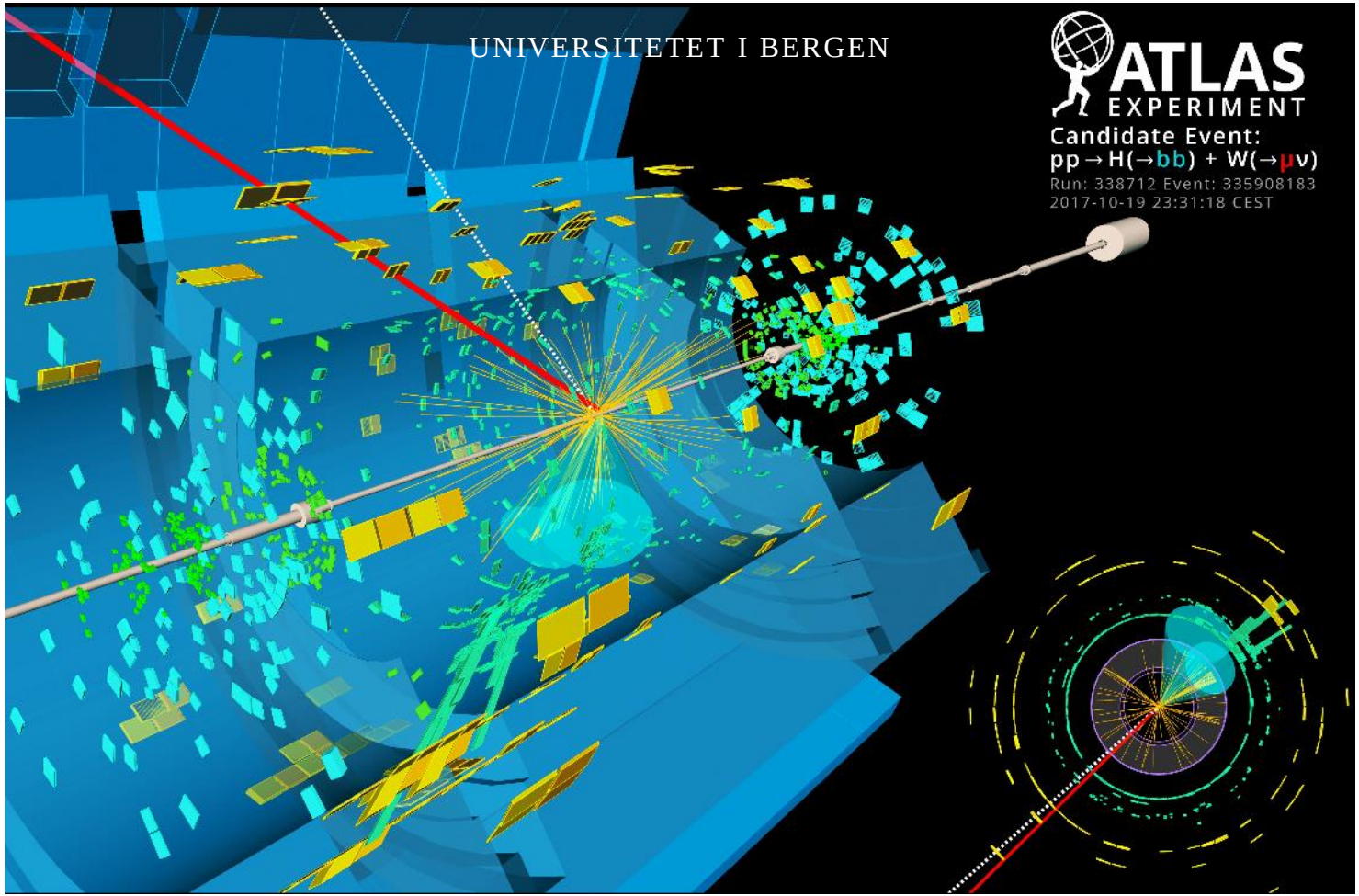
Hvordan oppdager man partikler?

Vi kan rekonstruere partikler basert på kinematisk informasjon av henfallspartiklene

pp(13TeV) → ? → Henfallspartikler

- Konservering av momentum $\overrightarrow{P_1} = \overrightarrow{P_2}$
- Konservering av energi $E_1 = E_2$
- Konservering av ladning $Q_1 = Q_2$
- Invariant masse (av to partikler)
- $(Mc)^2 = (m_1c)^2 + (m_2c)^2 + 2(E_1E_2 - \overrightarrow{P_1} \cdot \overrightarrow{P_2}c^2)$

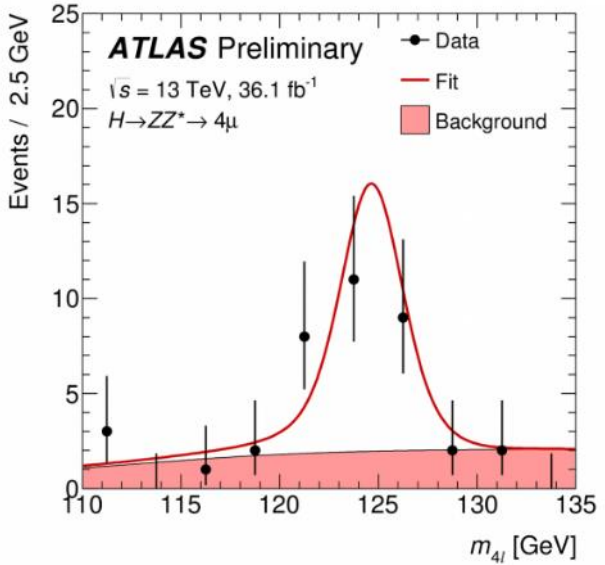


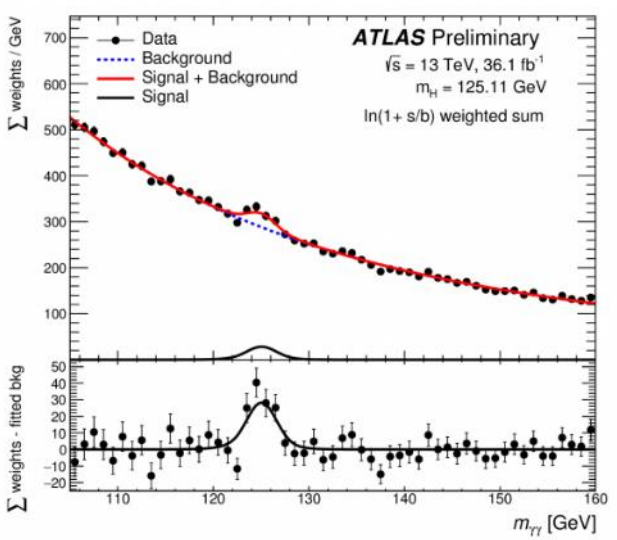

ATLAS
EXPERIMENT
Candidate Event:
pp → H(→bb) + W(→μν)
Run: 338712 Event: 335908183
2017-10-19 23:31:18 CEST

Hvordan oppdager man partikler?

For hvert event (protoner som ikke bommer på hverandre) rekonstruer invariant masse og plot

Hvordan en oppdagelse kan se ut





uib.no