

Aineen olemuksesta

Jukka Maalampi
Fysiikan laitos
Jyväskylän yliopisto

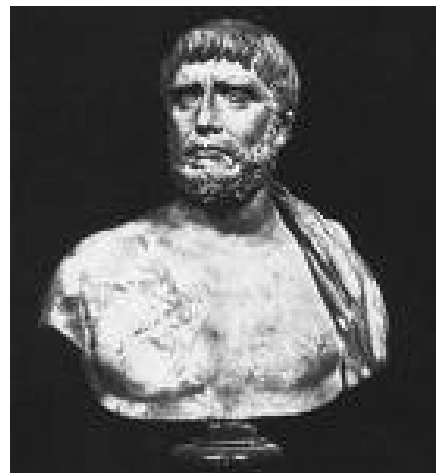
Miten käsitys aineen
perimmäisestä
rakenteesta on
kehittynyt aikojen
kuluessa?

Mitä ajattelemme siitä
nyt?

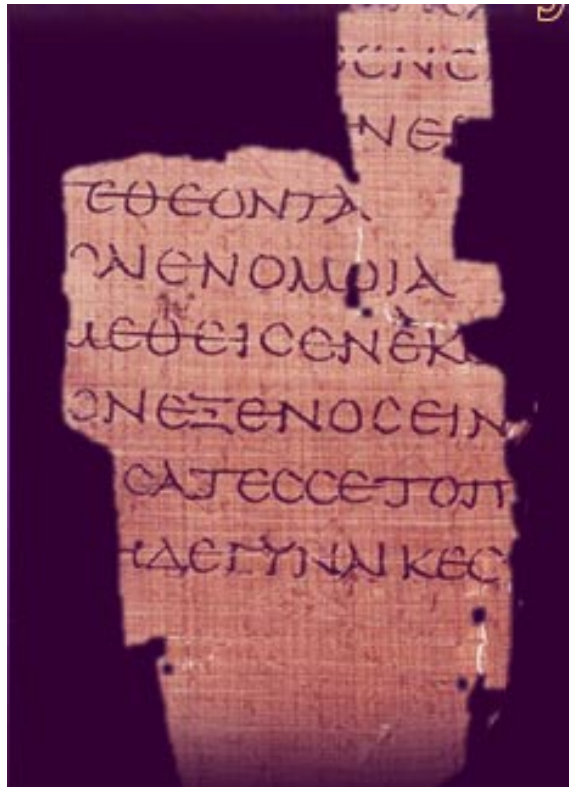
Atomistit

Loogisen päättelyn tuloksena päädyttiin siihen, että ainetta ei voi jakaa loputtomasti.

Varsinaista atomismia edelsi monia pohdintoja aineen ja kosmoksen rakenteesta ja synnystä.

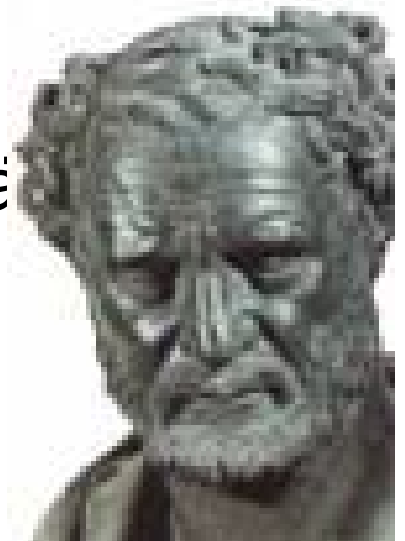


- **Empedokles** (490-430 eaa)
 - Kaikki aine koostuu neljästä elementistä: **tuli, vesi, maa, ilma**
 - Neljän elementin teoria säilyi renesanssiin (1300-1500 jaa) asti.



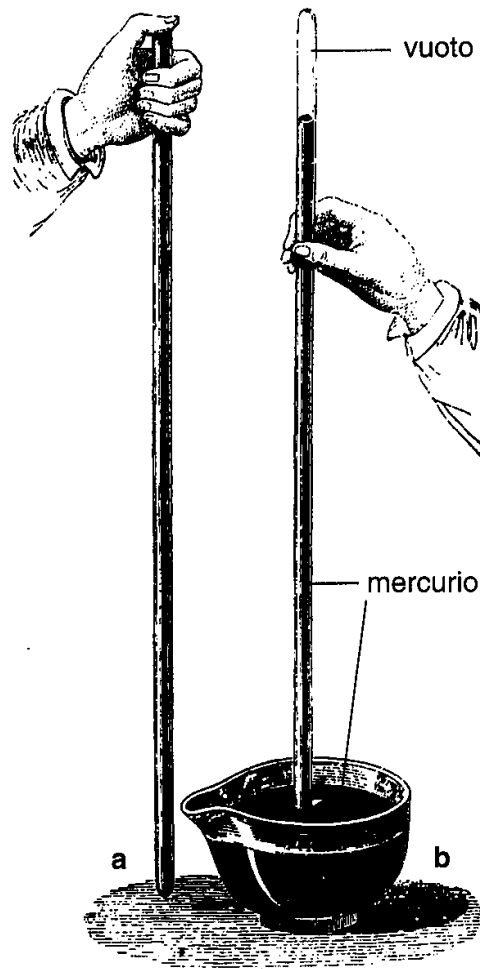
Empedokle-
sin kirjoitusta

- **Leukippos** (400-l. eaa)
 - Kaikkeus koostuu tyhjyydestä ja siellä liikkuvista atomeista ja niiden muodostamista kappaleista.
- **Demokritos** (460?- 370? eaa)
 - Atomeilla vain muutamia ominaisuuksia: koko, muoto ja massa. Muodot selittivät mm aineen maun.
 - Aineiden poikkeavat ominaisuudet johtuvat erilaisista liikkeistä ja
 - erilaisista järjestyksistä
 - **Vakuumi = ei mitään**



Tyhjyyden kauhu

- Uudella ajalla kreikkalaisten tyhjiys herätti vastustusta
- René **Descartes** (1596-1650):
Tyhjä avaruus on ajatuksenakin mahdoton.
- Plenum, eetteri, täyttää koko avaruuden. Aine on jatkuvaa.
- Eetterihypoteesi hallitsi fysiikkaa 1900-luvun alkuun asti.



Evangelista Torricelli sai aikaan ensimmäisen tyhjiön 1643.

Atomit takaisin luonnontieteisiin

- **John Dalton** (1766-1844)
 - Selitti kemialliset reaktiot atomien ja molekyylien avulla
 - Kullakin alkuaineella on omat atominsa. Eroavat massaltaan.
- Useimmat fyysikot eivät uskoneet, tyhjiys atomien välillä epäilytti.
- **Ludvig Boltzmann** (1844-1906) otti vakavasti. Kehitti kaasujen tilastollisen teorian.

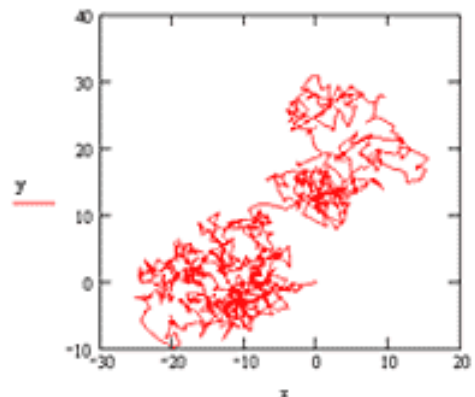
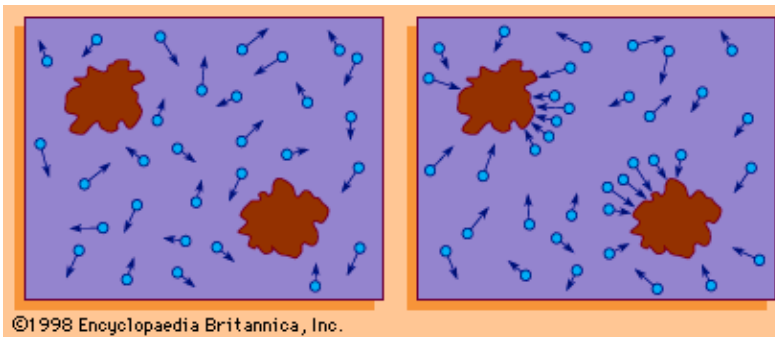


Brownin liike

Albert Einstein selitti tilastollisen kaasuteorian pohjalta ilmiön 1905

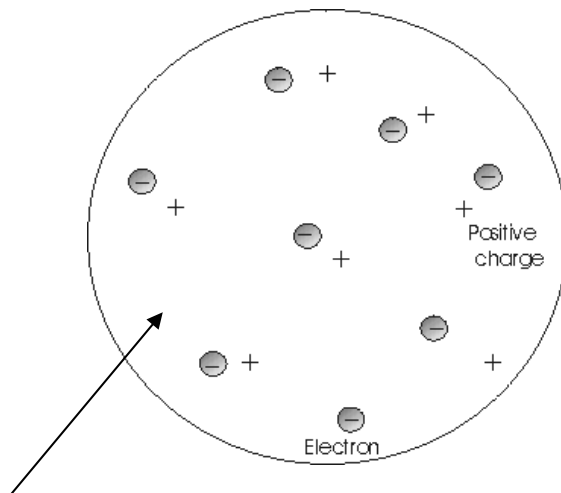
Jean Perrin varmisti pian Einsteinin teorian tarkkoilla mittauksilla

Lopullinen voitto atomiteorialle.



Atomimalli

- **J J Thomson:** Elektronien lukumäärä atomissa verrannollinen atomipainoon.
- Luumuvanukasmalli

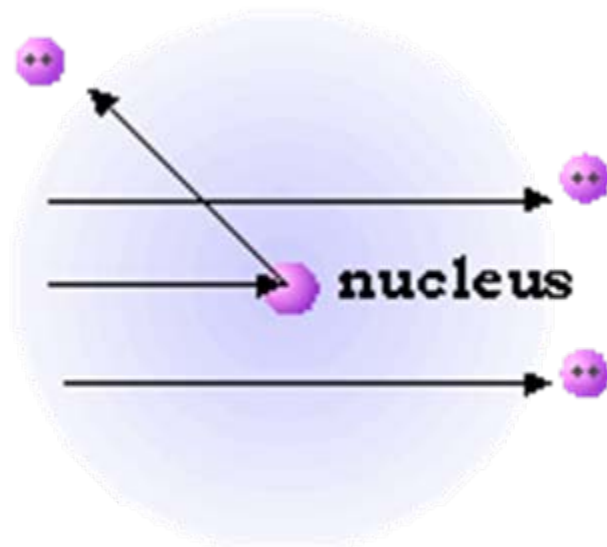


Umpiaineinen pallo

Rutherfordin ydinmalli

Käsitys atomin rakenteesta uudelle pohjalle.

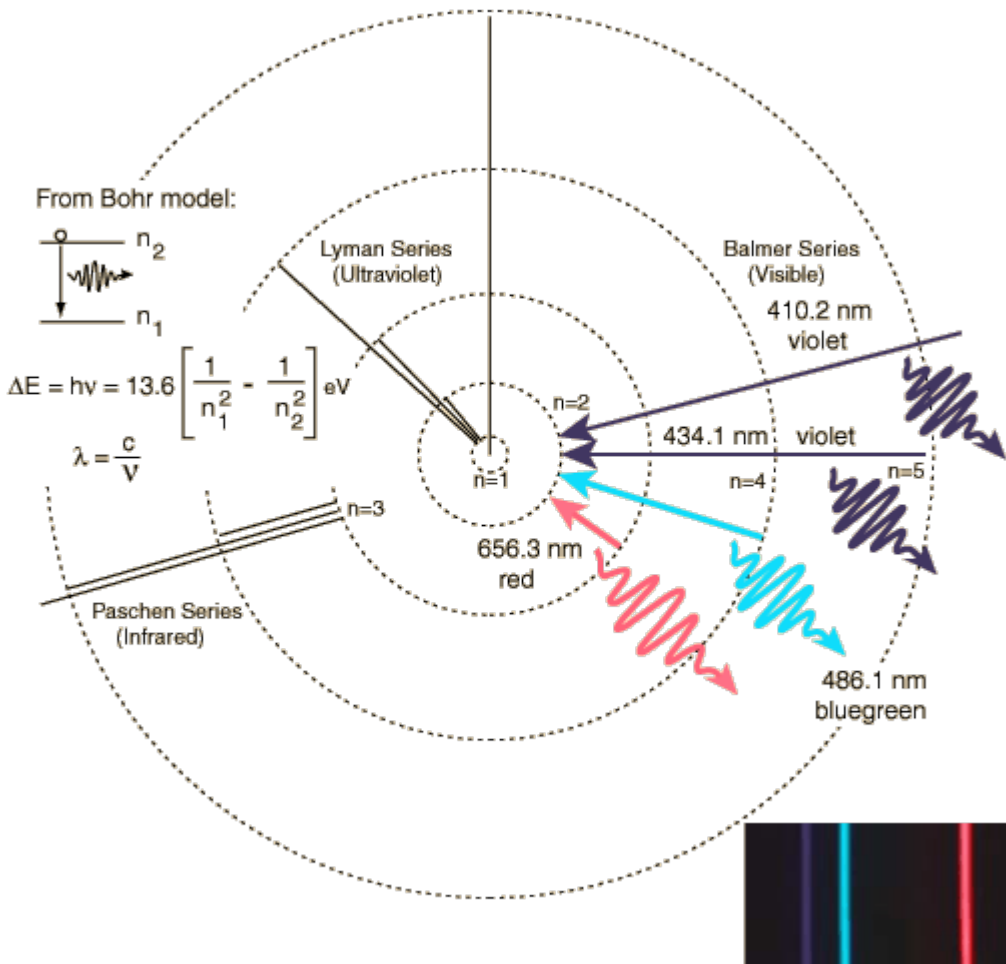
Ernst Rutherford (1871-1937)



Atomi enimmäkseen tyhjää!!

- **Niels Bohr (1885-1962)**

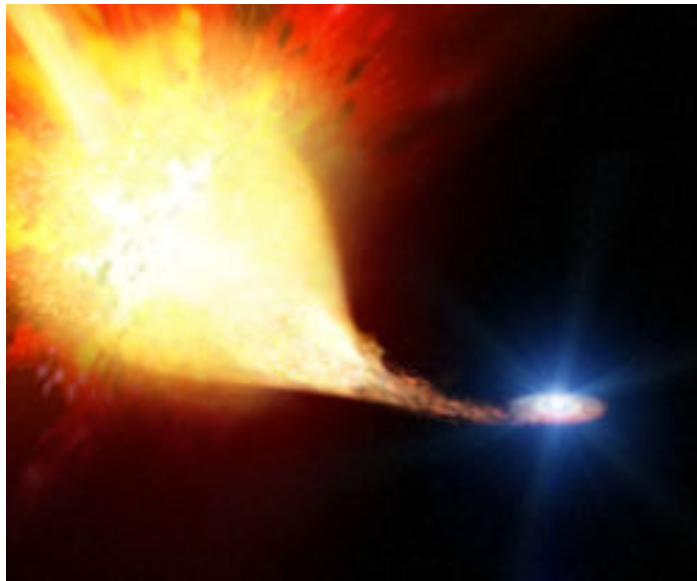
- Klassisen fysiikan lait eivät päde atomissa
- Energia kvantittunut



Mikä pitää atomin koossa? Kvanttimekaniikka!

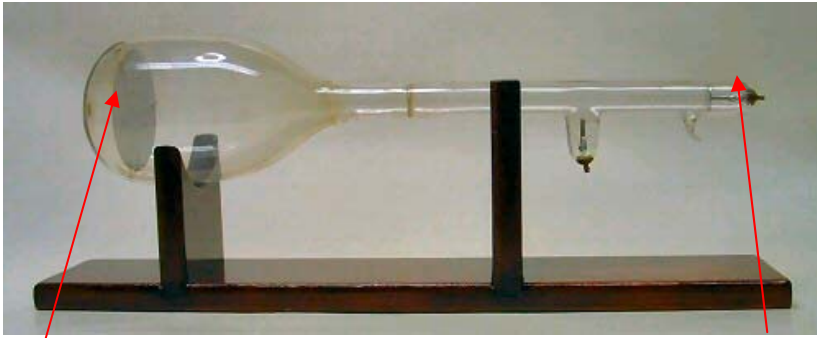
- Atomin hajottamiseen tarvitaan tietty vähimmäismäärä energiaa.
- Normaalioloissa atomien törmäyksissä vähemmän energiaa. Aine säilyttää rakenteensa.

- Atomin puristaminen kokoon vaatii äärimmäiset olosuhteet. Tähtien romahduksessa elektronit joutuvat ytimiin ja syntyy **neutronitähti**. Tiheys on sama kuin ydinaineen tiheys 10^{18} kgm^{-3} .



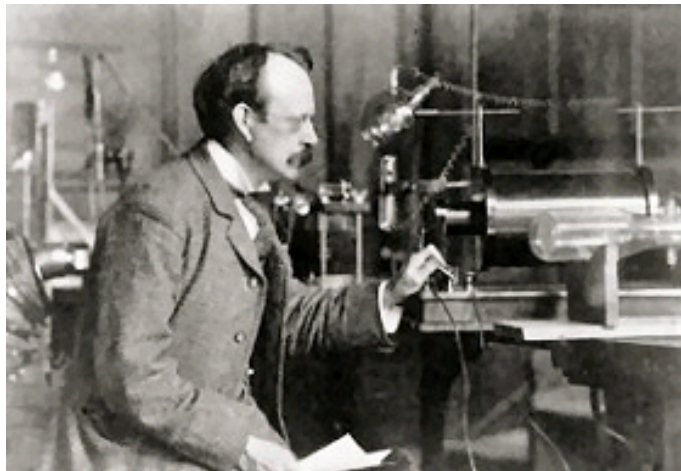
Ensimmäiset hiukkaset

- **J.J.Thomson** löysi **elektronin** vuonna 1897 tutkiessaan ”katodisäteitä”.

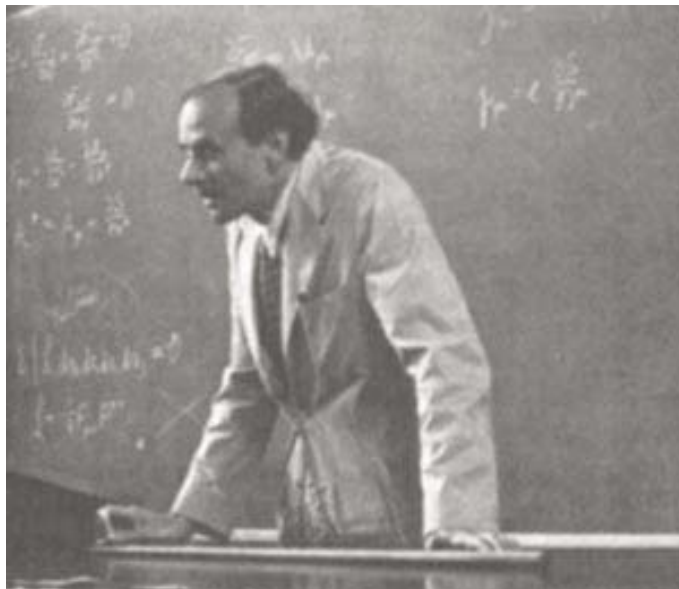


Elektroni jättää jäljen fluoresoivaan pintaan

Elektroni irtoaa katodilta.

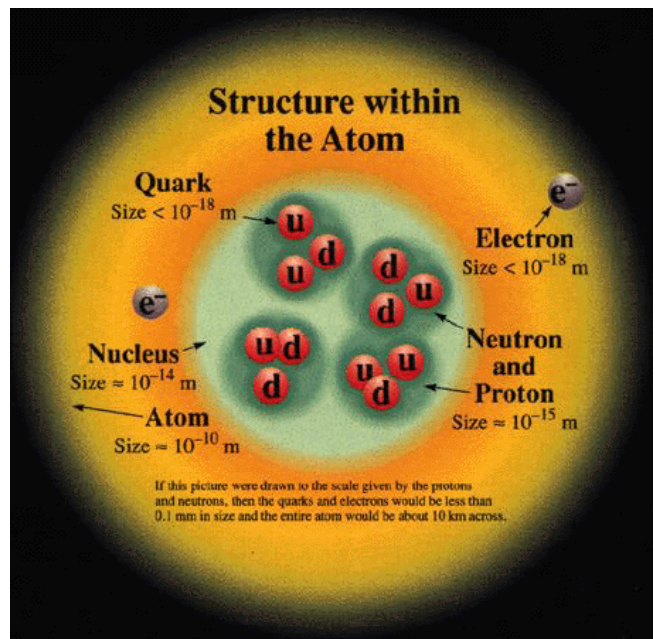


- Protonia ja elektronia pidettiin jonkin aikaa aineen perusosina.
- Neutroni löydettiin 1932
- **Paul Dirac** (1902-1984) keksi **antihukkaset** 1928.
Ensimmäinen aineen "tarpeeton" muoto.



Hiukkasten kukkatarha

- Tarpeettomia, ei-pysyviä hiukkasia alettiin löytää runsaasti, hadroneita kymmenittäin.
- 1960-luvulla keksittiin kvarkkimalli.



Perushiukkaset

- Tämänhetkinen käsitys

Elementary Particles

Quarks	u up	c charm	t top	Force Carriers	γ photon
	d down	s strange	b bottom		g gluon
Leptons	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Force Carriers	Z Z boson
	e electron	μ muon	τ tau		W W boson
	I	II	III		
Three Families of Matter					

Avoimia kysymyksiä

- Onko perushiukkasilla alkeellisempi alirakenne?
- Massan alkuperä
- Painovoiman kvanttiluonne
- Kysytäänkö oikeita kysymyksiä?

Lisää alirakenteita?

MOLEKYYLIT

ATOMIT

YTIMET

NUKLEONIT

KVARKIT

??

Jatkuuko ketju? Loppuvatko tutkimisen keinot?

Mitä on massa?

- Einstein: Massa on hiukkasen sisäisen energian mitta.
 $E=mc^2$.
- Protonin massa = kvarkkien massa + kvarkkien liike-energia + kvarkkien vuorovaikutusenergia.
- Kvarkkien massan osuus noin 10%.
- Jos kvarkit ovat perushiukkasia, niiden massa tulee Higgsin kentästä.

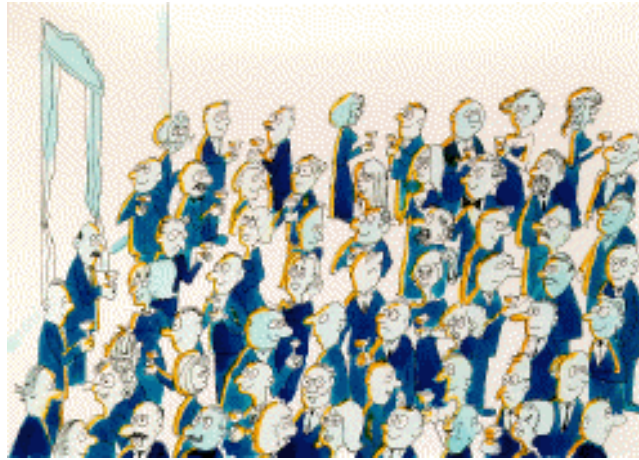
Massan alkuperä

- Nykykäsitys:
Avaruuden täyttää Higgsin kenttä, jonka vaikutus hiukkasiin ilmenee massana
- Higgsin hiukkasta ei ole vielä löydetty.



Kvasipoliittinen esitys Higgsin mallista

Kepun
puoluekokous-
väkeä



Higgsin
kenttä

Vanhanen
saapuu



Hiukkanen
saapuu

Vanhanen
kerää
ympäriinsä
väkeä.
Eteneminen
hidasta.



Hiukkanen
saa
massan.
Nopeus <
valon-
nopeus.

Higgsin hiukkanen

”Hei, Matti
tulee jonkin
blondin
kanssa!”



Higgsin
kenttään
syntyy
”häiriö”

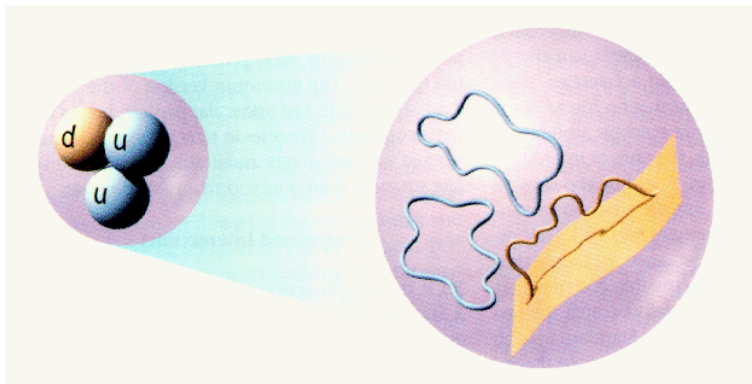
Tieto
leviää
suusta
suhun
läpi salin.



Higgsin
hiukkanen

Painovoiman kvanttiluonne

- Vaikea ongelma
- Lupaavin teoria supersäieteoria



- Hiukkaset ovat erilaisia säikeiden värähtelyjä 10-ulotteisessa avaruudessa. Täysin uusi kuva aineesta!

- Supersäieteorian testaaminen vaikeaa/mahdotonta.
- Itse asiassa 100^{500} erilaista teoriaa. Teorioiden "maisema".
- Onko luovuttava teorioiden testattavuuden vaatimuksesta?

Epäaine

- Tämän vuoden uutuus. (Howard Georgi)
- Perustuu ns skaalattomiin kenttäteorioihin. Vrt fraktaalit.



- Skaalattoman teorian aineessa ei voi olla hiukkasia, sillä massat kiinnittävät mittakaavan.
- Voivat vaikuttaa tavalliseen aineeseen. Nähtävissä mittauksissa?

Kysymmekö oikeita kysymyksiä?

- Atomien etsiminen turhaa? Aineen perusolemus ei välttämättä kuvattavissa hiukkasina.
- Pimeää aine? Meidä tavallinen aineemme marginaali-ilmio maailmankaikkeudessa.
- Lopullisia vastauksia saadaan vasta kun lopullinen teoria on keksitty.