

VUOROVAIKUTUKSET:

1) GRAVITAATIO ELI PAINOVOIMA (gravitoni)

- johtuu vuorovaikuttavien kappaleiden massoista
- planeetat ja asteroidit (= planeettojen kuut) kiertävät aurinkoa gravitaatiovuorovaikutuksen johdosta, samoin planeettojen kuut planeettoja (gravitaatiolaki)
- esim. aurinkokunnat ja galaksit pysyvät kasassa gravitaatiovuorovaikutuksen johdosta
- kaikkein heikoin ja huonoiten tunnettu vuorovaikutus
- pitkän kantaman vuorovaikutus (kantama ∞), suht.voim. $\sim 10^{-38}$
- välittäjähiukkanen gravitoni, jota ei ole vielä havaittu

2) SÄHKÖMAGNEETTINEN VUOROVAIKUTUS (fotoni)

- sähkövarausten väline voimavaikutus, magneettien välillä
- toiseksi vahvin vuorovaikutus
- esim. atomiytimen ja elektroniverhon välillä \rightarrow sm-vuorovaikutus pitää atomia koossa
- protonien välillä sähkömagneettinen hylkimisvoima
- kemialliset sidokset, molekyylien väliset heikot voimat (van der Waalsin voimat) ovat sm-vuorovaikutuksesta johtuvia voimia
- sidosvoimat, kiinnevoimat ja kosketusvoimat ovat luonteeltaan sähkömagneettisia
- pitkän kantaman vuorovaikutus (kantama ∞), suht.voim. $\sim 10^{-2}$
- välittäjähiukkanen fotoni

3) VAHVA VUOROVAIKUTUS ELI VÄRIVOIMA (gluoni)

- atomiytimessä nukleonien (protonit, neutronit) välillä sekä kvarkkien välillä; protonit ja neutronit koostuvat kvarkeista (ks. MAOL s. 104)
- atomiydin pysyy koossa, koska vahva vv $>$ sähkömagn. vv (protonien välinen sähkömagn. vv on hylkimisvoima !!)
- vahva vuorovaikutus on kaikkein vahvin vuorovaikutus
- kun etäisyys on alle 0,4 fm, vahva vv aiheuttaa voimakkaan hylkimisvoiman
- kun etäisyys on välillä 0,4 fm – 2 fm, vahva vv on vetovoima
- kun etäisyys on yli 2 fm, vahva vv heikkenee nopeasti
- kantama $\sim 10^{-15}$ m, suht.voim. ~ 1
- välittäjähiukkanen gluoni

4) HEIKKO VUOROVAIKUTUS (välibosoni)

- aiheuttaa neutronin ja protonin hajoamisen ytimen beetahajoamisessa
- toiseksi heikoin vuorovaikutus
- vaikuttaa ainoastaan atomin ytimen suuruusluokkaa olevilla etäisyyksillä
- kantama $\sim 10^{-18}$ m, suht.voim. $\sim 10^{-12}$
- välittäjähiukkasina toimii kolme erilaista välibosonia

\rightarrow YHTENÄISTEORIA

Yksi tämän hetken ajankohtaisia tutkimusaiheita fysiikassa on gravitaatiovuorovaikutus. Osa tutkijoista uskoo olevan mahdollista, ettei Newtonin gravitaatiolaki pädekään atomien mittakaavassa. Fyysikoiden tavoitteena on luoda kaikki vuorovaikutukset yhdistävä suuri yhtenäisteoria TOE, Theory of Everything.

(Vrt. YO-K1998+16)

YO-S2001-1

1. a) *Kaikki fysiikassa esiintyvät voimat aiheutuvat viime kädessä neljästä perusvuorovaikutuksesta. Luettele nämä vuorovaikutukset.*
 - b) *Selitä mikä perusvuorovaikutus on hallitseva seuraavissa ilmiöissä:*
 - 1) *Paperisilppu tarttuu kampaan, jolla on juuri harjattu hiuksia.*
 - 2) *Kuu kiertää Maata.*
 - 3) *Atomiydin pysyy koossa.*
 - 4) *Pallo pomppaa lattiasta.*
-
- a) Perusvuorovaikutukset ovat gravitaatiovuorovaikutus, sähkömagneettinen vuorovaikutus, vahva vuorovaikutus ja heikko vuorovaikutus.
 - b)
 - 1) **Sähkömagneettinen vuorovaikutus**
Kammattaessa hankaussähköllä varautunut kampa synnyttää ympärilleen sähkökentän, joka aiheuttaa paperipalasisä sähköisen polarisaation ja edelleen vetovoiman.
 - 2) **Gravitaatiovuorovaikutus**
Kuun keskeiskiihtyvyys aiheutuu Maan ja Kuun välisestä gravitaatiovoimasta.
 - 3) **Vahva vuorovaikutus**
Nukleonien välisestä vahvasta vuorovaikutuksesta aiheutuva vetovoima on paljon suurempi kuin protonien välinen sähköinen poistovoima.
 - 4) **Sähkömagneettinen vuorovaikutus**
Kosketusvoimat ja kimmovoimat aiheutuvat aineen rakenneosasten välisistä sähköisistä voimista.

SÄILYMISLAIT:

(vrt. YO-K1986 +12)

1) ENERGIAN SÄILYMISLAKI: $\sum E_i = \text{vakio}$

- eristetyn systeemin kokonaisenergia säilyy

- **esim.1. mekaanisen energian säilymlaki:** $E_p^a + E_k^a = E_p^l + E_k^l$

(eristetty systeemi; $E_p = mgh$, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ($v \ll c$), $a = \text{alussa}$, $l = \text{lopussa}$)

Huom! Jos $v \geq 0,1c \Rightarrow E_k = mc^2 - m_0c^2$, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

- **esim.2. mekaanisen energian säilymlaki:** $E_p^a + E_k^a + W = E_p^l + E_k^l$

(eristämätön systeemi) eli **energiaperiaate**, $W = \text{ulkoisten voimien tekemä työ}$

Esim. kitka, ilmanvastus $\Rightarrow W < 0$, myötätuuli $\Rightarrow W > 0$.

Kappale vierii eli etenee ja pyörii $\Rightarrow E_k = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2$

- massa on myös yksi energian esiintymismuoto: $E = mc^2$

2) LIKEMÄÄRÄN SÄILYMISLAKI: $\sum \bar{p}_i = \text{vakio}$

- eristetyn systeemin liikemäärä säilyy: $\sum \bar{p}_i = m_i \bar{v}_i = \text{vakio}$

- pätee sekä klassisessa fysiikassa että modernissa fysiikassa ("atomimaaailmassa")

- **esim.1. kimmoisa törmäys:** $m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 = m_1 \bar{u}_1 + m_2 \bar{u}_2$

- **esim.2. kimmoton törmäys:** $m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 = (m_1 + m_2) \bar{u}$ (kappaleet tarttuvat kiinni)

- vrt. liikemäärä $\bar{p} = m\bar{v}$, impulssi $\bar{I} = \bar{F} \cdot \Delta t = m\Delta\bar{v} = \Delta\bar{p}$

3) PYÖRIMISMÄÄRÄN SÄILYMISLAKI: $L = J\omega = \text{vakio}$

- eristetyn systeemin pyörimismäärä eli liikemäärämomentti säilyy: $J_a \omega_a = J_1 \omega_1$.
($J = \text{hitausmomentti}$, $\omega = \text{kulmanopeus}$)

- esim. massapisteellä $\bar{L} = \bar{r} \times \bar{p} = \bar{r} \times m\bar{v}$

Hitausmomenttien arvoja eri kappaleille on taulukossa (MAOL s. 118-119 (113-114)).

- **esim. taitoluistelijan piruetit, uimahyppääjän voltit** (kun J pienenee, niin ω kasvaa !!)

- **karuselli, helikopteri, gyroskooppi, Keplerin II laki, alkeishiukkasten spin**, jne.

4) VARAUKSEN SÄILYMISLAKI: $\sum Q_i = \text{vakio}$

- eristetyn systeemin kokonaisvaraus säilyy eli positiivisten ja negatiivisten varausten summa on vakio

→ **Kirchhoffin I laki:** tiettyyn pisteeseen tulevien sähkövirtojen summa = lähtevien sähkövirtojen summa,

kondensaattorit, anihilaatioreaktio: $e^+ + e^- \rightarrow 2\chi$, jne.

5) HIUKKASFYSIIKAN SÄILYMISLAIT:

- leptoniluvun säilymlait

- baryoniluvun säilymlait

- pariteetti, isospin, outous, kauneus, lomo, totuus
(MAOL s. 107-108 (104))