Neutriino-oskillaatiot

Hiukkasfysiikan standardimalli

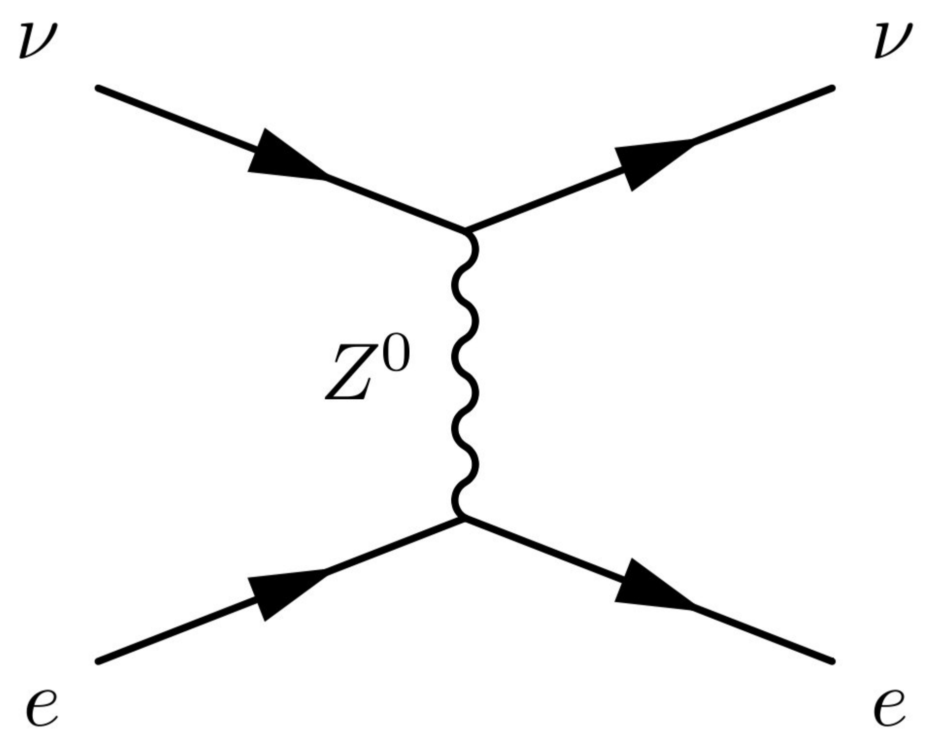
Ainehiukkaset

Fermionit

Kvarkit	
u-kvarkki	u
d-kvarkki	d
c-kvarkki	c
s-kvarkki	s
t-kvarkki	t
b-kvarkki	b

Leptonit	
elektroni	e^-
elektronin neutriino	ν_e
myoni	μ
myonin neutriino	ν_μ
tau	τ
taun neutriino	ν_τ

Sähköheikko teoria



Lähde:

http://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:Alkeishiukkaset_kaavio.svg

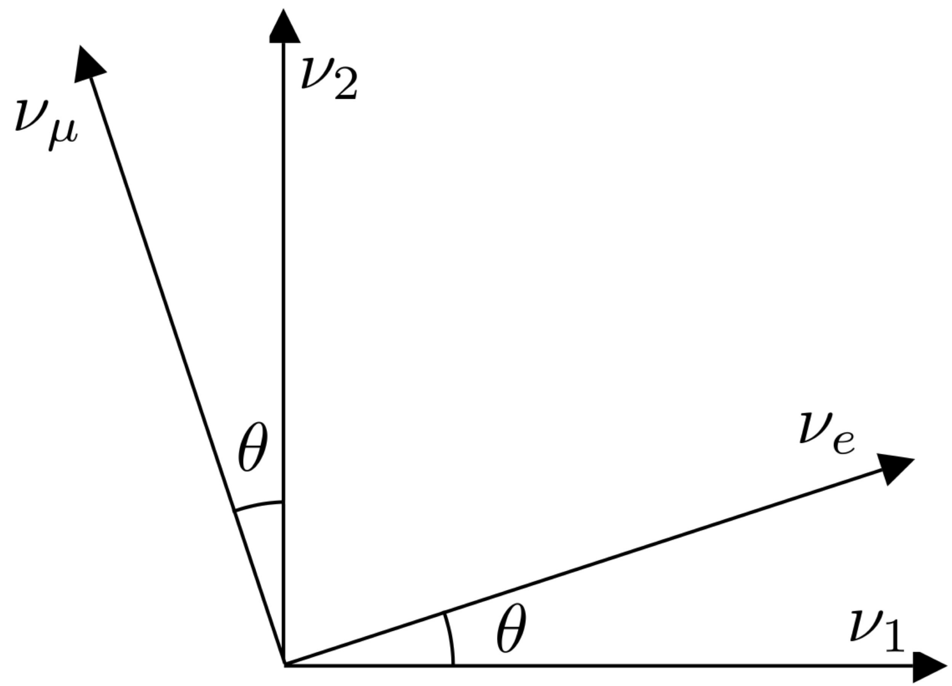
http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Kulmalukko

Maku- ja massatilat

- Makutilat ovat sekoitus massatiloista
- Kannasta toiseen pääsee sekoitusmatriisin avulla

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \end{pmatrix}$$

$$|\nu_e\rangle = \cos\theta\,|\nu_1\rangle + \sin\theta\,|\nu_2\rangle$$
$$|\nu_\mu\rangle = -\sin\theta\,|\nu_1\rangle + \cos\theta\,|\nu_2\rangle$$



Elektronin neutriinon eteneminen

Eteneminen avaruudessa selviää siirtymäoperaattorin avulla:

$$|\nu_e\rangle = \cos\theta\,|\nu_1\rangle + \sin\theta\,|\nu_2\rangle$$
$$|\nu_\mu\rangle = -\sin\theta\,|\nu_1\rangle + \cos\theta\,|\nu_2\rangle$$

$$\begin{aligned}
|\nu_e(x,0)\rangle &= e^{i\hat{p}x}\,|\nu_e(x=0,t=0)\rangle \\
&= \cos\theta e^{ip_1x}\,|\nu_1\rangle + \sin\theta e^{ip_2x}\,|\nu_2\rangle \\
&= e^{ip_1x}(\cos\theta\,|\nu_1\rangle + e^{-i(p_1-p_2)x}\sin\theta\,|\nu_2\rangle)
\end{aligned}$$

Ultrarelativistisessa approksimaatiossa liikemäärien erotus voidaan kirjoittaa:

$$p_1 - p_2 \approx \frac{m_2^2 - m_1^2}{2E} = \frac{\Delta m^2}{2E}$$

Havaitsemistodennäköisyys

Todennäköisyys havaita elektronin neutriino etäisyydellä *L*:

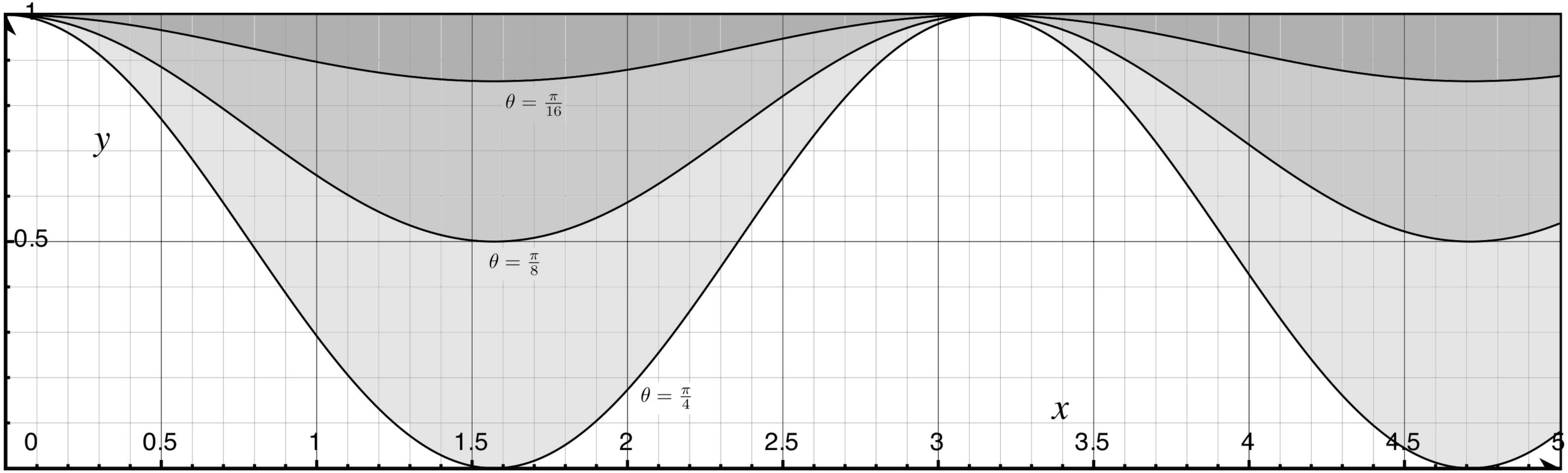
$$P(\nu_e \to \nu_e) \approx 1 - \sin^2 2\theta \sin^2 \left(\frac{\Delta m^2}{4E} L \right)$$

Todennäköisyys havaita muonin neutriino etäisyydellä *L*:

$$P(\nu_e \to \nu_\mu) \approx \sin^2 2\theta \sin^2 \left(\frac{\Delta m^2}{4E} L \right)$$

Havaitsemistodennäköisyys

Todennäköisyys oskilloi etäisyyden funktiona:



Oskillaatiopituus on: $L_{osc} = \frac{4\pi E}{\Delta m^2}$

$$P(\nu_e \to \nu_e) \approx 1 - \sin^2 2\theta \sin^2 \left(\frac{\Delta m^2}{4E} L \right)$$

$$P(\nu_e \to \nu_\mu) \approx \sin^2 2\theta \sin^2 \left(\frac{\Delta m^2}{4E} L \right)$$