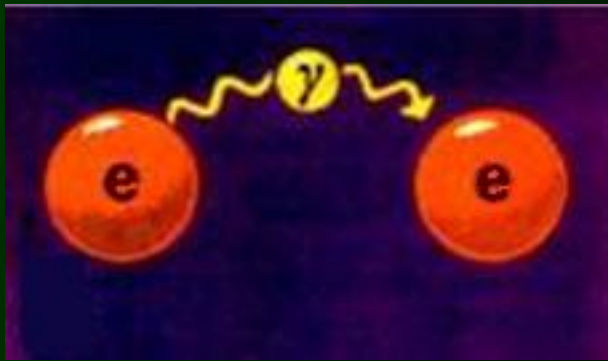


Электромагнитное взаимодействие



Переносчик – фотон

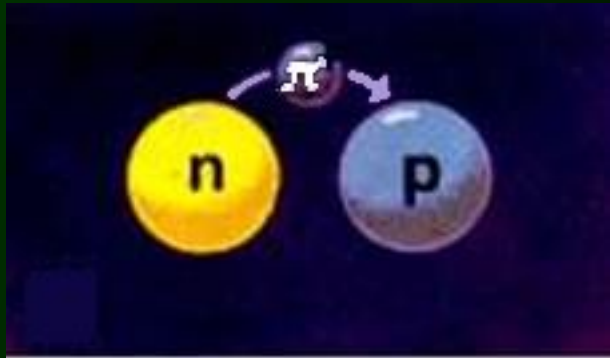
$$\Delta E \Delta t \approx \hbar$$

$$E = \hbar \omega \Rightarrow E \rightarrow 0 \text{ при } \omega \rightarrow 0 \Rightarrow \Delta t \rightarrow \infty$$

Дальнодействующее

Только заряженные частицы

Сильное взаимодействие



Между нуклонами

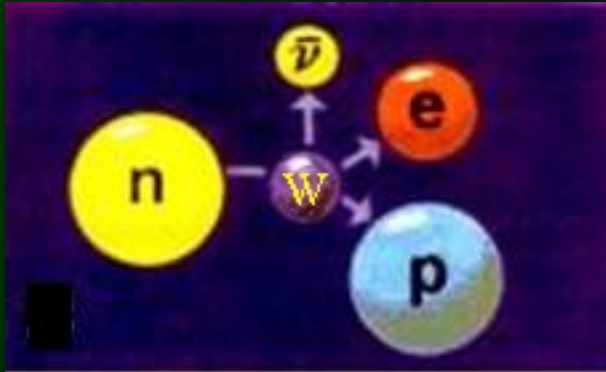
Зарядовонезависимое

Короткодействующее

$$\Delta t = \frac{r}{c} \Rightarrow \Delta E = \frac{h}{\Delta t} = \frac{hc}{r} \Rightarrow \Delta E = \frac{hc}{r} = \frac{h}{rc}$$

$m \approx 300m_e$ π -мезон Х. Юкава, 1935 г.

Слабое взаимодействие



β -распад

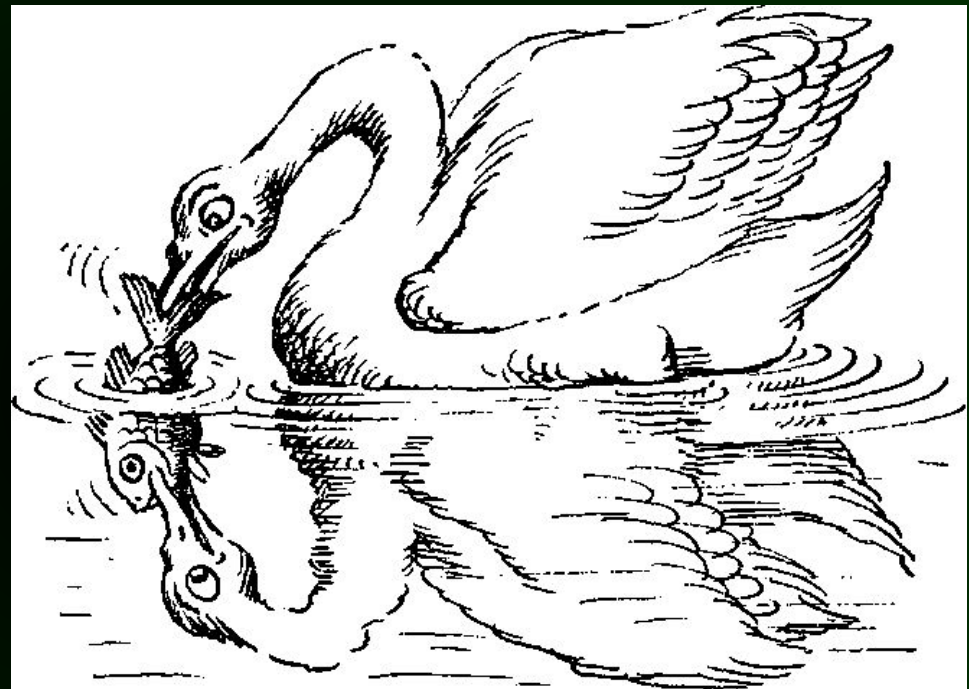
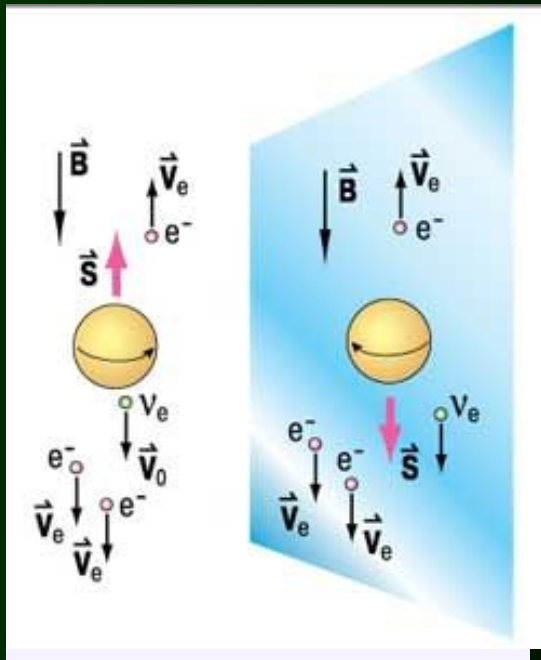
Короткодействующее

Переносчик – W-бозон, $m_W \sim 180000 m_e$

Радиус действия $\sim 10^{-18}$ м

Нарушение четности

Ли, Янг и Ву, 1956 г.



Четность:

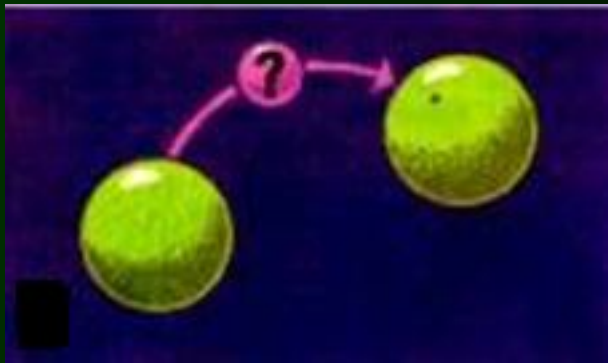
С – зарядовая

Р – пространственная

Т – временная

Нобелевская премия 1957 г.

Гравитационное взаимодействие



Универсальное

Дальнодействующее

Типы взаимодействий

Тип взаимодействия	Сильное	Электромагнитное	Слабое	Гравитационное
Взаимодействующие частицы	кварки, нуклоны	заряженные	кварки, лептоны	все частицы
Радиус действия	10^{-15} м	∞	10^{-18} м	∞
Относительная сила	1	1/137	10^{-14}	10^{-39}
Частицы-носители	π -мезоны	фотоны	W-бозоны	гравитоны?

Элементарные частицы

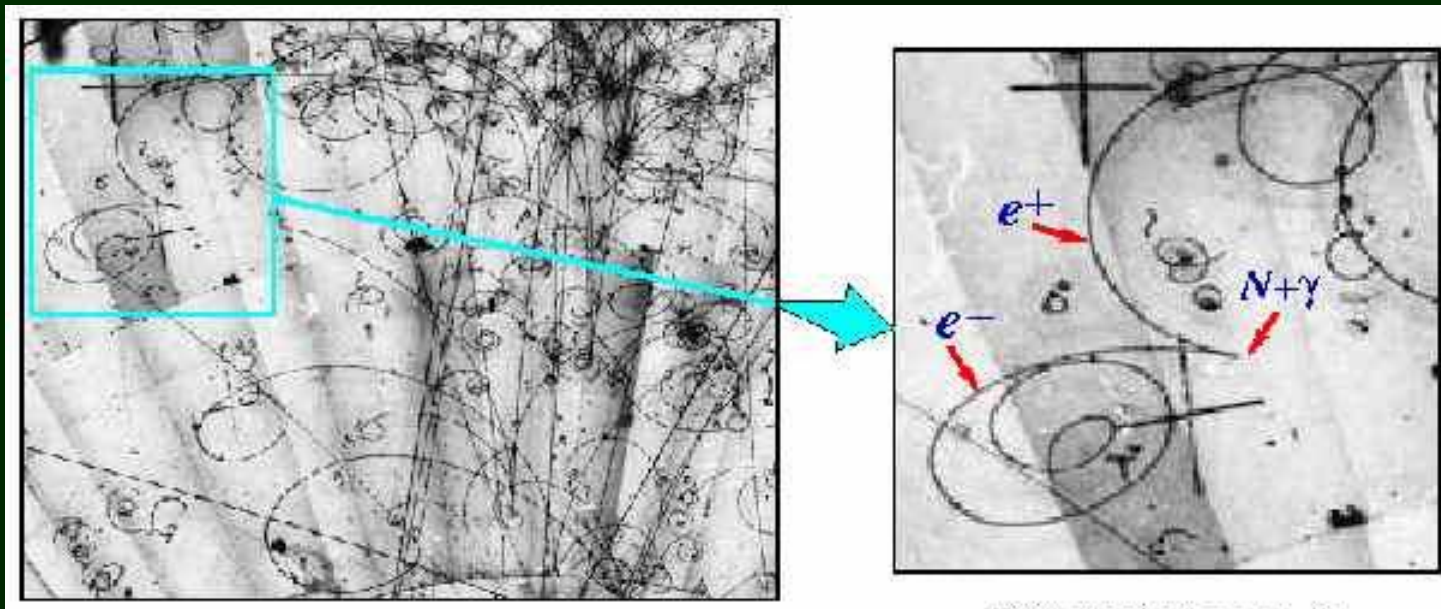
	Фермионы			Бозоны	
Кварки	u up +2/3	c charm +2/3	t top +2/3	γ photon	Носители взаимодействия
	d down -1/3	s strange -1/3	b bottom -1/3	Z Z boson	
Лептоны	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	
	e electron	μ muon	τ tau	g gluon	

Лептоны: э/м, слабое взаимодействие Фермионы

${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + e + \tilde{\nu}$ Сохранение лептонного заряда

$m_\mu = 207m_e$ $\mu^- \rightarrow e + \nu_\mu + \tilde{\nu}_e$ $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$

Частицы и античастицы



Мезоны

Мезоны: π , K, η

Сильное, э/м, слабое взаимодействие

u up +2/3	c charm +2/3	t top +2/3
d down -1/3	s strange -1/3	b bottom -1/3

Бозоны

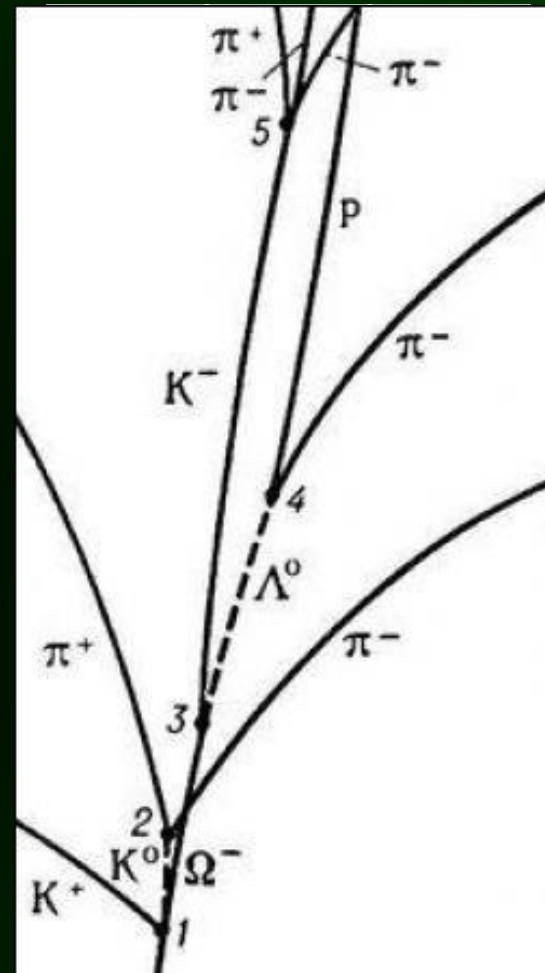
$$\pi^+ = \bar{u}d \quad \pi^- = d\bar{u} \quad \pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu \quad 2,6 \cdot 10^{-8} \text{ c}$$

$$\pi^0 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\bar{u}u - \bar{d}d) \quad \pi^0 \rightarrow 2\gamma$$

Мезоны

$$K^- = \bar{u}s \quad 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ с}$$

$K^- \rightarrow$	$\mu^- + \bar{\nu}_\mu$	63,5%
	$\pi^- + \pi^0$	21,1%
	$\pi^+ + \pi^- + \pi^-$	5,6%
	$e + \bar{\nu}_e + \pi^0$	4,8%
	$\mu^- + \bar{\nu}_\mu + \pi^0$	3,2%
	$\pi^- + \pi^0 + \pi^0$	1,7%



Барионы

Тяжелые фермионы, участвующие

в сильных взаимодействиях

Сохранение **барионного заряда**

u up +2/3	c charm +2/3	t top +2/3
d down -1/3	s strange -1/3	b bottom -1/3

Символ	Кварки	Масса, МэВ	Время жизни, с	Распад
p	uud	938,3	∞	—
n	ddu	939,6	886	$p + e + \bar{\nu}_e$
Λ^0	uds	1116	$2,6 \cdot 10^{-10}$	$\pi^- + p$
Δ^{++}	uuu	1232	$6 \cdot 10^{-24}$	$\pi^+ + p$
Λ_b^0	udb	5624	$1,2 \cdot 10^{-12}$	

Конфайнмент

