

Kvantfältteorier

Feynman diagram
Kvantelektrodynamik
Elektrosvagväxelverkan
Kvantkromodynamik

De fundamentala kräfterna

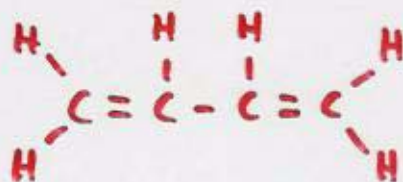
(som verkar p> hadroner och leptoner)

Kraft	Relativ styrka (för $m = m_p$)	Räckvidd	Vxelverkan med
Gravitation	$6 \cdot 10^{-39}$	∞	massiva partiklar
Svag kraft	$1 \cdot 10^{-5}$	$< 10^{-18} \text{ m}$	Leptoner + hadroner
Elektromagnetism	$7 \cdot 10^{-3}$	∞	laddade partiklar
Stark kraft	1	$< 10^{-15} \text{ m}$	hadroner

Feynman Diagram

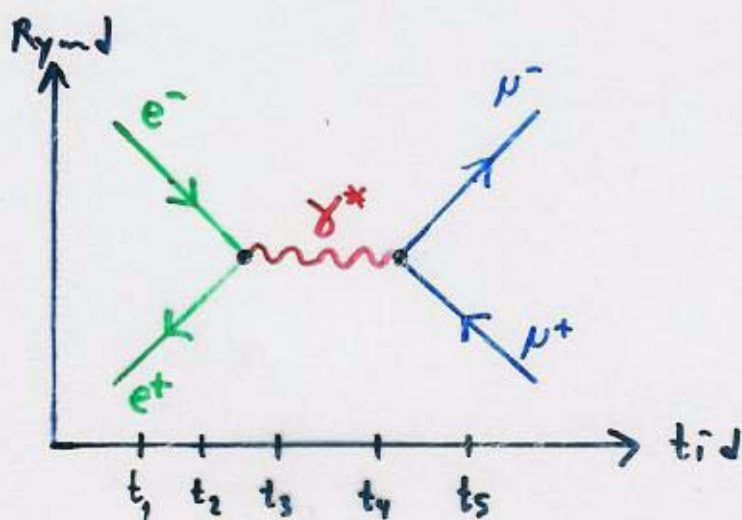
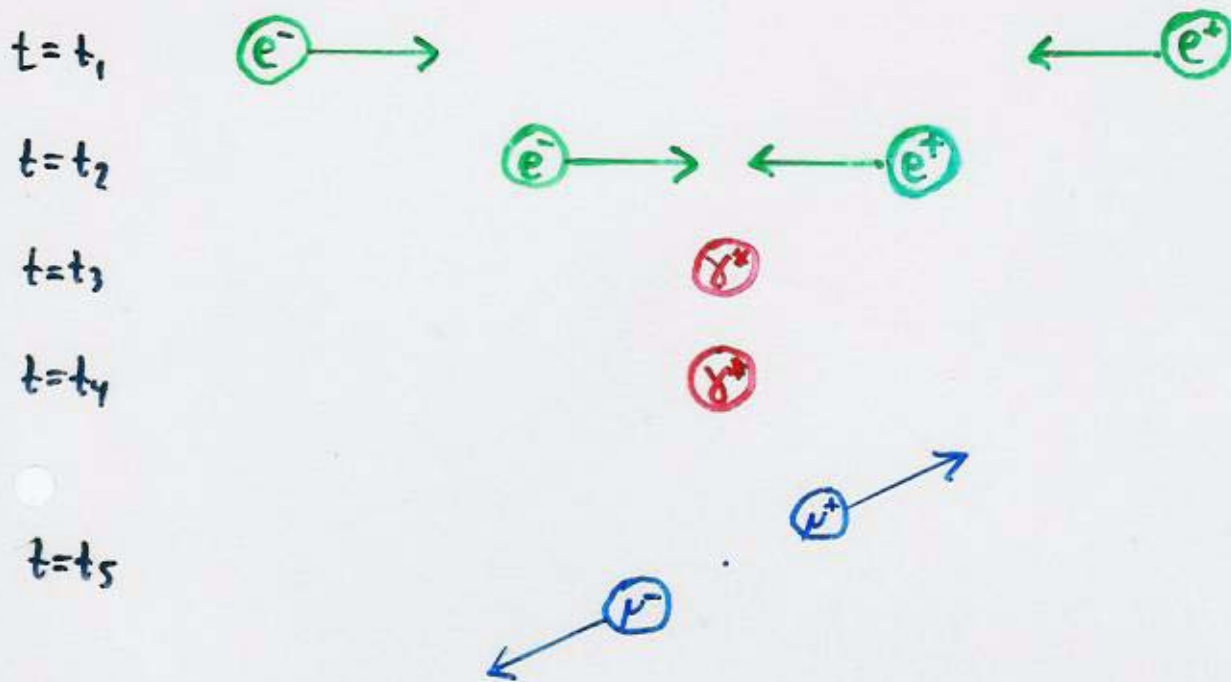
Figurer som åskådliggör hur partikel fysik reaktioner äger rum. Är mycket användbara vid beräkningar av hur sannolika olika reaktioner är (dvs vilken trötthet de har).

Jämför med kemins:



Butadien
molekyl
 C_4H_6

Exempel: e^+e^- - kollision i vilket ett $\mu^+\mu^-$ - par bildas.



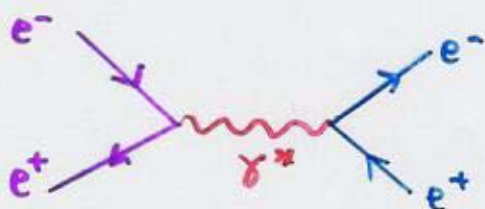
Kvant elektrodynamik

(eng. Quantum Electro Dynamics - QED)

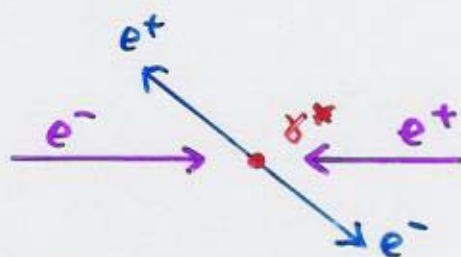
- Detta är en kvantfältteori som beskriver den elektromagnetiska växelverkan.
- QED inkorporerar både kvantmekanik och relativitetsteori.
- Växelverkan sker i QED genom utbyte av fotoner.
- Fotonen är oladdad, masslös och stabil.
- Elektromagnetisk växelverkan kan ske över mycket stora avstånd.
- Alla laddade partiklar växelverkar elektromagnetiskt.
- Med QED kan man göra beräkningar som överensstämmer med stor exakthet med experiment.

- Exempel på QED process:

$$e^+ e^- \rightarrow \gamma^* \rightarrow e^+ e^-$$



Feynman diagram



I experimentet

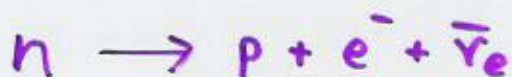
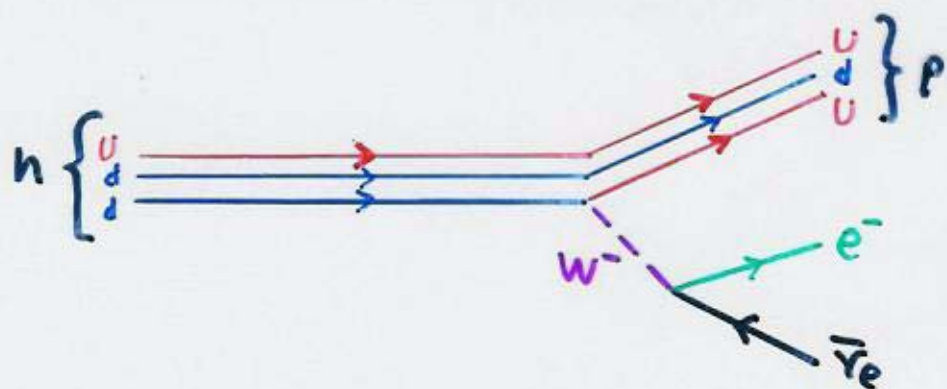
Elektrosvag växelverkan

(eng. The Glashow-Weinberg-Salam model - GSW)

- Detta är en kvantfältteori som beskriver både den svaga och den elektromagnetiska växelverkan.
- Växelverkan sker i GSW genom utbyte av fotoner samt Z^0 , W^+ och W^- bosoner.
- Z^0 bosonen är oladdad, har massan $91 \text{ GeV}/c^2$ (dvs nästan lika mycket som två järnatomer) och är kortlivad.
- W bosonerna har laddningen $+1e$ och $-1e$ och har massan $80 \text{ GeV}/c^2$. De är kortlivade.
- Svag växelverkan sker genom utbyte av Z^0 och W bosoner.
- Den svaga växelverkan är svag och har en kort räckvidd p.g.a. Z^0 och W bosonernas mycket stora massa.
- Alla kvarkar och leptoner växelverkar elektrosvagt.

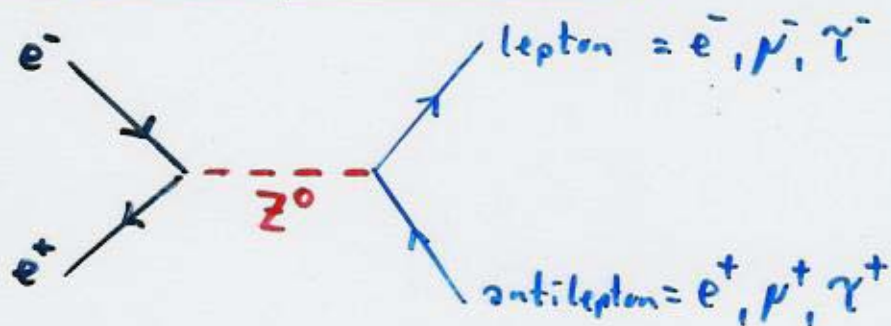
Exempel på GSW processer:

β -sönderfall av en neutron:

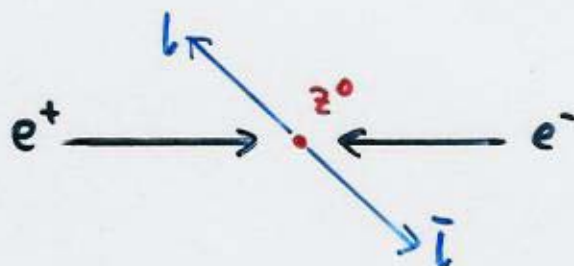


e^+e^- kollisioner vid LEP acceleratoren:

Feynman diagram:



I experimentet:

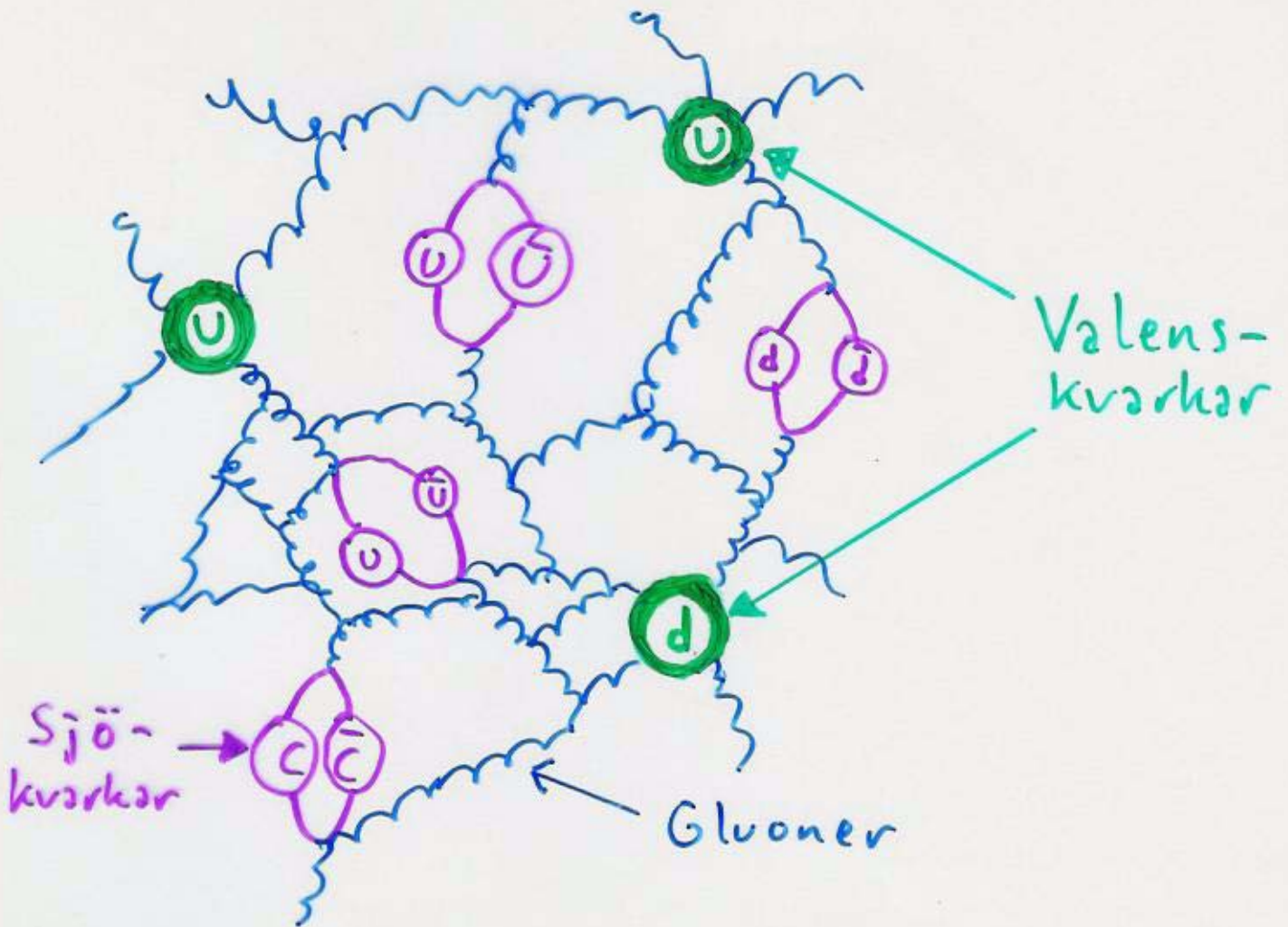


Kvant kromodynamik

(eng. Quantum Chromodynamics - QCD)

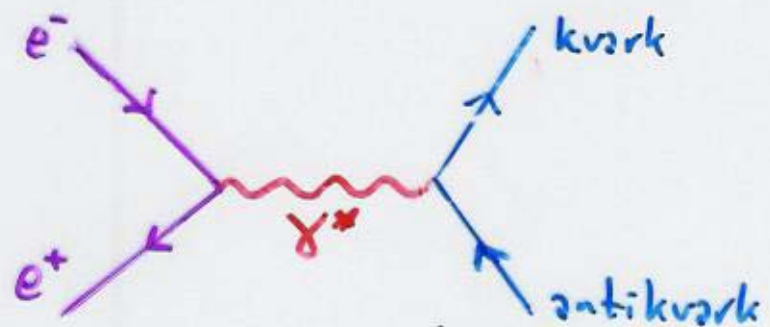
- QCD beskriver den starka växelverkan som ett utbyte av gluoner.
- Det finns åtta olika gluoner som alla är oladdade och masslösa.
- Gluonen kan inte existera som en fri partikel (det samma gäller för kvarkarna).
- Den starka växelverkan äger bara rum över mycket korta avstånd.
- Kvarkarna (men inte leptonerna) växelverkar starkt.

Protonen

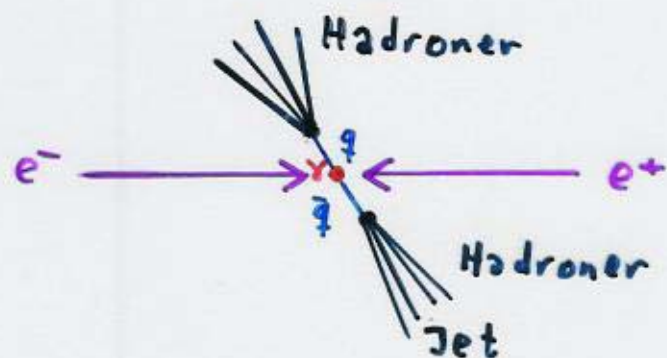


Hur kan man "se" kvärkar och gluoner?

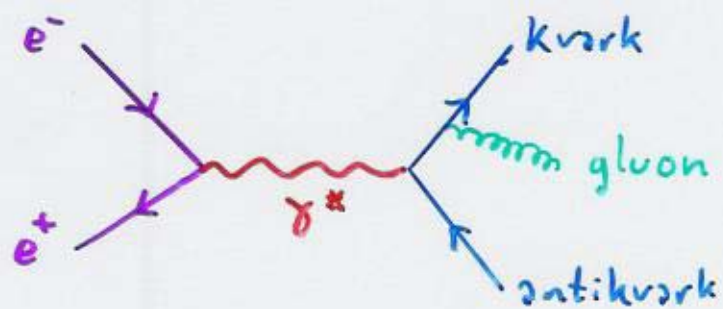
Feynman diagram:



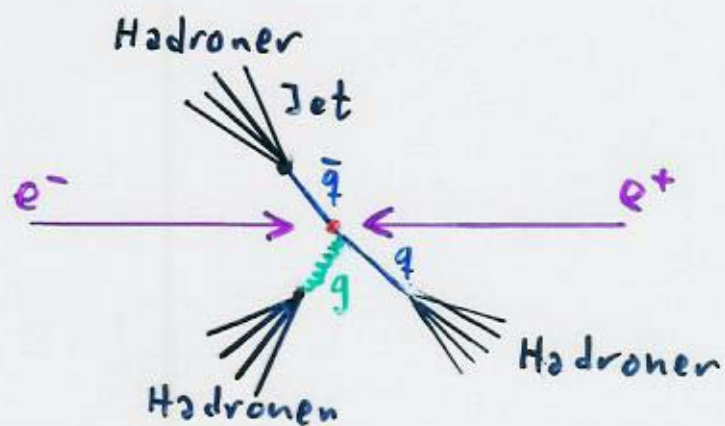
I experimentet:



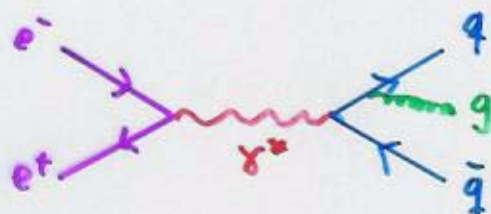
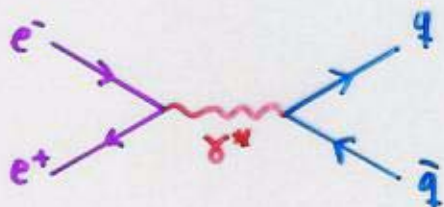
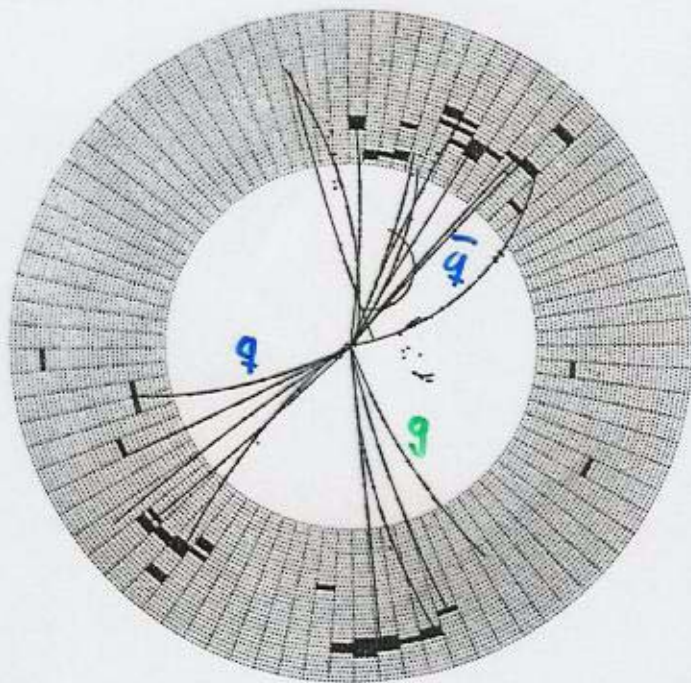
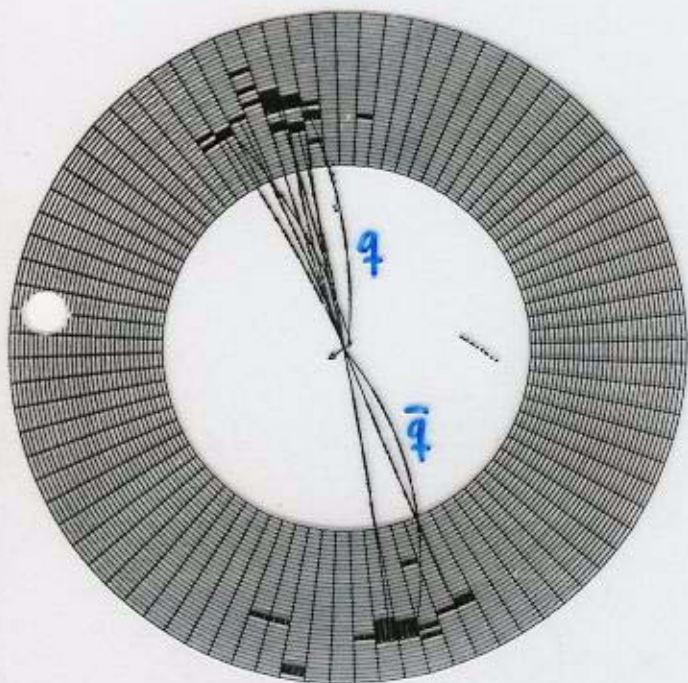
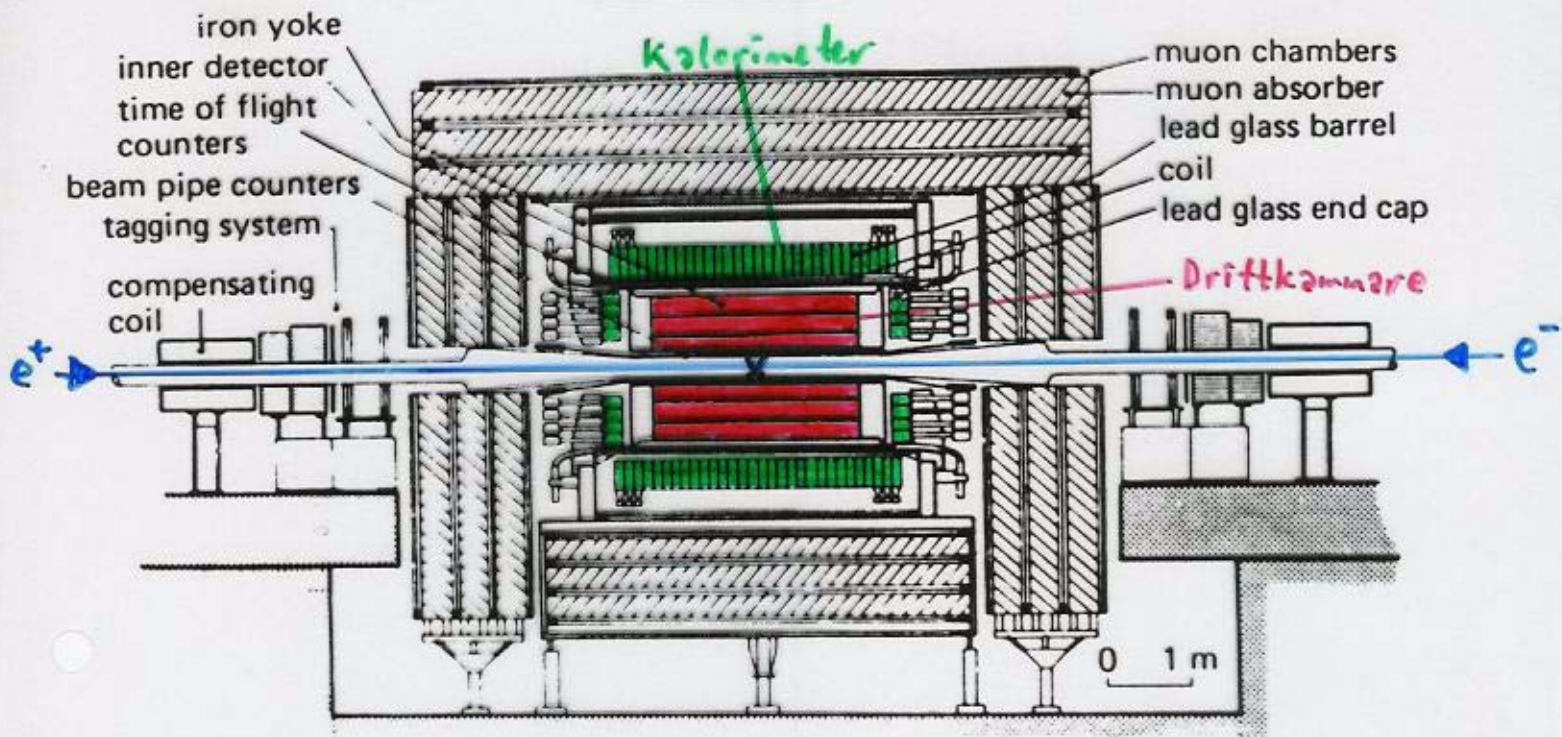
Feynman diagram:



I experimentet:



JADE



Utvecklingen av kraftfältteorier

Krafter	År 1970	År 1990	År 2020
Gravitation	Endast klassisk teori	Endast klassisk teori	?
Svaga krafter	-	} GWS } QCD } Standard modellen	} GUT } ?
Elektromagnetism	QED		
Starka krafter	-		

Många fysiker tror att en teori kan finnas som beskriver alla kända krafter samtidigt (kanske med undantag av gravitationen). Denna teori har getts namnet GUT.
GUT = Grand Unified Theory