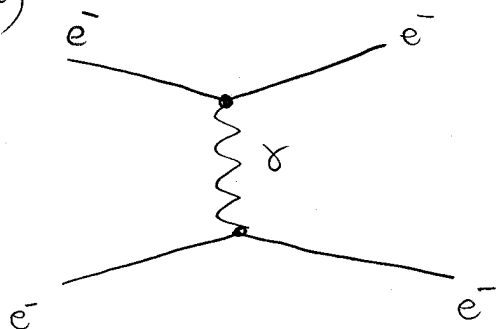


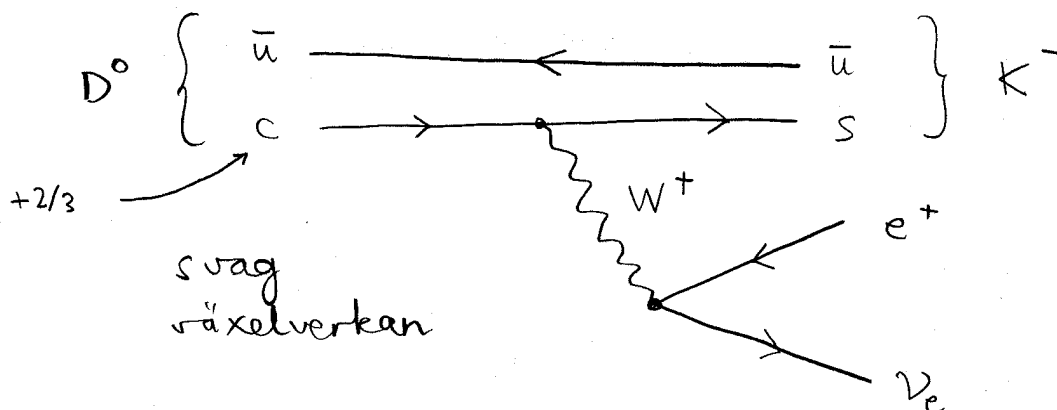
4) a)



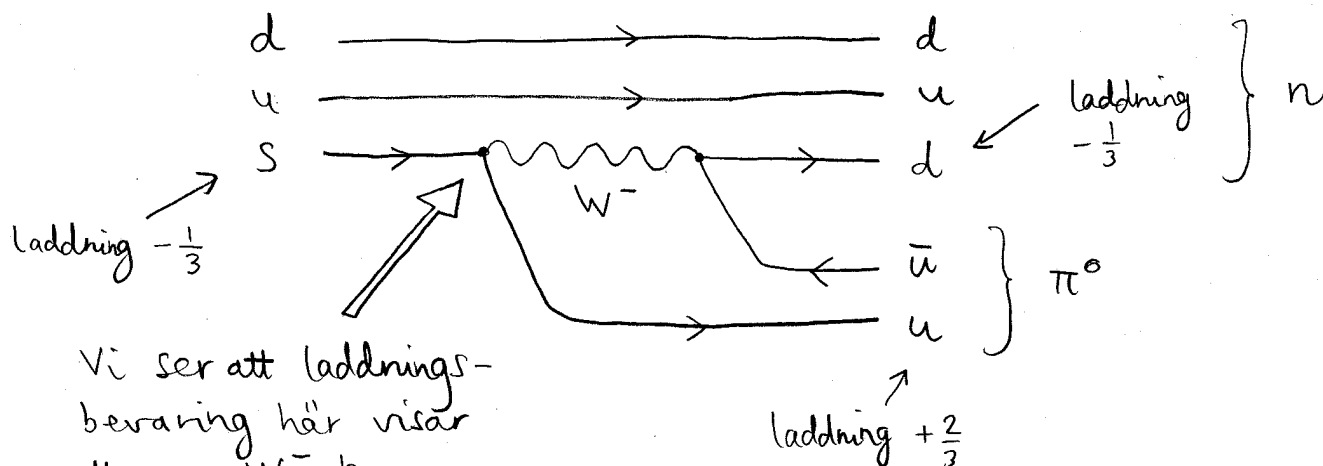
$$e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$$

elektromagnetisk
växelverkan

b) $D^0 \rightarrow K^- + e^+ + \nu_e$



c) $\Lambda \rightarrow n + \pi^0$

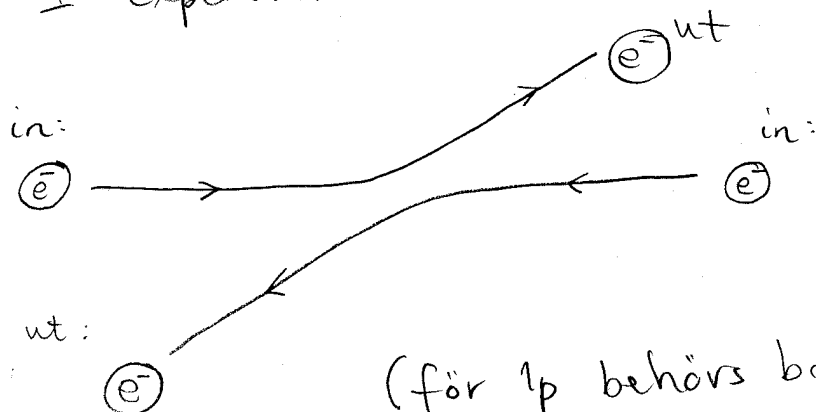


Vi ser att laddnings-
bevaring här visar
att en W^- kommer
ut, inte W^+ .

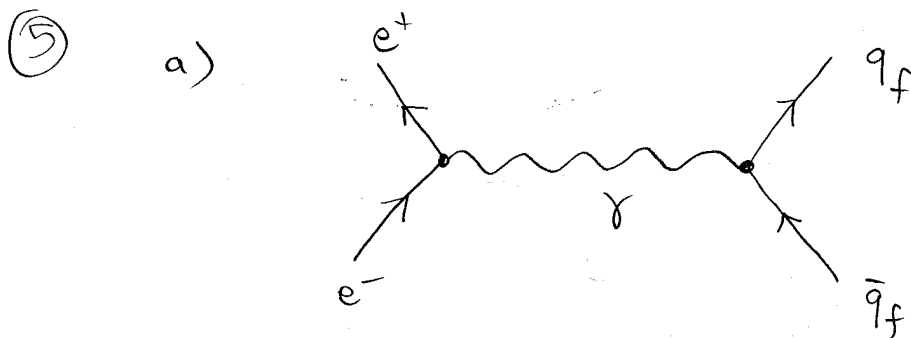
- ④ d) elektronerna sprids via en repulsiv växelverkan, dvs. det här diagrammet är en mikroskopisk bild av elektromagnetisk kraft mellan två elektroner:



I experiment kan det se ut så här:

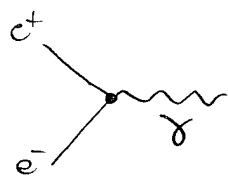


(för 1p behövs bara att förklara att det är repulsiv elektromagnetisk växelverkan)

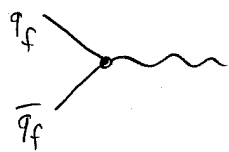


elektromagnetisk växelverkan
(svag växelverkan finns också men $\alpha_w \ll \alpha$)

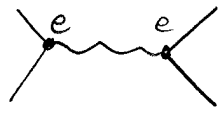
⑤ b)



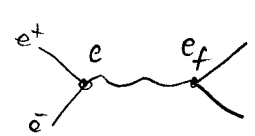
$\propto e$ "proportionellt med"



$\propto e_f$ (t.ex. $e_u = +\frac{2}{3}e$)

$\mathcal{M}(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-) \propto$  $\propto e^2$

$\uparrow$
amplitud

$\mathcal{M}(e^+e^- \rightarrow q\bar{q}) \propto$  $\propto e \cdot e_f$

$$\sigma \propto |\mathcal{M}|^2 \Rightarrow r_f \propto 3 \cdot \frac{|e \cdot e_f|^2}{|e^2|^2} = 3 \frac{e^2 e_f^2}{e^4} = \frac{3e_f^2}{e^2}$$

c)

Frågan är, som vi diskuterat på föreläsningarna, vilka kvark-antikvarkpar man har tillräckligt med energi för att bilda.

Vid $E_{cm} \approx 20-30 \text{ GeV}$:

kan bilda u, d, s, c, b

$$\begin{aligned} R &= \sum_{f \in \{u, d, s, c, b\}} r_f = \frac{3e_u^2}{e^2} + \frac{3e_d^2}{e^2} + \frac{3e_s^2}{e^2} + \frac{3e_c^2}{e^2} + \frac{3e_b^2}{e^2} \\ &= 3 \cdot \left(\left(\frac{2}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 \right) \\ &= 3 \cdot \frac{11}{9} = \frac{11}{3} \approx 3.7 \end{aligned}$$

forts.
→

vid $E_{cm} = 2.5 \text{ GeV}$

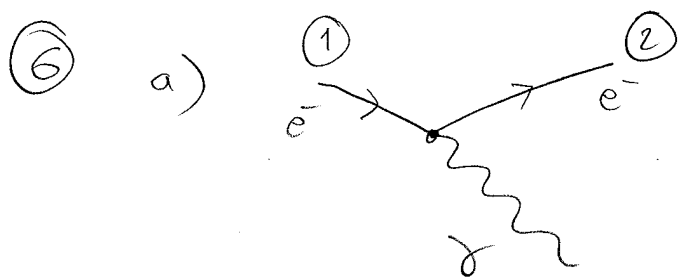
kan bilda u, d, s

men inte b (behöver $E_{cm} > 2m_b \approx 10.6 \text{ GeV}$)

eller c (behöver $E_{cm} > 2m_c \approx 2.7 \text{ GeV}$)

$$\begin{aligned} \text{så } R &= \sum_{f \in \{u, d, s\}} r_f = \frac{3e_u^2}{e^2} + \frac{3e_d^2}{e^2} + \frac{3e_s^2}{e^2} \\ &= 3 \cdot \left(\left(\frac{2}{3} \right)^2 + \left(\frac{1}{3} \right)^2 + \left(\frac{1}{3} \right)^2 \right) \\ &= 3 \cdot \frac{6}{9} = 2 \end{aligned}$$

(om man inte vet massorna så spelar det ingen roll, även $\sum_{f \in \{u, d, s, c\}} r_f = \frac{10}{3}$ är OK svar, bara principen är viktig).



energi och rörelsemängd bevaras:

$$E_1 = E_2 + E_\gamma$$

$$\vec{p}_1 = \vec{p}_2 + \vec{p}_\gamma$$

$$E_1^2 = m_1^2 c^4 + \vec{p}_1^2 c^2$$

forts
→

Finns flera sätt att visa att
ekvationssystemet inte har någon
lösning för $m_1 = m_2$ och $m_\gamma = 0$, t.ex.

$$\begin{aligned} E_1^2 &= m_1^2 c^4 + \vec{p}_1^2 c^2 \\ &= m_2^2 c^4 + (\vec{p}_2 + \vec{p}_\gamma)^2 c^2 \\ &= m_2^2 c^4 + \underbrace{\vec{p}_2^2 c^2}_{E_2^2} + 2\vec{p}_2 \cdot \vec{p}_\gamma c^2 + \underbrace{\vec{p}_\gamma^2 c^2}_{E_\gamma^2} \quad (*) \end{aligned}$$

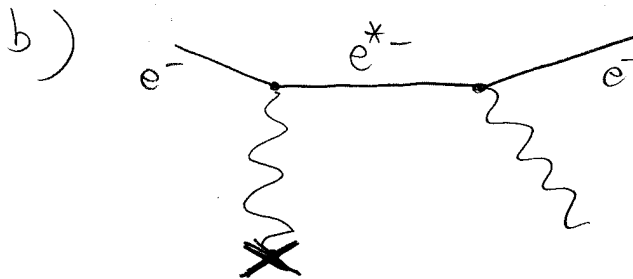
på samma sätt $E_2^2 = E_1^2 - 2\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_\gamma c^2 + E_\gamma^2 \quad (**)$

$$(*) + (**) \Rightarrow 0 = 2\vec{p}_2 \cdot \vec{p}_\gamma c^2 - 2\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_\gamma c^2$$

dvs. $(\vec{p}_2 - \vec{p}_1) \cdot \vec{p}_\gamma = 0 \Leftrightarrow \vec{p}_2 - \vec{p}_1 \perp \vec{p}_\gamma$

men $\vec{p}_1 = \vec{p}_2 + \vec{p}_\gamma$ så $\vec{p}_2 - \vec{p}_1 = -\vec{p}_\gamma \parallel \vec{p}_\gamma$ } motsägelse

virtuell elektron (uppfyller inte $E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2$)



växelverkan
med atom
eller kärna
(dvs. inte vakuum
omkring processen)

viktigt med växelverkan
med t.ex. atomer för
att detektera partiklarna
överhuvudtaget

(jfr. spårdetektorer,
laddad partikel
joniserar atomer)

