

Zestaw 4 / Wstęp do oddziaływań hadronów

1. (a) Elastyczny czynnik struktury protonu jest dobrze opisywany zależnością w postaci:

$$G(q^2) = \frac{G(0)}{(1 + |q^2|/0.71)^2}$$

gdzie q^2 jest wyrażone w GeV^2 . Pokaż, że eksponencjalny rozkład ładunku w protonie $\rho(\vec{r}) = \rho_0 e^{-\lambda r}$ prowadzi do powyższej postaci $G(q^2)$ i oblicz λ .

(b) Pokaż, że dla dowolnego sferycznie symetrycznego rozkładu ładunku, średni kwadrat promienia dany jest przez

$$\langle r^2 \rangle = -6 \left[\frac{dG(q^2)}{d|q^2|} \right]_{q^2=0}$$

Wskazówka: $F(\vec{q}^2) = \frac{4\pi}{q} \int_0^\infty r \sin(qr) \rho(r) dr \approx 1 - \frac{1}{6} q^2 \langle r^2 \rangle + \dots$

(c) Czynnik struktury pionu można określić na podstawie pomiarów rozpraszania πe^- . Oszacuj promień rozkładu ładunku w pionie na podstawie poniższych danych:

$ q^2 $ [GeV^2]	$G_E^2(q^2)$
0.015	0.944 ± 0.007
0.042	0.849 ± 0.009
0.074	0.777 ± 0.016
0.101	0.680 ± 0.017
0.137	0.646 ± 0.027
0.173	0.534 ± 0.030
0.203	0.539 ± 0.040
0.223	0.487 ± 0.049

2. W rozpraszaniu głęboko nieelastycznym na akceleratorze HERA zderzane są elektrony o energii 27.5 GeV z protonami o energii 820 GeV. W jednym z przypadków (rysunek) zaobserwowano rozproszony elektron o energii $E_3 = 31$ GeV.

(a) Pokaż, że zmienna x -Bjorkena dana jest przez:

$$x = \frac{E_3}{E_2} \left[\frac{1 - \cos \theta}{2 - (E_3/E_1)(1 + \cos \theta)} \right]$$

gdzie θ jest kątem rozproszenia elektronu.

(b) Oszacuj wartości Q^2 , x oraz y dla tego przypadku.

(c) Oszacuj masę niezmienniczą M_X hadronowego stanu końcowego.

(d) Narysuj diagramy kwarkowe ilustrujące możliwy przebieg tego procesu. Korzystając z wykresów funkcji gęstości partonów (rysunek) oszacuj względne prawdopodobieństwa możliwych przebiegów tego procesu na poziomie kwarkowym (zaniedbujemy wkład od ciężkich kwarków s, c, b, t).

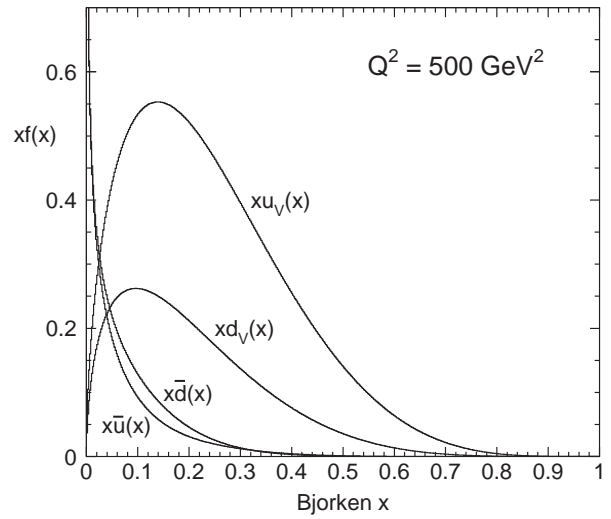
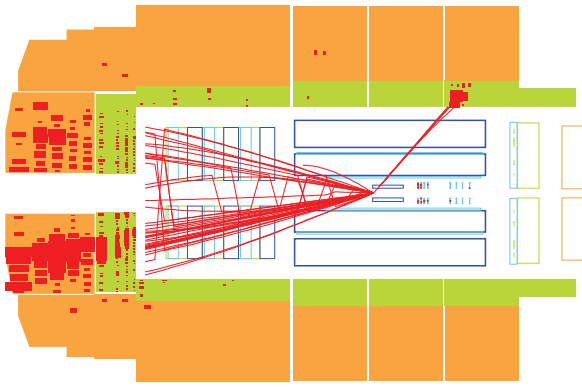
(e) Oszacuj względny wkład funkcji struktury F_1 i F_2 do przekroju czynnego w tym przypadku.

3. (a) Pokaż, że w układzie laboratoryjnym różniczkowy przekrój czynny na rozpraszanie głęboko nieelastyczne spełnia relacje

$$\frac{d^2\sigma}{dE_3 d\Omega} = \frac{E_1 E_3}{\pi} \frac{d^2\sigma}{dE_3 dQ^2} = \frac{E_1 E_3}{\pi} \frac{d^2\sigma}{d\nu dQ^2}$$

gdzie E_1 i E_3 oznaczają energie padającego i rozproszonego elektronu, a M jest masą protonu tarczy. Pokaż także, że

$$\frac{d^2\sigma}{d\nu dQ^2} = \frac{2Mx^2}{Q^2} \frac{d^2\sigma}{dx dQ^2}$$



- (b) Pokaż, że $\frac{2Mx^2}{Q^2} \cdot \frac{y^2}{2} = \frac{1}{M} \frac{E_3}{E_1} \sin^2 \frac{\theta}{2}$ oraz $1 - y - \frac{M^2 x^2 y^2}{Q^2} = \frac{E_3}{E_1} \cos^2 \frac{\theta}{2}$
- (c) Pokaż, że Lorentzowsko niezmienniczy przekrój czynny na rozpraszanie głęboko nieelastyczne

$$\frac{d^2\sigma}{dx dQ^2} = \frac{4\pi\alpha^2}{Q^4} \left[\left(1 - y - \frac{M^2 y^2}{Q^2} \right) \frac{F_2}{x} + y^2 F_1 \right]$$

przyjmuje w układzi laboratoryjnym postać:

$$\frac{d^2\sigma}{dE_3 d\Omega} = \frac{\alpha^2}{4E_1^2 \sin^4 \theta/2} \left[\frac{F_2}{\nu} \cos^2 \frac{\theta}{2} + \frac{2F_1}{M} \sin^2 \frac{\theta}{2} \right]$$

- (d) W eksperymencie polegającym na rozpraszaniu elektronów na stacjonarnej tarczy, maksymalna energia wiązki elektronów wynosi 20 GeV, oraz istnieje możliwość pomiaru rozproszonego elektronu o energii powyżej 2 GeV pod różnymi kątami. Znajdź zakres kątów rozproszenia elektronu który powinien być dostępny w pomiarach jeśli chcemy badać rozpraszanie głęboko nieelastyczne przy $x = 0.2$ oraz $Q^2 = 2 \text{ GeV}^2$.