Specjalizacja fizyki cząstek elementarnych

Oddziaływania elektromagnetyczne

- Oddziaływanie cząstek naładowanych
- Elektrodynamika kwantowa (QED)- renormalizowalność i niezmienniczość względem cechowania
- Diagramy Feynmana
- QED i rachunek zaburzeń
- Podstawowe procesy elektromagnetyczne
  - Zjawisko fotoelektryczne
  - Rozpraszanie Comptona
  - Rozpraszanie Rutherforda
  - Rozpraszania Bhabby
  - Promieniowanie hamowania
  - Kreacja par e^+e^- przez foton w polu jądra
- Diagramy energii własnej
- Moment magnetyczny elektronu
- Biegnąca stała sprzężenia α_{em}

Oddziaływania słabe i elektrosłabe

- Ogólna charakterystyka procesów słabych
- Teoria Fermiego $\sim$1930
- Rozwój teorii Fermiego, poszukiwanie właściwej struktury sprzężenia
- Teoria Fetrmiego ok. 1950; V-A, prąd leptonowy, prąd hadronowy, $g_v \neq g_a$
- Sprzeżenie V-A $\rightarrow$ leptony są "lewe" (rachunek nieegzaminowalny)
- Konsekwencje struktury V-A, przykłady : rozpad leptonowy π, niezachowanie parzystości, rozpraszanie głęboko nieelastyczne poprzez CC dla spolaryzowanej wiązki elektronów (HERA)
- Reguła Sargenta dla słabych rozpadów $\Gamma \sim m^5$ (analiza wymiarowa)
- Teoria Fermiego dla rozpraszania neutrin, $\sigma \sim G_F^2 s$
- Porównanie teorii Fermiego i teorii z masywnym propagatorem ($\sigma \sim$ const.), relacja g_W i G_F

- Porównanie oddziaływań słabych i QED (propagatory, zmiana zapachu, V-A $\rightarrow$ łamanie parzystości, relacja pomiędzy α_{em} i α_W
- Rozpad μ w teorii Fermiego V-A, $G_\mu \neq G_\beta$
- Model Standardowy
  - Słabe sprzężenia leptonów - uniwersalność
  - Słabe sprzężenia kwarków, sprzężenia pomiędzy rodzinami $\rightarrow$ kąt Cabibbo
  - Dygresja : mieszanie neutrin
  - Jądrowy rozpad β z puntktu idzenia kwarków, wyjaśnienie $G_\mu \neq G_\beta$ i $g_V \neq g_A$
  - Rozpady Cabibbo-tłumione i Cabibbo-uprzywilejowane, przykłady
  - Mieszanie kwarków dla trzech rodzin
  - Oddziaływanie neutrin w Modelu Standardowym
  - Unifikacja elektrosłaba, cząstka Higgsa, spontaniczne łamanie symetrii etc (tylko ogólne omówienie)
  - Poszukiwanie cząstek Higgsa na LEP i LHC

Model Standardowy - chromodynamika kwantowa

- Obserwacje doświadczalne ważne dla rozwoju teorii oddziaływań silnych
- Kolor kwarków i gluonów
- Przekształcenia koloru w QCD
- Samoodziaływanie gluonów
- Asymptotyczna swoboda
- Biegnąca stała sprzężenia oddziaływań silnych
- Porównanie cech elektrodynamiki i chromodynamiki kwantowej
- Uwięzienie koloru
- Potencjał QCD na dużych i małych odległościach
- Dżety jako "ślady" kwarków i gluonów
- Eksperymentalne dowody na istnienie koloru
  - Istnienie barionów $\Delta^{++}(uuu)$ i $\Omega^-(sss)$
  - Pomiar R = $\sigma(e^+e^- \rightarrow hadrony)/\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$
  - pomiar $\Gamma(\pi^0 \rightarrow 2\gamma)$
- Dżety gluonowe w anihilacji e^+e^- - odkrycie gluonów w DESY (1979)
- Pomiary α_S

  - Produkcja dżetów w anihilacji e^+e^-, pomiar R
  - Pomiar szerokości rozpadu $\Gamma(Z^0 \rightarrow hadrony)$
  - Głęboko nieelastyczne rozpraszanie lepton-nukleon : łamanie skalowania, produkcja dżetów
  - Szerokości mezonów wektorowych z rodziny J/ψ i Υ
  - Pomiary w zderzeniach hadron-hadron (dżety)
  - Pomiar $\Gamma(\tau \rightarrow \nu_\tau + hadrony)$

Struktura protonu

- Metoda rozproszeniowa w badaniach struktury materii
  - Analogia optyczna
  - Typowy eksperyment rozproszeniowy
  - Historyczne eksperymenty rozproszeniowe
- Rozpraszanie elastyczne na obiektach złożonych - czynnik postaci
- Rozpraszanie nieelastyczne na obiektach złożonych (utrata spójności, skalowanie)
- Rozpraszanie "Rutherforda" (obiekt elementarny/punktowy, pole em)
- Elastyczny czynnik postaci (jądra, nukleony)
- Rozpraszanie nieelastyczne na jądrach, nieelastyczny czynnik postaci
- Rozpraszanie nieelastyczne *ep*
- Głęboko nieelastyczne rozpraszanie *ep*
- Model partonowy, skalowanie Bjorkena
- Kwarki a partony (wyznaczanie spinu i ładunku partonów)
- Gluony w protonie
- Struktura protonu
- Pomiary funkcji struktury protonu w eksperymentach na stałej tarczy i na HERA (zakresy kinematyczne)
- Eksperymentalne wyznaczanie funkcji struktury (metoda pomiaru)
- Funkcja struktury protonu a testy Modelu Standardowego
- Struktura spinowa protonu (przyczynki do spinu protonu od kwarków, gluonów i momentu orbitalnego)

Oddziaływania niestandardowe

- Supersymetria

- Cząstki SUSY
- LSP (*Light Supersymmetric Partner*) jako kandydat na ciemną materię -detekcja na LHC

Fizyka neutrin

- Źródła neutrin (naturalne, wiązki neutrin z akceleratorów i reaktorów)
- Neutrina słoneczne
  - Pochodzenie neutrin słonecznych, zakres energii, detekcja
  - Deficyt neutrin słonecznych - hipoteza masowych oscylujących neutrin
  - Eksperymenty radiochemiczne (Homestake, SAGE, GALLEX/GNO)
  - Eksperyment SuperKamiokande i SNO (*Sudbury Neutrino Observatory*)
- Neutrina atmosferyczne
  - Anomalne stosunki strumieni neutrin ν_e i ν_μ
  - Eksperment SuperKamiokande - ewidencja oscylacji neutrin $\nu_\mu \to \nu_\tau$
- Oscylacje neutrin
- Masy neutrin
- Eksperymenty typu "disappearance"/"appearance", eksp. akceleratorowe z długą bazą pomiarową