Plan wykładu z teorii cząstek elementarnych 2004/2005

Wykład przeznaczony jest dla studentów czwartego roku specjalizacji teoretycznej. Zakładamy znajomość nierelatywistycznej mechaniki kwantowej i podstawowych własności równania Diraca.

1. Elementy klasycznej teorii pola: twierdzenie Noether w teorii pola, symetrie lokalne i teorie pola z cechowaniem.
2. Kanoniczne kwantowanie na przykladzie teorii rzeczywistego pola skalarnego: związek pomiędzy obrazem falowym (teoria pola) i cząstkowym (teoria cząstek).
3. Macierz rozpraszania, rachunek zaburzeń i diagramy Feynmana.
4. Własności macierzy rozpraszania: unitarność, twierdzenie optyczne. Przekrój czynny i średni czas życia.
5. Standardowa teoria oddziaływań elektrosłabych: model Glashowa-Weinberga-Salama (GSW).
   - Motywacje historyczne: słabe rozpady, teoria Fermiego (oddziaływania 4-fermionowe).
   - Renormalizowalna teoria oddziaływań elektrosłabych:
     - Bozony wektorowe jako nośnik oddziaływań.
     - Lokalna grupa symetrii $SU(2) \times U(1)$: słaby izospin, słaby hiperładunek.
     - Generator ładunku elektrycznego, kąt Weinberga θ_W, bozony wektorowe γ, $W^{\pm}$, Z^0, sprzężenia do fermionów.
     - Generacja masy bozonów W i Z^0: abelowy i nieabelowy mechanizm Higgsa, realizacja mechanizmu Higgsa w modelu GSW.
     - Masy fermionów w modelu GSW: sprzężenia z polami Higgsa, masy leptonów i neutrin (masa Diraca vs. masa Majorany), masy kwarków, macierz Kobayashi-Maskawa.
     - Symetrie dyskretne lagrangianu GSW: parzystość przestrzenna P, parzystość ładunkowa C, parzystość kombinowana CP, łamanie CP.
6. Fenomenologia oddziaływań elektrosłabych:

- Rozpady fermionów: mionu, kwarków b i c. Odkrycie kwarku t we FNAL i jego rozpady.
- Produkcja i rozpady bozonów Z w akceleratorze LEP: przekrój czynny $\sigma(e^+e^- \to Z^\star \to \bar{f}f)$ szerokości rozpadu $\Gamma(Z^0 \to \bar{f}f)$, liczba generacji neutrin.
- Produkcja par bozonów cechowania w akceleratorze LEP II: $e^+e^- \to ZZ, W^+W^-$. Rozpady bozonów W.
- Poszukiwanie cząstki Higgsa, proces Bjorkena $e^+e^- \to Z^0H$, $e^+e^- \to H\bar{\nu}\nu$. Rozpady cząstek Higgsa.
- Rzadkie procesy: prądy słabe zmieniające zapach, mechanizm GIM, łamanie CP w oddziaływaniach mezonów K: mieszanie $\bar{K}K$. Rozpad $b \to s\gamma$.
- Masy i oscylacje neutrin.
- Wyznaczanie kąta Weinberga θ_W w rozpraszaniu lepton-neutrino:

$$\begin{array}{ll} \nu_\mu e \to \nu_\mu e, & \nu_e e \to \nu_e e \\ \bar{\nu}_\mu e \to \bar{\nu}_\mu e, & \bar{\nu}_e e \to \bar{\nu}_e \end{array}$$

7. Propagator fotonu w QED. Renormalizacja i regularyzacja wymiarowa. Równania grupy renormalizacji, funkcja β. Biegun Landaua w QED.

8. Teoria grup i reprezentacji w fizyce cząstek elementarnych.

9. Klasyfikacja hadronów i model kwarkowy.

10. QCD i fenomenologia oddziaływań silnych:

    - Asymptotyczna swoboda silnej stałej sprzężenia.
    - Rozpraszanie głęboko nieelastyczne lepton-hadron $l(\nu)p(n) \to X$, funkcje struktury. Prądy neutralne i naładowane, wyznaczanie kąta Weinberga.
    - Model partonowy.
    - rozpraszanie hadron-hadron, hadronowa produkcja bozonów W i cząstek Higgsa $pp \to HX, WX$

11. Teorie wielkiej unifikacji (GUT), minimalny supersymetryczny model oddzialywan elektroslabych (MSSM) i inne uogolnienia modelu GSW.

Literatura

1. T. Cheng, L. Li, *Gauge Theory of Elementary Particle Physics.*

2. K. Huang *Quarks, Leptons and Gauge Fields.*

3. S. Pokorski *Gauge Theories.*

4. W. Bierestecki, E. Lifszyc, L. Pitajewski, *Relatywistyczna Teoria Kwantów.*

5. M. Peskin, D. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory.*

6. F. Mandl, G. Shaw, *Quantum Field Theory.*

7. D. Perkins, *Introduction to high energy physics.*

8. D. Bailin, A. Love, *Introduction to gauge field theory.*

9. D. Bailin, *Weak interactions.*

10. V. Barger, R. Phillips, *Collider Physics.*

11. E. Commins, P. Bucksbaum, *Weak interactions of leptons and quarks.*

Bohdan Grządkowski i Jan Kalinowski