

Plan Wykładu z Relatywistycznej Mechaniki Kwantowej

- **Pola klasyczne i kwantowe** – relatywistyczne uogólnienie równania Schrödingera, problemy z jednocząstkową interpretacją rozwiązań relatywistycznych równań falowych. Pola klasyczne i kwantowe, kwantowanie klasycznej struny, formalizm drugiej kwantyzacji, przestrzeń Focka, operatory kreacji i anihilacji, statystyki Bosego i Fermiego–Diraka.
- **Równanie Kleina-Gordona** – relatywistyczny opis stanów bezspinowych, granica nierelatywistyczna. Rozwiązania równania swobodnego z masą, rozwiązania z dodatnimi i ujemnymi energiami, gęstość Lagranżjanu i gęstość Hamiltonianu, dodatniość gęstości energii. Kwantowanie pola rzeczywistego i zespolonego, relacje komutacyjne, operatory kreacji i anihilacji, cząstki i antycząstki, mikroprzyczynowość. Energia, pęd, moment pędu. Oddziaływanie z polem zewnętrznym, w szczególności z polem elektromagnetycznym. Pole naładowane, zachowany prąd i jego interpretacja, operator ładunku. Poziomy energetyczne atomu wodoru w opisie Kleina-Gordona. Rozpraszanie na barierze potencjału. Paradoks Kleina. Interpretacja Feynmana-Stückelberga rozwiązań o ujemnej energii.
- **Reprezentacje masywne i bezmasowe algebry Poincare, skrętność.**
- **Równanie Diraca** – relatywistyczny opis stanów ze spinem $1/2$, granica nierelatywistyczna. Operator spinu, generatory transformacji Lorentza, algebra generatorów. rozwiązania z dodatnimi i ujemnymi energiami, gęstość Lagranżjanu i gęstość Hamiltonianu. Operatory rzutu na stany o określonej energii i określonym kierunku spinu. Kwantowanie pola Diraka, relacje antykomutacyjne, operatory kreacji i anihilacji, cząstki i antycząstki, mikroprzyczynowość. Oddziaływanie z polem zewnętrznym, w szczególności z polem elektromagnetycznym. Zachowany prąd i jego interpretacja, operator ładunku. Poziomy energetyczne atomu wodoru w opisie Dirakowskim. Rozpraszanie na barierze potencjału. Paradoks Kleina. Interpretacja Feynmana-Stückelberga rozwiązań o ujemnej energii. Skrętność i chiralność. Transformacje Lorentza na polu Dirakowskim. Transformacje dyskretne \mathcal{P} , \mathcal{T} , \mathcal{C} , \mathcal{CP} , \mathcal{CPT} . Twierdzenie Kramersa. Transformacja Foldy-Wouthuysena dla cząstki swobodnej. Granica nierelatywistyczna – równanie Pauliego.
- **Kwantowanie pola elektromagnetycznego.** Równania Maxwella bez źródeł. Swoboda względem transformacji cechowania. Gęstość Lagranżjanu i gęstość Hamiltonianu, zmodyfikowane relacje komutacyjne w przestrzeni położeń, klasyczne i kwantowe stopnie swobody. Kwantowanie w cechowaniu promieniowania, wektory polaryzacji. Pole wektorowe z wyrazem masowym. Propagator fotonu jako granica propagatora masywnego pola wektorowego, odprężanie podłużnej polaryzacji w granicy znikającej masy pola wektorowego.
- **Relatywistyczne równania falowe dla cząstek o wyższych spinach.**
- **Funkcje Greena dla relatywistycznych równań falowych.** Przyczynowe (Feynmanowskie) warunki brzegowe. Propagatory pól kwantowych i ich interpretacja czasoprzestrzenna. Prawdopodobieństwa przejścia, kreacja par, anihilacja par.

Literatura

1. L. Schiff, *Mechanika Kwantowa*, PWN, Warszawa 1977, rozdziały 13. i 14.
2. J. Bjorken, S. Drell, *Relatywistyczna Teoria Kwantów*, PWN, Warszawa 1985, rozdziały 1., 2., 3., 4., 6., 7., 9. (częściowo przydatne mogą też być rozdziały 12., 13., 14.)
3. W. Bierestecki, E. Lifszyc, L. Pitajewski, *Relatywistyczna Teoria Kwantów, część I*, rozdziały 1., 2., 3. (częściowo przydatny może też być rozdział 4.)
4. F. Halzen, A. Martin, *Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics*, Wiley and Sons 1984, rozdziały 3., 4., 5., 6.
5. Michael E. Peskin, D.V. Schroeder, *An Introduction to quantum field theory*, Addison-Wesley 1995.
6. **Lektura Zaawansowana:** S. Weinberg, *The Quantum Theory of Fields, tom I*, Cambridge University Press 1995, rozdziały 1., 2., 5.

Zygmunt Lalak