

## Wybrane zagadnienia do egzaminu z mechaniki kwantowej

### Część A. Podstawowe pojęcia

- A.1. Reguły stosowania notacji Diraca.
- A.2. Pojęcie stanu układu i struktura przestrzeni Hilberta.
- A.3. Pojęcie operatora (w tym funkcje operatorowe) i jego własności oraz algebra operatorowa.
- A.4. Klasyfikacja operatorów stosowanych w teorii kwantów, ich własności i znaczenie.
- A.5. Zagadnienie własne operatora samosprężonego, wartość oczekiwana operatora w stanie kwantowym.
- A.6. Znaczenie przekształceń unitarnych w teorii kwantowej.
- A.7. Konsekwncje twierdzenia Stone'a oraz twierdzenia odwrotnego.
- A.8. Czas oraz ewolucja stanu w teorii kwantowej.
- A.9. Dynamika izolowanego oraz zamkniętego układu kwantowego. Operatory ewolucji czasowej.
- A.10. Obrazy w teorii kwantów – podobieństwa, różnice oraz związki między nimi.
- A.11. Ewolucja adiabaticzna, faza geometryczna i faza Berry'ego.
- A.12. Postulaty teorii kwantów i ich dyskusja z uwzględnieniem pojęcia redukcji stanu.
- A.13. Zasada nieokreśloności i jej znaczenie.
- A.14. Klasyfikacja układów mechanicznych oraz podstawowe pojęcia w hamiltonowskim ujęciu mechaniki klasycznej.
- A.15. Reguły kwantyzacji Bohra-Sommerfelda i ich konsekwancje oraz znaczenie dla ogólnej teorii kwantów.
- A.16. Procedura kwantowania kanonicznego teorii klasycznej.
- A.17. Ogólne pojęcie reprezentacji w teorii kwantowej oraz omówienie reprezentacji położeniowej jako szczególnego przypadku.
- A.18. Pojęcie funkcji falowej, interpretacja probabilistyczna, równanie Schrödingera w wersji zależnej i niezależnej od czasu.

- A.19. Wybrane własności jednowymiarowego równania Schrödingera niezależnego od czasu oraz charakterystyka rozwiązań.
- A.20. Bezwymiarowa postać równania Schrödingera oraz jednostki atomowe.
- A.21. Twierdzenia Ehrenfesta i pojęcie stanu minimalizującego zasadę nieokreśloności.
- A.22. Zasada minimalnego sprzężenia elektromagnetycznego, potencjały elektromagnetyczne i cechowanie.
- A.23. Ruch cząstki w polu magnetycznym. Jakościowa dyskusja rozwiązań Landaua.
- A.24. Doświadczenie Sterna-Gerlacha. Pojęcie spinu i jego własności.
- A.25. Równanie Pauliego i pojęcie spinora.
- A.26. Założenia prowadzące do równania Diraca i jakościowa dyskusja granicy nierelatywistycznej tego równania.
- A.27. Zasada wariacyjna i metoda Ritza.
- A.28. Idea rachunku zaburzeń niezależnego od czasu i jego ograniczenia.
- A.29. Znajomość wzorów na poprawkę pierwszego i drugiego rzędu do energii oraz ich dyskusja.
- A.30. Założenia dla rachunku zaburzeń zależnego od czasu i znajomość wzoru na amplitudę prawdopodobieństwa przejścia w pierwszym rzędzie. Pojęcie szybkości przejścia, zasada nieokreśloności czas-energia.

### **Część B Wprowadzenia i dowody**

Z uwagi na bieżącą sytuację ta część egzaminu będzie przebiegała fragmentarycznie. Będę dopytywał założeń, szczegółów technicznych poszczególnych dowodów bądź wyprowadzeń.

- B.1. Dowody na zupełność i ortonormalność wektorów własnych operatora samosprężonego.
- B.2. Dowody, że dla operatora samosprężonego widmo jest rzeczywiste i że wektory własne odpowiadające różnym wartościom własnym są ortogonalne.
- B.3. Wyprowadzenie wzoru na wartość oczekiwaną operatora samosprężonego w stanie nie będącym stanem własnym operatora.
- B.4. Rozwiązanie równania ewolucji czasowej metodą kolejnych przybliżeń.
- B.5. Wyprowadzenie wzoru na ewolucję czasową stanu nie będącego stanem własnym Hamiltonianu.
- B.6. Wyprowadzenie równania ruchu dla operatora zmiennej dynamicznej.
- B.7. Wyprowadzenie zasady nieokreśloności.

- B.8.** Wyprowadzenie wyrażeń na operator położenia i pędu w reprezentacji położeniowej.
- B.10.** Wyprowadzenie wzorów na zmianę reprezentacji stanu oraz elementów macierzowych operatora.
- B.11.** Wyprowadzenie równania Schrödingera niezależnego od czasu z równania własnego hamiltonianu.
- B.12.** Rozwiązanie ogólne równania Schrödingera zależnego od czasu.
- B.13.** Wyprowadzenie wzoru na gęstość prądu prawdopodobieństwa.
- B.14.** Dowód zasady wariacyjnej.
- B.15.** Dowód metody Ritza.
- B.16.** Wyprowadzenie ogólnego równania dla rachunku zaburzeń niezależnego od czasu.
- B.17.** Wyprowadzenie ogólnego równania dla rachunku zaburzeń zależnego od czasu.

### **Część C Seminarium**

- C.1.** Orbitalny moment pędu i procedura kanonicznego kwantowania.
- C.2.** Operator kwadratu orbitalnego momentu pędu i składowej  $z$ -owej orbitalnego momentu pędu. Definicje i relacje komutacji oraz wynikające z tego wnioski.
- C.3.** Współrzędne sferyczne: operator nabra i Laplace'a w tych współrzędnych.
- C.4.** Idea metody separacji zmiennych (współrzędne sferyczne). Dyskusja doboru stałych separacji.
- C.5.** Harmoniki sferyczne definicja i wybrane ich własności.
- C.6.** Hamiltonian dla atomu wodoru i konstrukcja rozwiązań niezależnego od czasu równania Schrödingera dla atomu wodoru
- C.7.** Dyskusja rozwiązań radialnego równania Schrödingera. Interpretacja probabilistyczna radialnej części funkcji falowej atomu wodoru.