

KARTA KURSU

Nazwa	Mechanika kwantowa		
Nazwa w j. ang.	Quantum Mechanics		
Kod		Punktacja ECTS*	5
Koordinator	dr hab. Jerzy Szczęsny, prof. UP	Zespół dydaktyczny dr hab. Jerzy Szczęsny, prof. UP	

Opis kursu (cele kształcenia)

Zapoznanie studentów z zaawansowanymi zjawiskami kwantowymi oraz wypracowanie sprawności rachunkowej przy rozwiązywaniu problemów kwantowomechanicznych.
Przedmiot prowadzony w języku polskim.

Warunki wstępne

Wiedza	Do studiowania przedmiotu Mechanika kwantowa konieczna jest znajomość materiału przerabianego w ramach przedmiotu Mechanika kwantowa w ramach studiów I stopnia.
Umiejętności	Znajomość analizy matematycznej, algebry liniowej (twierdzenie spektralne), umiejętność rozwiązywania elementarnych równań różniczkowych, znajomość mechaniki klasycznej i elementów elektrodynamiki klasycznej oraz elementów fizyki współczesnej.
Kursy	brak

Efekty kształcenia

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Wiedza	W1- Student wie jakie są własności komutatora operatorów, rozumie znaczenie komutatora oraz zna ogólną zasadę nieoznaczoności. W szczególności student zna kanoniczną zasadę nieoznaczoności Heisenberga i wie jakie stany „minimalizują” tę zasadę.	K_W08, K_W06
	W2- Student wie co to są obserwable zgodne (równocześnie mierzalne) oraz zna podstawowe twierdzenie mówiące o obserwablach zgodnych. Co więcej student wie co to jest zupełny układ obserwabli zgodnych opisujących dany układ kwantowy oraz wie jak należy rozumieć pojęcie reprezentacji w mechanice kwantowej.	K_W08
	W3- Student wie co to są reprezentacje: położeniowa, energetyczna i pędowa zarówno dla cząstki poruszającej się w jednym wymiarze przestrzennym jak i w przestrzeni trójwymiarowej. Co więcej student wie jak wyglądają te reprezentacje dla układu cząstek rozróżnialnych. Student potrafi „przechodzić” od jednej ze wspomnianych reprezentacji do drugiej.	K_W08
	W4- Student wie jakie są możliwe wyniki pomiarów w przypadku widma ciągłego i jaki jest stan końcowy układu kwantowego tuż po przeprowadzeniu pomiaru na układzie z takim widmem.	K_W08
	W5- Student zna abstrakcyjną postać równania Schrödingera opisującego dowolny układ kwantowy oraz wie jak wygląda formalne rozwiązanie tego równania, co więcej wie, że ewolucja izolowanego układu kwantowego jest całkowicie deterministyczna. Wie on również jakie mają znaczenie pozadiagonalne elementy macierzowe hamiltonianu.	K_W08
	W6- Student wie w jaki sposób można przedstawić operator ewolucji czasowej w przypadku gdy są znane wszystkie stany stacjonarne układu kwantowego tym samym rozumie jakie znaczenie dla ewolucji (izolowanego układu kwantowego) posiada jego hamiltonian.	K_W08
	W7- Student zna równanie określające szybkość zmian w czasie wartości średniej dowolnej obserwabli – zna również twierdzenie Ehrenfesta.	K_W08, K_W06
	W8- Student zna zasadę nieoznaczoności czas – energia.	K_W08
	W9- Student wie w jaki sposób opisywać kwantową cząstkę naładowaną znajdującą się w zewnętrznym polu elektromagnetycznym czyli zna zasadę tzw. sprzężenia minimalnego.	K_W08
	W10- Student wie jak wyglądają transformacje lokalne cechowania (transformacje gauge) i jakie jest ich znaczenie (po odpowiednim uogólnieniu) dla fizyki współczesnej.	K_W08, K_W22
	W11- Student potrafi opisać tzw. efekt Aharonova – Bohma.	K_W08
	W12- Student zna równanie opisujące cząstkę masywną o spinie 1/2 czyli równanie W. Pauliego. Student wie co to jest efekt Zeemana i potrafi go opisać.	K_W08
	W13- Student wie kiedy przekształcenia stanów układu kwantowego są jego symetriami oraz zna podstawowe twierdzenia o symetriach układu kwantowego. Student wie co to są generatory symetrii układu kwantowego oraz, że są to stałe ruchu tego układu.	K_W08
	W14- Student zna formalizm stacjonarnego rachunku zaburzeń oraz potrafi go zastosować w prostych przypadkach.	K_W08
	W15- Student zna rachunek zaburzeń zależnych od czasu oraz niektóre jego proste zastosowania.	K_W08
	W16- Student potrafi opisać zachowanie się najprostszego atomu w zewnętrznym okresowym polu elektromagnetycznym.	K_W08
	W17- Student wie w jaki sposób opisywać złożone układy kwantowe – w szczególności zna pojęcie iloczynu tensorowego przestrzeni stanów.	K_W08
	W18- Student wie co to są stany splątane układu kwantowego i na czym polega nielokalność mechaniki kwantowej.	K_W08, K_W22
	W19- Student wie w jaki sposób opisywać układy identycznych bozonów i identycznych fermionów.	K_W08
	W20- Student zna podstawowe równania relatywistycznej mechaniki kwantowej tzn. równanie Kleina – Gordona i równanie Diraca oraz rozumie dlaczego relatywistyczna fizyka kwantowa jest teorią nieskończenie wielu cząstek.	K_W08

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Umiejętności	U1- Student potrafi udowodnić ogólną zasadę nieoznaczoności.	K_U06
	U2- Student potrafi wyznaczyć elementy macierzowe przejścia między różnymi reprezentacjami.	K_U06
	U3- Student potrafi wyznaczyć operator ewolucji czasowej dla różnych układów kwantowych posiadających przestrzeń stanów skończonej i nieskończonej wymiarowości.	K_U06
	U4- Student potrafi wyznaczyć funkcje Greena dla równania Schrödingera cząstki swobodnej poruszającej się w jednym i w trzech wymiarach.	K_U06
	U5- Student potrafi zapisać ogólne równanie Schrödingera dla wielu znanych układów kwantowych.	K_U06
	U6- Student potrafi ustalić w jaki sposób zasada nieoznaczoności: położenie – pęd (dla cząstki swobodnej) zależy od czasu.	K_U06
	U7- Student potrafi udowodnić zasadę nieoznaczoności: czas – energia.	K_U06
	U8- Student rozumie nielokalność zjawiska Aharonova – Bohma.	K_U08
	U9- Student potrafi wyznaczyć związki: symetrie – prawa zachowania.	K_U06
	U10- Student potrafi stosować rachunek zaburzeń niezależnych od czasu zarówno w przypadku, gdy zaburzany poziom energetyczny nie jest zdegenerowany jak i w przypadku występowania degeneracji.	K_U06
	U11- Student potrafi wyprowadzić tzw. złotą zasadę Fermiego.	K_U06
	U12- Student rozumie na czym polega tzw. problem EPR.	K_U06, K_U08
	U13- Student potrafi sformułować podstawowe zasady tzw. „drugiej kwantyzacji”.	K_U06
	U14- Student potrafi wyznaczyć rozwiązania swobodnych równań Kleina – Gordona i Diraca.	K_U06, K_U08

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Kompetencje społeczne	K1- Student zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia, potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych.	K_K01
	K2- Student potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania.	K_K05
	K3- Student potrafi pracować zespołowo; rozumie konieczność systematycznej pracy nad wszelkimi projektami, które mają długofalowy charakter.	K_K06
	K4- Student rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób; postępuje etycznie.	K_K10

Organizacja											
Forma zajęć	Wykład (W)	Ćwiczenia w grupach									
		A		K		L		S		P	E
Liczba godzin	45	45									

Opis metod prowadzenia zajęć

Podczas wykładów i ćwiczeń preferowane są metody aktywizujące i motywujące: metody dyskusji, intuicyjne przedstawianie pojęć abstrakcyjnych oraz historyczne sytuacje problemowe, które doprowadziły do wyłonienia się danej koncepcji lub teorii; motywujące są wzmianki o zastosowaniach fizycznych poszczególnych pojęć.

Celem zajęć audytoryjnych jest zapoznanie się z konkretnymi przykładami pojęć abstrakcyjnych i wyrobienie u studentów intuicji fizycznej (przykładowo przez wskazywanie stron www z filmami symulującymi procesy kwantowe) oraz doskonalenie biegłości rachunkowej.

Formy sprawdzania efektów kształcenia

	E – learning	Gry dydaktyczne	Ćwiczenia w szkole	Zajęcia terenowe	Praca laboratoryjna	Projekt indywidualny	Projekt grupowy	Udział w dyskusji	Referat	Praca pisemna (esej)	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Inne
W1						x					x		
W2						x		x			x		
W2						x					x		
W3						x					x		
W4						x					x		
W5						x		x			x		
W6						x					x		
W7						x					x		
W8						x		x			x		
W9						x					x		
W10						x		x			x		
W11						x		x			x		
W12						x					x		
W13						x					x		
W14						x					x		
W15						x					x		
W16						x					x		
W17						x					x		
W18						x		x			x		
W19						x					x		
W20						x					x		
U1						x					x		
U2						x					x		

U3						X					X		
U4						X					X		
U5						X		X			X		
U6						X					X		
U7						X					X		
U8						X		X			X		
U9						X					X		
U10						X					X		
U11						X					X		
U12						X		X			X		
U13						X					X		
U14						X					X		
K1								X					
K2								X					
K3								X					
K4								X					

Kryteria oceny	<p>Ocena końcowa jest średnią ocen następujących ocen cząstkowych:</p> <ul style="list-style-type: none"> - oceny prac pisemnych zawierających rozwiązania prostych zadań, - oceny odpowiedzi i aktywności intelektualnej na ćwiczeniach, - odpowiedzi na egzaminie ustnym.
----------------	--

Uwagi	<p>KRYTERIA OCENY</p> <p>BARDZO DOBRY</p> <p>Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W1 – W20, U1 – U14 oraz kompetencje K1 – K4 i wykazuje samodzielność, operatywność i twórcze podejście w ich stosowaniu w procesie edukacyjnym.</p> <p>DOBRY</p> <p>Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W1 – W20, U1 – U14 oraz kompetencje K1 – K4. Wykorzystuje je w procesie edukacyjnym według wskazówek nauczyciela akademickiego.</p> <p>DOSTATECZNY</p> <p>Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W1 – W20, U1 – U14 oraz kompetencje K1 – K4. Stosuje je w procesie edukacyjnym według szczegółowych instrukcji nauczyciela akademickiego.</p> <p>NIEDOSTATECZNY</p> <p>Student nie opanował wiedzy wymienionej w punktach W1 – W17 ani nie osiągnął większości wspomnianych umiejętności i kompetencji.</p>
-------	---

Treści merytoryczne (wykaz tematów)

- 1) Obserwable zgodne – równocześnie mierzalne.
- 2) Zupełny układ obserwabli zgodnych. Pojęcie reprezentacji w mechanice kwantowej.
- 3) Komutator i relacje nieoznaczoności.
- 4) Bra - wektory własne położenia i pędu. Reprezentacje położeniowa i pędowa.
- 5) Widmo ciągłe.
- 6) Ogólne równanie Schrödingera – ewolucja czasowa wektora stanu.
- 7) Operator ewolucji czasowej. Znaczenie hamiltonianu.
- 8) Stany stacjonarne i stacjonarne równanie Schrödingera oraz sposoby rozwiązywania tego równania.
- 9) Funkcja Greena równania Schrödingera.
- 10) Równanie określające szybkość zmian wartości średniej danej obserwabli.
- 11) Twierdzenie Ehrenfesta.
- 12) Zasada nieoznaczoności czas – energia.
- 13) Częstka naładowana w zewnętrznym polu elektromagnetycznym – sprzężenie minimalne.
- 14) Transformacje gauge.
- 15) Efekt Aharonova – Bohma.
- 16) Opis cząstki masywnej ze spinem $\frac{1}{2}$. Równanie Pauliego.
- 17) Efekt Zeemana.
- 18) Symetria w mechanice kwantowej. Generatory transformacji symetrii i stałe ruchu.
- 19) Stacjonarny rachunek zaburzeń.
- 20) Rachunek zaburzeń zależnych od czasu i jego zastosowania.
- 21) Atom w zewnętrznym okresowym polu elektromagnetycznym.
- 22) Opis układów złożonych – iloczyn tensorowy przestrzeni stanów.
- 23) Stany splątane.
- 24) Bozony i fermiony. Podstawy formalizmu „drugiej kwantyzacji” .
- 25) Elementy relatywistycznej mechaniki kwantowej; równania Kleina – Gordona i równanie Diraca.

Wykaz literatury podstawowej

Iwo Białynicki – Birula, Marek Cieplak, Jerzy Kamiński „Teoria kwantów”,
Stanisław Szpikowski „Podstawy mechaniki kwantowej”,
Feynmana wykłady z fizyki Tom III.,
Bronisław Średniawa „Mechanika kwantowa”,
Kacper Zalewski „Wykłady z nierelatywistycznej mechaniki kwantowej”,
Anthony Sudbery „Quantum mechanics and the particle of nature”,
P. A. M. Dirac „The Principles of Quantum Mechanics”,
David J. Griffiths „Introduction to Quantum Mechanics”.

Wykaz literatury uzupełniającej

G.Auletta, M. Fortunato, G. Parisi „Quantum Mechanics” Cambridge 2009

Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta)

Ilość godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	45
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	45
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym	10
Ilość godzin pracy studenta bez kontaktu z prowadzącymi	Lektura w ramach przygotowania do zajęć	10
	Przygotowanie krótkiej pracy pisemnej lub referatu po zapoznaniu się z niezbędną literaturą przedmiotu	10
	Przygotowanie projektu lub prezentacji na podany temat (praca w grupie)	5
	Przygotowanie do egzaminu	25
Ogółem bilans czasu pracy		150
Ilość punktów ECTS w zależności od przyjętego przelicznika		5