

Wydział Podstawowych Problemów Techniki

KARTA PRZEDMIOTUNazwa w języku polskim: **Kwantowe Układy Otwarte**Nazwa w języku angielskim: **Open Quantum Systems**Kierunek studiów: **Inżynieria kwantowa**Stopień studiów i forma: **I stopień, inżynierskie**Rodzaj przedmiotu: **kierunkowy/wybieralny**Kod przedmiotu: **FTP001008W**Grupa kursów: **NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Liczba punktów ECTS	2				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1				

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Mechanika kwantowa 1, Mechanika kwantowa 2, Wstęp do informatyki kwantowej

CELE PRZEDMIOTU

C1. Nabycie wiedzy, uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne, z następujących działów fizyki kwantowej:

C1.1. Opis ewolucji układów otwartych.

C1.2. Kwantowe procesy Markova.

C1.3. Procesy kwantowe nie będące procesami Markova.

C2. Zdobycie umiejętności jakościowej oraz ilościowej analizy zjawisk/procesów i rozwiązywania problemów/zadań związanych z wyżej wymienionymi działami fizyki:

C2.1. Opis ewolucji układów otwartych.

C2.2. Kwantowe procesy Markova.

C2.3. Procesy kwantowe nie będące procesami Markova.

C3. Konsolidacja umiejętności społecznych, w tym:

- Inteligencji emocjonalnej, obejmującej umiejętność pracy w grupie studentów i zmierzającej do skutecznego rozwiązywania problemów;

- Odpowiedzialność, uczciwość i prawość w zachowaniu zgodności ze zwyczajami obowiązującymi w środowisku akademickim oraz w społeczeństwie.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Zagadnienia przeznaczone do samodzielnej nauki są oznaczone kursywą

I. Z zakresu wiedzy:

Po zaliczeniu przedmiotu student ma wiedzę w zakresie kwantowego opisu ewolucji układów otwartych.
Student:

PEK_W01 – rozumie pojęcie macierzy gęstości i wie w jaki sposób macierz gęstości wykorzystuje się do opisu stanów kwantowych. Rozumie czym się różnią stany czyste od stanów mieszanych.

PEK_W02 – wie, kiedy można zastosować równanie Liouville-von Neumanna i jakie wykonuje się przy tym przybliżenia.

PEK_W03 – wie jak, kiedy i po co przechodzić do obrazu oddziaływania i obrazu Heisenberga.

PEK_W04 – wie, co to są kwantowe procesy Markova oraz kiedy można zastosować równanie Lindblada i jakie się wtedy wykonuje przybliżenia.

PEK_W05 – zna pojęcie funkcji korelacji i rozumie, kiedy w procesach kwantowych mamy do czynienia z nieodwracalnością.

PEK_W06 – rozumie podstawowe przykłady zastosowania równania Lindblada.

PEK_W07 – rozumie pochodzenie i zastosowania kwantowo-optycznego równania fundamentalnego.

PEK_W08 – rozumie wpływ pomiaru na układ kwantowy oraz na czym polega kwantowy efekt Zenona

PEK_W09 – wie, na czym polegają kwantowe ruchy Browna oraz rozumie ich opis.

PEK_W10 – rozumie skąd się biorą nieliniowe kwantowe równania fundamentalne i wie, do jakich zagadnień należy je wykorzystywać.

PEK_W11 – rozumie pojęcie dekoherencji i jej opis.

PEK_W12 – zna podstawowe procesy Markova prowadzące do dekoherencji.

PEK_W13 – wie, co to są procesy kwantowe nie będące procesami Markova. Rozumie problemy związane z opisem tego typu procesów.

PEK_W14 – rozumie zastosowania równania Nakajimy-Zwanziga i wie, skąd się ono wywodzi.

PEK_W15 – rozumie metodę operatorów projekcji bez splotu czasowego, wie skąd się ona wywodzi i rozumie jej ograniczenia.

II. Z zakresu umiejętności:

Po ukończeniu kursu student potrafi prawidłowo i efektywnie zastosować poznane zasady i prawa fizyki do jakościowej i ilościowej analizy wybranych zagadnień fizycznych. Student:

PEK_U01 – umie stosować formalizm macierzy gęstości, umie zamieniać opis stanu kwantowego przy pomocy wektorów (funkcji) falowych na opis przy pomocy macierzy gęstości. Potrafi zastosować iloczyn tensorowy, żeby uzyskać macierzy gęstości całego układu z macierzy gęstości podukładów oraz potrafi zastosować ślad częściowy, żeby wykonać operację odwrotną.

PEK_U02 – umie zastosować równanie Liouville-von Neumanna do wybranych zagadnień fizycznych.

PEK_U03 – umie przechodzić do obrazu oddziaływania i obrazu Heisenberga.

PEK_U04 – umie napisać i zastosować równanie Lindblada.

PEK_U05 – umie policzyć podstawowe funkcje korelacji.

PEK_U06 – umie znaleźć ewolucję układu podczas relaksacji oraz w reżimie słabego oddziaływania.

PEK_U07 – umie napisać i zastosować kwantowo-optyczne równanie fundamentalne.

PEK_U08 – umie opisać kwantowy efekt Zenona.

PEK_U09 – umie opisać kwantowe ruchy Browna.

PEK_U10 – **umie napisać i zastosować nieliniowe kwantowe równanie fundamentalne.**

PEK_U11 – umie opisać dekoherencję podukładu oddziałującego z układem otwartym.

PEK_U12 – umie zastosować odpowiedni formalizm matematyczny, żeby odpisać dekoherencję wynikającą z wybranych procesów Markova.

PEK_U13 – umie rozpoznać procesy kwantowe nie będące procesami Markova.

PEK_U14 – umie napisać i zastosować równanie Nakajimy-Zwanziga.

PEK_U15 – umie zastosować metodę operatorów projekcji bez splotu czasowego.

III. Odnoszące się do kompetencji społecznych:

Po ukończeniu kursu student konsoliduje kompetencje w zakresie:

PEK_K01 – wyszukiwania informacji oraz jej krytycznej analizy

PEK_K02 – zrozumienia potrzeby samokształcenia, w tym możliwości zwiększenia uwagi i skupienia się na tym, co ważne oraz rozwinięcia zdolności do zastosowania wiedzy i umiejętności
PEK_K03 – rozwijania zdolności do samooceny i samokontroli i odpowiedzialności za skutki podejmowanych działań
PEK_K04 – przestrzegania obyczajów i przepisów środowiska akademickiego
PEK_K05 – niezależnego i kreatywnego myślenia

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Sprawy organizacyjne. Macierz gęstości. Iloczyn tensorowy. Ślad częściowy.	2
Wy2	Równanie Liouvillea-von Neumanna.	2
Wy3	Obraz oddziaływania, obraz Heisenberga. Dynamika układów otwartych.	2
Wy4	Kwantowe procesy Markova. Równanie Lindblada.	2
Wy5	Funkcje korelacji. Nieodwracalność.	2
Wy6	Przykłady: Relaksacja, reżim słabego oddziaływania.	2
Wy7	Kwantowo-optyczne równanie fundamentalne.	2
Wy8	Kwantowy efekt Zenona.	2
Wy9	Kwantowe ruchy Browna.	2
Wy10	Nielinowe kwantowe równania fundamentalne. Superradiancja.	2
Wy11	Dekoherencja.	2
Wy12	Procesy Markova prowadzące do dekoherencji.	2
Wy13	Procesy kwantowe nie będące procesami Markova.	2
Wy14	Równanie Nakajimy-Zwanziga.	2
Wy15	Metoda operatorów projekcji bez splotu czasowego.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Tradycyjne wykłady wspomagane foliami, slajdami i/lub prezentacjami.
N2. Konsultacje, w tym e-mailowe
N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zaliczenia.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny: F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 ÷ PEK_W15; PEK_U01 ÷ PEK_U15; PEK_K01 ÷ PEK_K05.	Zaliczenie na ocenę

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**LITERATURA PODSTAWOWA:**

[1] H.-P. Breuer i F. Petruccione, *The theory of open quantum systems*, Oxford University Press (2002).

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA W JEZYKU POLSKIM:

[1] Attal, Stéphane; Joye, Alain; Pillet, Claude-Alain, *Open Quantum Systems I: The Hamiltonian Approach*, Springer (2006).

[2] Attal, Stéphane; Joye, Alain; Pillet, Claude-Alain, *Open Quantum Systems II: The Markovian Approach*, Springer (2006).

[3] Angel Rivas, Susana F. Huelga, *Open Quantum Systems: An Introduction*, Springer (2012).

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Katarzyna Roszak, katarzyna.roszak@pwr.edu.pl

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU **Fizyka 1NS
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **Energetyka****

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności	Cele przedmiotu	Treści programowe	Numer narzędzia dydaktycznego
Wiedza				
PEK_W01	K1INK_W04,W06	C1.1	Wy1	1÷3
PEK_W02	K1INK_W04,W06	C1.1	Wy2	1÷3
PEK_W03	K1INK_W04,W06	C1.1	Wy3	1÷3
PEK_W04	K1INK_W04,W06	C1.2	Wy4	1÷3
PEK_W05	K1INK_W04,W06	C1.2	Wy5	1÷3
PEK_W06	K1INK_W04,W06	C1.2	Wy6	1÷3
PEK_W07	K1INK_W04,W06	C1.2	Wy7	1÷3
PEK_W08	K1INK_W04,W06	C1.2	Wy8	1÷3
PEK_W09	K1INK_W04,W06	C1.2	Wy9	1÷3
PEK_W10	K1INK_W04,W06	C1.2	Wy10	1÷3
PEK_W11	K1INK_W04,W06	C1.2	Wy11	1÷3
PEK_W12	K1INK_W04,W06	C1.2	Wy12	1÷3
PEK_W13	K1INK_W04,W06	C1.3	Wy13	1÷3

PEK_W14	K1INK_W04,W06	C1.3	Wy14	1÷3
PEK_W15	K1INK_W04,W06	C1.3	Wy15	1÷3
Umiejętności				
PEK_U01	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.1	Wy1	1÷3
PEK_U02	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.1	Wy2	1÷3
PEK_U03	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.1	Wy3	1÷3
PEK_U04	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.2	Wy4	1÷3
PEK_U05	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.2	Wy5	1÷3
PEK_U06	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.2	Wy6	1÷3
PEK_U07	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.2	Wy7	1÷3
PEK_U08	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.2	Wy8	1÷3
PEK_U09	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.2	Wy9	1÷3
PEK_U10	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.2	Wy10	1÷3
PEK_U11	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.2	Wy11	1÷3
PEK_U12	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.2	Wy12	1÷3
PEK_U13	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.3	Wy13	1÷3
PEK_U14	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.3	Wy14	1÷3
PEK_U15	K1INK_U01,U06,U08,U12	C2.3	Wy15	1÷3
Kompetencje społeczne				
PEK_K01÷ PEK_K05	K1INK_K01,K05,K07	C3	Wy1÷Wy15	1÷3