


**KAPITAŁ LUDZKI**  
 NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

 Projekt współfinansowany przez  
 Unię Europejską w ramach  
 Europejskiego Funduszu  
 Społecznego

**UNIA EUROPEJSKA**  
 EUROPEJSKI  
 FUNDUSZ SPOŁECZNY


<b>Nazwa przedmiotu</b>		<b>Kod ECTS</b>	
Elektrodynamika klasyczna - wykład		13.2.0614	
<b>Nazwa jednostki prowadzącej przedmiot</b>			
Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki			
<b>Studia</b>			
<b>wydział</b>	<b>kierunek</b>	<b>poziom</b>	<b>pierwszego stopnia</b>
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki	Fizyka	<b>forma</b>	stacjonarne
		<b>moduł</b>	fizyka
		<b>specjalnościowy</b>	
		<b>specjalizacja</b>	Podstawowa
<b>Nazwisko osoby prowadzącej (osób prowadzących)</b>			
prof. dr hab. Tomasz Paterek			
<b>Formy zajęć, sposób ich realizacji i przypisana im liczba godzin</b>		<b>Liczba punktów ECTS</b>	
<b>Formy zajęć</b>		4 udział studenta w zajęciach (45 godz. wykładu) - 2 ECTS praca własna studenta - 2 ECTS	
Wykład			
<b>Sposób realizacji zajęć</b>			
zajęcia on-line, zajęcia w sali dydaktycznej			
<b>Liczba godzin</b>			
Wykład: 45 godz.			
<b>Termin realizacji przedmiotu</b>			
2024/2025 letni			
<b>Status przedmiotu</b>		<b>Język wykładowy</b>	
obowiązkowy		polski	
<b>Metody dydaktyczne</b>		<b>Forma i sposób zaliczenia oraz podstawowe kryteria oceny lub wymagania egzaminacyjne</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dyskusja</li> <li>- Wykład problemowy</li> <li>- Wykład z prezentacją multimedialną</li> </ul>		<b>Sposób zaliczenia</b>	
		Egzamin	
		<b>Formy zaliczenia</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- egzamin ustny</li> <li>- egzamin pisemny z pytaniami (zadaniami) otwartymi</li> <li>- egzamin pisemny (dłuższa wypowiedź pisemna / rozwiązanie problemu)</li> </ul>	
		<b>Podstawowe kryteria oceny</b>	

OCENA BDB:  
Pełna znajomość treści zawartych w wykładzie (patrz, treści programowe, wszystkie hasła), w tym wszystkie wyprowadzenia, umiejętność rozwiązywania zadań z tego zakresu.

OCENA DB  
Pełna znajomość części treści zawartych w wykładzie (patrz, treści programowe, hasła z jedną gwiazdka i bez), w tym większość wyprowadzeń, umiejętność rozwiązywania zadań z tego zakresu.

OCENA DST  
Pełna znajomość podstawowych treści zawartych w wykładzie (patrz, treści programowe, hasła bez gwiazdek), w tym część wyprowadzeń, umiejętność rozwiązywania zadań z tego zakresu.

Próg zaliczenia: 51%

Składowa oceny	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej
egzamin	51 %	95 %
aktywność na zajęciach	0 %	5 %

**Sposób weryfikacji założonych efektów uczenia się**

zakładany efekt kształcenia	Egzamin	Aktywność na zajęciach
	Wiedza	
K_W01	+	+
K_W02	+	+
K_W07	+	+
K_W08	+	+
K_W11	+	+
	Umiejętności	
K_U01	+	+
K_U05	+	+
K_U07	+	+

**Określenie przedmiotów wprowadzających wraz z wymogami wstępnymi**

**A. Wymagania formalne**

zaliczony pierwszy rok studiów licencjackich na kierunku fizyka

**B. Wymagania wstępne**

znajomość analizy matematycznej, algebry, metod matematycznych fizyki i mechaniki klasycznej na poziomie pierwszych trzech semestrów licencjatu z fizyki

**Cele kształcenia**

poznanie podstaw teoretycznych oraz formalizmu matematycznego elektrodynamiki klasycznej

**Treści programowe**

1. Podstawowe własności wektorów. Baza ortogonalna.
2. Reguły transformacyjne wektorów.
3. Gradient, dywergencja i rotacja oraz podstawowe własności różniczkowe wektorów.
4. Twierdzenie Gaussa i twierdzenie Stokesa.
5. Gradient i dywergencja we współrzędnych krzywoliniowych.
6. Delta Diraca i jej własności.
7. Trójwymiarowa delta Diraca.
8. Twierdzenie Helmholtza + \*\*dowód.
9. Podstawowe równania elektrostatyki.
10. Prawo Coulomba.

11. Pole elektrostatyczne wytworzone przez układ ładunków.
12. Potencjał elektrostatyczny.
13. Równanie Poissona. Funkcje Greena.
14. \*Nieciągłość pola elektrycznego na powierzchni naładowanej.
15. \*Potencjał elektrostatyczny a powierzchnia naładowana.
16. Energia elektrostatyczna ładunku próbnego w polu elektrostatycznym.
17. Energia elektrostatyczna układu punktów naładowanych.
18. \*\*Funkcja Greena równania Poissona, a warunki brzegowe elektrostatyki.
19. Przewodniki w elektrostatyce.
20. Ładunki indukowane w elektrostatyce.
21. Siła działająca na przewodnik (w elektrostatyce).
22. Kondensatory. Pojemność i energia kondensatora.
23. Równanie Laplace'a i jego własności.
24. Zagadnienia brzegowe Dirichleta.
25. Zagadnienia brzegowe Neumanna.
26. Metoda obrazów.
27. Metoda rozdzielania zmiennych (równanie Laplace'a).
28. \*Równanie Laplace'a. Metoda rozdzielania zmiennych dla współrzędnych sferycznych.
29. Ogólna postać rozwiązania równania Laplace'a dla współrzędnych sferycznych.
30. Rozwinięcie multipolowe (w elektrostatyce).
31. Dipol. Pole elektrostatyczne dipola.
32. Podstawowe równania magnetostatyki.
33. Potencjał wektorowy, transformacje cechowania.
34. Cechowanie Coulomba.
35. Potencjał wektorowy dipola magnetycznego (dla magnetostatyki) (\* wyprowadzić)
36. \*Warunki ciągłości/nieciągłości spełniane przez pole B w pobliżu prądów powierzchniowych.
37. Równania Maxwella.
38. Potencjały w pełnej elektrodynamice.
39. Cechowanie Coulomba i Lorentza.
40. Fale elektromagnetyczne w próżni. Własności rozwiązań równania falowego.
41. Polaryzacja fali elektromagnetycznej. Opis Stokes'a.
42. Funkcja Greena dla równania falowego. Ogólne własności.
43. \*Retardowana funkcja Greena. Wyprowadzenie.
44. Pola E i B wyznaczone za pomocą gęstości ładunku i prądu i ich pochodnych.
45. Gęstość energii pola elektromagnetycznego w próżni.
46. Wektor Poyntinga.
47. Zasada zachowania energii dla pól elektromagnetycznych w próżni.
48. Zasada zachowania pędu dla pól elektromagnetycznych w próżni.
49. Potencjały Lienarda-Wiecherta.
50. \*\*Pola retardowane ładunku punktowego.
51. \*\*Moc promieniowania ładunku punktowego.
52. Założenia teorii względności.
53. Przestrzeń Minkowskiego.
54. Transformacje Lorentza w przestrzeni Minkowskiego.
55. Tensor pola elektromagnetycznego.
56. Relatywistyczna forma równań Maxwella.
57. Cztero-potencjał. Cechowanie Lorentza.
58. Relatywistyczna forma siły Lorentza.
59. Opis ruchu punktu materialnego w przestrzeni Minkowskiego. Czas własny.
60. \*Relatywistyczne wektory i tensory.
61. Elektrodynamika makroskopowa (fenomenologiczna) – równania Maxwella.
62. Polaryzacja i magnetyzacja ośrodka.
63. Warunki brzegowe/skoku w elektrodynamice makroskopowej.
64. Prędkość fal elektromagnetycznych w dielektrykach.
65. Fale w ośrodkach przewodzących.
66. Kryzys elektrodynamiki klasycznej – nierozwiązane problemy.

**Wykaz literatury**

- D. J. Griffiths, Podstawy elektrodynamiki, Wydawnictwo Naukowe PWN 2001  
J. D. Jackson, Elektrodynamika klasyczna, PWN 1982  
M. Suffczyński, Elektrodynamika, PWN 1965

literatura dodatkowa

<http://www.plasma.uu.se/CED/Book/><http://www.tphys.uni-heidelberg.de/~wegner/e03.dyn/EI03Gese.pdf>**Kierunkowe efekty uczenia się**

K\_W01 ma ogólną wiedzę w zakresie podstawowych koncepcji, zasad i teorii fizycznych, rozumie ich historyczny rozwój i znaczenie nie tylko dla fizyki, ale i dla nauk ścisłych i przyrodniczych oraz poznania świata

K\_W02 rozumie rolę eksperymentu fizycznego, matematycznych modeli teoretycznych przybliżających rzeczywistość oraz symulacji komputerowych w metodologii badań naukowych; ma świadomość ograniczeń technologicznych, aparaturowych i metodologicznych w badaniach naukowych

K\_W07 zna i rozumie podstawowe zjawiska elektromagnetyczne oraz prawa elektrodynamiki sformułowane w języku równań Maxwella

K\_W08 posiada wiedzę w zakresie podstawowych zjawisk i praw optyki geometrycznej, falowej oraz fotometrii

K\_W11 zna podstawowe metody obliczeniowe stosowane w mechanice klasycznej, elektrodynamice, mechanice kwantowej i fizyce statystycznej

K\_U01 potrafi sformułować podstawowe prawa fizyczne używając formalizmu matematycznego

K\_U05 potrafi opisać pola elektryczne i magnetyczne w próżni i w ośrodkach materialnych oraz zjawiska fizyczne zachodzące w obwodach elektrycznych; potrafi sklasyfikować ośrodki materialne ze względu na sposób ich oddziaływania z zewnętrznym polem elektromagnetycznym

K\_U07 posiada umiejętność ilościowej analizy ruchu drgającego i falowego oraz opisu zjawisk optycznych, akustycznych oraz oddziaływania światła z materią

**Wiedza**

Student zna:

Podstawowe własności wektorów. Baza ortogonalna.

Reguły transformacyjne wektorów.

Gradient, dywergencja i rotacja oraz podstawowe własności różniczkowe wektorów.

Twierdzenie Gaussa i twierdzenie Stokesa.

Gradient i dywergencja we współrzędnych krzywoliniowych.

Delta Diraca i jej własności.

Trójwymiarowa delta Diraca.

Twierdzenie Helmholtza

Podstawowe równania elektrostatyki.

Prawo Coulomba.

Pole elektrostatyczne wytworzone przez układ ładunków.

Potencjał elektrostatyczny.

Równanie Poissona. Funkcje Greena.

Nieciągłość pola elektrycznego na powierzchni naładowanej.

Potencjał elektrostatyczny a powierzchnia naładowana.

Energia elektrostatyczna ładunku próbnego w polu elektrostatycznym.

Energia elektrostatyczna układu punktów naładowanych.

Funkcja Greena równania Poissona, a warunki brzegowe elektrostatyki.

Przewodniki w elektrostatyce.

Ładunki indukowane w elektrostatyce.

Siła działająca na przewodnik (w elektrostatyce).

Kondensatory. Pojemność i energia kondensatora.

Równanie Laplace'a i jego własności.

Zagadnienie brzegowe Dirichleta.

Zagadnienie brzegowe Neumanna.

Metoda obrazów.

Metoda rozdzielania zmiennych (równanie Laplace'a).

Równanie Laplace'a. Metoda rozdzielania zmiennych dla współrzędnych sferycznych.

Ogólna postać rozwiązania równania Laplace'a dla współrzędnych sferycznych.

Rozwinięcie multipolowe (w elektrostatyce).

Dipol. Pole elektrostatyczne dipola.

Podstawowe równania magnetostatyki.

Potencjał wektorowy, transformacje cechowania.

Cechowanie Coulomba.

Potencjał wektorowy dipola magnetycznego (dla magnetostatyki)

Warunki ciągłości/nieciągłości spełniane przez pole B w pobliżu prądów powierzchniowych.

Równania Maxwella.

Potencjały w pełnej elektrodynamice.

Cechowanie Coulomba i Lorentza.

Fale elektromagnetyczne w próżni. Własności rozwiązań równania falowego.

Polaryzacja fali elektromagnetycznej. Opis Stokes'a.

Funkcja Greena dla równania falowego. Ogólne własności.

Retardowana funkcja Greena.

Gęstość energii pola elektromagnetycznego w próżni.

Wektor Poyntinga.

Zasada zachowania energii dla pól elektromagnetycznych w próżni.

Zasada zachowania pędu dla pól elektromagnetycznych w próżni.

Potencjały Lienarda-Wiecherta.

Pola retardowane ładunku punktowego.

Moc promieniowania ładunku punktowego.

Tensor pola elektromagnetycznego.  
 Relatywistyczna forma równań Maxwella.  
 Cztero-potencjał. Cechowanie Lorentza.  
 Relatywistyczna forma siły Lorentza.  
 Opis ruchu punktu materialnego w przestrzeni Minkowskiego. Czas własny.  
 Relatywistyczne wektory i tensory.  
 Elektrodynamika makroskopowa (fenomenologiczna) – równania Maxwella.  
 Polaryzacja i magnetyzacja ośrodka.  
 Warunki brzegowe/skoku w elektrodynamice makroskopowej.  
 Prędkość fal elektromagnetycznych w dielektrykach.  
 Fale w ośrodkach przewodzących.  
 Kryzys elektrodynamiki klasycznej – nierozwiązane problemy.

#### Umiejętności

Student potrafi:

- przeprowadzać rozumowania wymagające znajomości teoretycznych podstaw elektrodynamiki klasycznej
- stosować matematyczny formalizm elektrodynamiki
- rozwiązywać zagadnienia brzegowe występujące w elektrodynamice
- zauważyć i wykorzystać symetrie przestrzenne zagadnień elektrodynamicznych
- sformułować prawa elektrodynamiki
- stosować potencjały elektromagnetyczne
- rozwiązać równanie falowe i zinterpretować własności otrzymanych rozwiązań
- dokonać rozwinięcia multipolowego pól i potencjałów
- sformułować równania Maxwella w postaci relatywistycznie niezmienniczej
- zachwycić się pięknem formalizmu elektrodynamiki klasycznej
- zwalczać pseudonaukowe brednie (radiestezja, homeopatia, telepatia, etc.)

#### Kompetencje społeczne (postawy)

Student ma świadomość wszechobecnego istnienia pola elektromagnetycznego i fal elektromagnetycznych oraz wpływu elektromagnetyzmu na rozwój cywilizacyjny.  
 Student potrafi przekazać otoczeniu społecznemu podstawowe idee elektrodynamiki i zasady działań urządzeń opartych na elektromagnetyzmie.

#### Kontakt

tomasz.pateret@ug.edu.pl