



Electromagnetism and Optics

Course description sheet

Basic information

Field of study Technical Physics	Didactic cycle 2025/2026	
Major -	Course code JFTCS.II2.00100.25	
Organisational unit Faculty of Physics and Applied Computer Science	Lecture languages Polish	
Study level First-cycle (engineer) programme	Mandatoriness Obligatory	
Form of study Full-time studies	Block Core Modules	
Profile General academic	Course related to scientific research No	
Course coordinator	Wojciech Łużny	
Lecturer	Wojciech Łużny, Paweł Janowski, Radosław Strzałka	
Period Semester 2	Method of verification of the learning outcomes Exam	Number of ECTS credits 8
	Activities and hours Lectures: 60 Auditorium classes: 60	

Goals

C1	Głównym celem przedmiotu "Elektromagnetyzm i optyka" jest przekazanie studentom podstawowych pojęć i narzędzi, związanych z naczelnym tematem którym jest "światło jako fala elektromagnetyczna", takich jak np.: ruch falowy, podstawy szczególnej teorii względności, ładunek elektryczny i prąd elektryczny, pole elektromagnetyczne, widmo fal elektromagnetycznych.
C2	Dzięki rozwiązywaniu zadań i problemów, a także licznych przykładów praktycznych, studenci uzyskują wprawę w posługiwaniu się ważnymi narzędziami matematycznymi, jak np. operatory różniczkowe i rachunek zespolony. Szczególny nacisk położony jest na rozumienie równań Maxwella. Pod koniec semestru - fakultatywnie - studenci mają możliwość zapoznania się z podstawami optyki kwantowej, relatywistycznym ujęciem praw elektromagnetyzmu, a także z wybranymi efektami z obszaru ogólnej teorii względności i kosmologii, co ma realizować cel zachęcenia do dalszego studiowania fizyki.
C3	Ważnym celem przedmiotu "Elektromagnetyzm i optyka" jest pokazanie studentom Fizyki Technicznej, że fizyka opisuje świat, w którym żyjemy i podaje prawa nim rządzące. W tym celu pokazywany jest cały szereg doświadczeń, oraz wiele przykładów z życia codziennego.

Course's learning outcomes

Code	Outcomes in terms of	Learning outcomes prescribed to a field of study	Methods of verification
Knowledge - Student knows and understands:			
W1	zjawiska elektrostatyki, elektrodynamiki, magnetyzmu i optyki.	FTC1A_W01, FTC1A_W03	Examination
W2	podstawy elektryczności i magnetyzmu, w tym prawa elektromagnetyzmu (Gausa, Ampere'a, Faradaya, równania Maxwella) oraz zna teoretyczny opis fal elektromagnetycznych i ich właściwości.	FTC1A_W02, FTC1A_W04	Examination
W3	podstawowe mechanizmy fizyczne procesów zachodzących wokół nas, a zwłaszcza dotyczących ładunków i prądów elektrycznych, magnetyków i zjawisk optycznych.	FTC1A_W01, FTC1A_W02	Activity during classes, Examination
Skills - Student can:			
U1	formułować fizyczne podstawy zjawisk elektromagnetycznych i optycznych w przyrodzie i technice, poprzez wskazanie praw i zasad nimi rządzących i decydujących o ich przebiegu.	FTC1A_U01, FTC1A_U03	Test
U2	samodzielnie rozwiązywać proste problemy i zadania z zakresu elektromagnetyzmu i optyki, w szczególności sformułować poprawne równania opisujące obwody prądu stałego, pola elektryczne i magnetyczne, zjawiska optyki geometrycznej i falowej.	FTC1A_U01, FTC1A_U02, FTC1A_U03	Test
Social competences - Student is ready to:			
K1	przejrzystego zaprezentowania rozwiązania prostego problemu inżynierskiego z obszaru elektromagnetyzmu i optyki.	FTC1A_K01, FTC1A_K03	Oral answer

Student workload

Activity form	Average amount of hours* needed to complete each activity form
Lectures	60
Auditorium classes	60
Preparation for classes	40
Realization of independently performed tasks	48
Examination or final test/colloquium	2
Contact hours	5
Student workload	Hours 215
Workload involving teacher	Hours 120

* hour means 45 minutes

Program content

No.	Program content	Course's learning outcomes	Activities
1.	<p>1. Ruch falowy – 3 godz. Efekty kształcenia: - student potrafi zapisać zależność opisywanej wielkości fizycznej od zmiennych przestrzennych i czasowych (równanie fal); rozumie znaczenie parametrów fali użytych w zapisie jej równania i związków między nimi (okres, prędkość propagacji); potrafi poprawnie opisać zjawisko interferencji fal i warunki powstawania fal stojących; potrafi określić wpływ ruchu źródła i odbiornika na parametry propagującej się fali. - student potrafi wykorzystywać w zadaniach relacje pomiędzy różnymi parametrami fali; potrafi wyliczyć fazę fali w dowolnym punkcie i różnicę faz między dwoma falami; przy nakładaniu się fal potrafi określić warunki na powstanie węzłów i strzałek fali stojącej; potrafi używać wzorów opisujących zjawisko Dopplera; - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla bardziej zaawansowanych studentów dyskusja obrazu interferencji fal w dwóch wymiarach.</p> <p>2. Szczególna teoria względności – 4 godz. Efekty kształcenia: - Student rozumie problemy związane z opisem ruchu światła w różnych układach odniesienia; potrafi wypisać równania transformacji Lorentza i rozumie relacje czasoprzestrzenne między zdarzeniami; potrafi zilustrować te relacje na diagramie Minkowskiego; potrafi przeprowadzić dyskusję problemów jednoczesności zdarzeń i dilatacji czasu; potrafi zilustrować rachunkowo i graficznie problem skrócenia Fitzgeralda-Lorentza; - Student potrafi przeliczać współrzędne czasoprzestrzenne zdarzeń między różnymi układami odniesienia; potrafi wyliczać interwały czasoprzestrzenne i odległości między zdarzeniami w danym układzie; potrafi poprawnie wykorzystywać wzór na składanie prędkości; potrafi opisać wzorami efekt Dopplera wynikający z ruchu względnego między dwoma układami odniesienia. - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów dyskusja bardziej wymagających tematów z kinematyki relatywistycznej.</p> <p>3. Wprowadzenie do analizy pól skalarnych i wektorowych – 2 godz. Efekty kształcenia: - Student rozumie podstawowe pojęcia używane w analizie wektorowej (linie, powierzchnie stałej wartości, linie sił) i relacje między nimi; umie się posługiwać podstawowymi narzędziami analizy wektorowej takimi jak gradient, dywergencja i rotacja; - Student potrafi analizować zachowanie linii i powierzchni stałej wartości dla pól skalarnych; umie stosować poprawnie operator gradientu do generowania lokalnego kierunku linii sił; potrafi zastosować operator dywergencji dla typowych pól wektorowych; - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów dyskusja numerycznie rozwiązywalnych problemów w 2D i 3D.</p> <p>4. Elektrostatyka ładunków punktowych – 3 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie zapisać w postaci wektorowej wzór na oddziaływanie ładunków punktowych; potrafi zdefiniować natężenie pola elektrycznego w danym punkcie przestrzeni; rozumie poprawnie zasadę superpozycji dla pola elektrycznego jako wielkości wektorowej; potrafi zdefiniować pojęcie potencjału elektrostatycznego i rozumie relacje między polem potencjału a odpowiednim natężeniem pola elektrycznego. - Student potrafi wyliczać natężenie pola elektrycznego w danym punkcie przestrzeni przez wektorowe sumowanie pól od poszczególnych ładunków punktowych; potrafi wyliczać sumaryczne pole potencjału od kilku ładunków punktowych i odpowiadające mu natężenie pola elektrycznego. - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów dyskusja wyliczania postaci pola z wykorzystaniem symetrii układu ładunków.</p> <p>5. Elektrostatyka ładunków rozciągłych – 3 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie zapisać wzór na natężenie pola lub potencjał od danego fragmentu ładunku rozciągłego z właściwym wyborem zmiennych odpowiednio parametryzujących geometrię rozkładu ładunku w dwóch i trzech wymiarach; umie przeprowadzić operację całkowania; potrafi poprawnie sformułować prawo Gaussa dla pola elektrycznego i wykorzystać go do wyliczania pola elektrycznego w przypadkach wysokiej symetrii. - Student potrafi wyliczać natężenie pola w danym punkcie przestrzeni od szczególnych konfiguracji ładunków rozciągłych takich jak jednorodnie naładowany pręt, okrąg, sfera i kula z wykorzystaniem operacji całkowania i zastosowania prawa Gaussa. - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów dyskusja konfiguracji ładunku ważnych technologicznie (cylinder, tarcza naładowana).</p> <p>6. Indukcja dielektryczna, kondensatory, dielektryki – 3 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie opisać pole ładunku punkowego w pobliżu powierzchni metalowej (metoda obrazów), potrafi wyliczać gęstość ładunku indukowanego w metalu; potrafi wyliczać pole w okolicy dwóch przeciwnie naładowanych elektrod metalowych i poprawnie zdefiniować pojęcie pojemności dielektrycznej kondensatora; zna wzory na połączenia szeregowo i równoległo kondensatorów; potrafi przeanalizować i wyliczyć wpływ obecności dielektryka na pojemność kondensatora; student rozumie pojęcie energii naładowanego kondensatora. - Student potrafi wyliczać natężenie pola elektrycznego wewnątrz kondensatorów o różnej geometrii (kondensator płaski, walcowy, sferyczny); potrafi wyliczać pojemność zastępczą układu kilku kondensatorów, który daje się zredukować do połączeń szeregowych i równoległych; student potrafi analizować energię układu kondensatorów przy stałym napięciu i stałym ładunku (dołączone i odłączone zasilanie). - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów obliczenia gęstości ładunków na dwóch metalowych sferach polaryzujących się wzajemnie.</p> <p>7. Obwody stałego prądu elektrycznego – 4 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie sformułować podstawowe prawa przepływu prądu stałego w obwodach (prawo Kirchhoffa, prawo Ohma) i zdefiniować pojęcie oporu właściwego materiału; potrafi podać wzory na połączenia szeregowo i równoległe oporników; potrafi zapisać wzory na moc prądu wydzieloną na danym elemencie obwodu. - Student potrafi wyliczać prąd i spadki napięć w obwodzie, który da się zredukować o połączenia szeregowych i równoległych; potrafi określić wpływ oporu wewnętrznego w obwodach zasilanych z baterii; potrafi rozwiązać prostsze przypadki obwodów mostkowych bezpośrednio z praw Kirchhoffa; potrafi wyliczać moc wydzieloną na poszczególnych elementach obwodu. - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów obliczenia pól rozprzysku prądów w cieczkach przy zadanej geometrii elektrod.</p> <p>8. Stale pola magnetyczne – 3 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie wyrazić wzorami indukcję pola magnetycznego od najprostszych konfiguracji źródeł (długi liniowy przewodnik z prądem, pętla z prądem, solenoid); potrafi sformułować prawo Ampera i prawo Biota-Savarta; rozumie związek między natężeniem pola magnetycznego a indukcją magnetyczną dla próżni i w materiałach magnetycznych; - Student potrafi poprawnie wyliczyć wektor indukcji magnetycznej od źródeł rozciągłych poprzez zastosowanie prawa Biota-Savarta lub prawa Ampera'a (dla układów z odpowiednią symetrią). - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów obliczenia pola dla technologicznie ważnych geometrii (cewka o skończonej długości, kabel koncentryczny).</p> <p>9. Ruch ładunków w stałych polach elektrycznych i magnetycznych – 3 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie zapisać wzory na siłę działającą na ładunek w polu elektrycznym i polu magnetycznym (siła Lorentza); umie poprawnie opisać ruch ładunku punktowego w stałym polu magnetycznym; umie sformułować wzór na oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem; umie określić oddziaływanie pola magnetycznego na ładunki w przewodniku (zjawisko Halla). - Student potrafi poprawnie zapisać równania ruchu ładunku w jednorodnym polu elektrycznym; umie zapisać równania ruchu ładunku w stałym polu magnetycznym i określić parametry orbity (promień, okres obiegu, skok strąby); umie wykorzystać wzór na oddziaływanie przewodnika z polem magnetycznym do obliczeń siły działającej przy najprostszych konfiguracjach przewodnika; potrafi wyliczyć napięcie generowane w przewodnikach poruszających się w polu magnetycznym. - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów obliczenia przebiegu prądów w obwodach z poruszającymi się przewodnikami.</p> <p>10. Indukcja elektromagnetyczna – 4 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie zdefiniować pojęcie strumienia indukcji magnetycznej; umie poprawnie zapisać prawo indukcji Faraday'a i zinterpretować poprawnie tzw. regułę przekrocy (Lenza); potrafi zdefiniować pojęcia indukcyjności własnej i indukcyjności wzajemnej; potrafi poprawnie opisać działanie transformatora; potrafi podać wzór na energię pola magnetycznego zgromadzonego w obwodzie z prądem; potrafi poprawnie opisać przepływ prądu przemiennego w obwodzie RLC i zdefiniować odpowiednie parametry zastępcze elementów obwodu; potrafi podać podstawowe zależności dla drgających obwodów elektrycznych typu LC i opisać zjawisko rezonansu w takich obwodach; - Student potrafi poprawnie wyliczać sygnał elektryczny generowany w obwodach umieszczonych w zmiennym polu magnetycznym; umie obliczyć współczynniki indukcyjności własnej i wzajemnej przy najprostszych geometriach przewodnika; potrafi wykorzystać zespoloną reprezentację sygnału przemiennego do wyliczania prądów w obwodach RLC. - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów obliczenia najprostszego modelu transformatora z obciążeniem.</p> <p>11. Fale elektromagnetyczne – 4 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie zapisać równania Maxwella i objaśnić wszystkie pojęcia występujące w tych równaniach; potrafi zapisać równanie falowe dla pól EM w próżni i podać jego rozwiązania oraz objaśnić związki między występującymi w nim parametrami; student kojarzy poszczególne pasma widma fal EM z ich podstawowymi cechami i zastosowaniami technicznymi; umie objaśnić pojęcie relacji dyspersji i zdefiniować pojęcia prędkości fazowej i grupowej fali; - Student potrafi poprawnie napisać rozwiązania elektromagnetycznych fal płaskich w próżni i wyliczyć relacje między wektorami pola elektrycznego i indukcji magnetycznej w danej fali; potrafi wyznaczyć rozwiązania równania falowego w prostych przypadkach z zadanymi warunkami brzegowymi (najprostszy falowod) i wyznaczyć dla tych rozwiązań relację dyspersji oraz prędkości fazową i grupową; - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów przykład z rozwiązaniem propagacji fali w metalu (obecność prądów wirowych) i pokazanie zjawiska naskórkowego.</p> <p>12. Optyka geometryczna – 3 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie zapisać prawa odbicia i załamania światła na powierzchniach rozdzielających ośrodki; potrafi wykorzystać prawa odbicia i załamania do opisu działania zwierciadeł i soczewek; zna wzory na położenie ogniska i równanie soczewki; zna zasady konstruowania obrazów w soczewkach; potrafi objaśnić działanie najprostszych przyrządów optycznych (lupa, luneta, mikroskop); - Student potrafi poprawnie opisać rysunkowo tworzenie obrazów w zwierciadłach i soczewkach; potrafi wykorzystać równanie soczewki do wyznaczania położenia obrazu i jego powiększenia; - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów przykład z układem soczewek skończonej odległości (płaszczyzny główne).</p> <p>13. Optyka falowa – 3 godz. Efekty kształcenia: - Student umie poprawnie zinterpretować zjawiska interferencji i dyfrakcji fali. Potrafi podać ilościowy opis tych zjawisk dla najprostszych układów (pojedyncza szczelina, układ szczelin, siatka dyfrakcyjna); potrafi zinterpretować ograniczenia rozdzielczości optycznej (kryterium Rayleigha) wynikające ze zjawisk falowych; - Student potrafi poprawnie wyliczać położenia maksimum i minimum dyfrakcyjnych dla pojedynczej szczeliny i siatki dyfrakcyjnej; potrafi podać wzory na kąty ugięcia wiązki dla siatki transmisyjnej i odbijowej i rozumie poprawnie pojęcie rzędu widma; potrafi zastosować kryterium Rayleigha do określenia zdolności rozdzielczej przyrządu optycznego; - Forma zajęć: prezentacja i dyskusja problemów z dostarczonej wcześniej listy zadań; dla zaawansowanych studentów przykład z dyfrakcją na otworze kołowym, numeryczne przykłady dyfrakcji na innych kształtach.</p>	W2, W3, U1, U2, K1	Auditorium classes
2.	<p>1. Ruch falowy 2. Szczególna teoria względności 3. Podstawowe operatory różniczkowe 4. Elektrostatyka ładunków punktowych 5. Pole elektrostatyczne ładunków przestrzennych 6. Elektrostatyka dielektryków, pojemność elektryczna 7. Obwody prądu stałego, energia i moc prądu stałego 8. Pole magnetyczne wytworzone przez prąd elektryczny 9. Indukcja elektromagnetyczna 10. Magnetyczne własności materii 11. Prąd przemienny, drgania elektromagnetyczne 12. Ruch ładunku w polu elektrycznym i magnetycznym 13. Równania Maxwella, fale elektromagnetyczne 14. Odbicie i załamanie światła: powierzchnie płaskie i kuliste 15. Interferencja i dyfrakcja, siatka dyfrakcyjna 16. Polaryzacja</p>	W1, W2, W3, U1, U2, K1	Lectures

Extended information/Additional elements

Teaching methods and techniques :

Practice method (doing tasks at the blackboard), Lectures, Discussion, Group work

Activities	Methods of verification	Credit conditions
Lectures	Activity during classes, Examination, Oral answer	
Audit. classes	Activity during classes, Test, Examination, Oral answer	Warunkiem zaliczenia jest uzyskanie co najmniej 50% punktów możliwych do zdobycia (suma z cotygodniowych kolokwium i aktywności na ćwiczeniach).

Method of determining the final grade

Ocena z ćwiczeń rachunkowych C obliczana jest następująco: procent uzyskanych punktów (suma punktów z cotygodniowych kolokwium i punktów za aktywność na ćwiczeniach) przeliczany jest na ocenę zgodnie z Regulaminem Studiów AGH. Ocena z egzaminu (E) obliczana jest następująco: procent punktów uzyskanych z pracy pisemnej przeliczany jest na ocenę zgodnie z Regulaminem Studiów AGH. Ocena końcowa (OK) obliczana jest jako średnia ważona ocen z egzaminu (E) i z ćwiczeń rachunkowych C : $OK = 0.6 \times E + 0.4 \times C$

Prerequisites and additional requirements

Znajomość rachunku pochodnych i rachunku całkowego
Dobra znajomość podstawowych pojęć i zasad fizyki (w tym mechaniki)

Rules of participation in given classes, indicating whether student presence at the lecture is obligatory

Lectures: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego. Auditorium classes: Studenci przystępując do ćwiczeń są zobowiązani do przygotowania się w zakresie wskazanym każdorazowo przez prowadzącego (np. w formie zestawów zadań). Ocena pracy studenta może bazować na wypowiedziach ustnych lub pisemnych w formie kolokwium, co zgodnie z regulaminem studiów AGH przekłada się na ocenę końcową z tej formy zajęć.

Literature

Obligatory

1. Halliday D., Resnick R., Walker J., - Podstawy fizyki, tomy 3 i 4, PWN 2011.
2. Massalski J., Massalska M., Fizyka dla inżynierów, tom 1. WNT 2005
3. Andrzej K. Wróblewski, Janusz A. Zakrzewski, Wstęp do fizyki tomy 1 i 2, PWN 1984
4. Jay Orear, Fizyka, t.1 i t.2, WNT.
5. W. Moebis et al., Fizyka dla szkół wyższych. Tom 2, OpenStax Poland, 2018: <https://openstax.pl/podreczniki?q=fizyka+tom+2>
6. W. Moebis et al., Fizyka dla szkół wyższych. Tom 3, OpenStax Poland, 2018: <https://openstax.pl/podreczniki?q=fizyka+tom+3>

Learning outcomes prescribed to a field of study

Code	Content
FTC1A_K01	pojmuje istotę i zasady pracy w grupie, ma świadomość odpowiedzialności za zespołowo realizowane zadania oraz potrafi zaplanować pracę wieloetapową i oszacować czas jej wykonania
FTC1A_K03	rozumie skutki działalności techniczno-inżynierskiej w środowisku naturalnym i społecznym, wykazuje postawę proekologiczną, potrafi przekazać społeczeństwu w sposób zrozumiały informację o osiągnięciach i ich wpływie na rozwój technologii oraz dostrzega możliwość komercjalizacji rozwiązań fizyki technicznej
FTC1A_U01	ma umiejętność samodzielnego uczenia się oraz zdobywania i integrowania wiedzy z różnych baz danych w języku polskim i angielskim
FTC1A_U02	potrafi posługiwać się językiem specjalistycznym z zakresu nauk fizycznych i technicznych zarówno w dyskusji, jak i w piśmie, także w języku obcym na poziomie B2
FTC1A_U03	potrafi wyodrębnić elementarne procesy składowe badanego zjawiska, dokonać algorytmizacji problemu oraz opracować odpowiednie oprogramowanie w wybranym języku
FTC1A_W01	zna i rozumie podstawowe zagadnienia z zakresu fizyki oraz podstawowe mechanizmy fizyczne procesów zachodzących w przyrodzie
FTC1A_W02	zna i rozumie podstawowe zagadnienia z zakresu matematyki, chemii, informatyki, elektroniki potrzebne do zrozumienia podstawowych procesów technologicznych
FTC1A_W03	ma podstawową wiedzę o trendach rozwojowych i współczesnych zastosowaniach fizyki w technice oraz o cyklu życia urządzeń, obiektów i systemach technicznych
FTC1A_W04	zna i rozumie metodologię rozwiązywania prostych problemów inżynierskich oraz metody fizyczne i matematyczne analizy otrzymywanych wyników