

Wydział Elektryczny, PWr

### KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: Fizyka C5

Nazwa w języku angielskim: Physics C5

Kierunek studiów: Elektrotechnika

Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: Obowiązkowy/ogólnouczelniany

Kod przedmiotu: FZP001073

Grupa kursów: Nie

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	120		30		
Forma zaliczenia	Egzamin		Zaliczenie na ocenę		
Liczba punktów ECTS	4		1		
Liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0		1		
Liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	4		1		

### WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Kompetencje w zakresie podstaw analizy matematycznej, algebry i fizyki w zakresie przedmiotu „Fizyka A5”

### CELE PRZEDMIOTU

C1. Nabycie podstawowej wiedzy, uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne, z następujących działów elektrodynamiki klasycznej:

- C1.1. Elektrostatyki
- C1.2. Prądu elektrycznego
- C1.3. Magnetostatyki
- C1.4. Indukcji elektromagnetycznej
- C1.5. Fal elektromagnetycznych
- C1.6. Optyki falowej

C2. Nabycie podstawowej wiedzy, uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne, z następujących działów fizyki współczesnej:

- C2.1. Szczególnej teorii względności
- C2.2. Fizyki kwantowej
- C2.3. Podstaw fizyki ciała stałego
- C2.4. Fizyki jądra atomowego
- C2.5. Cząstek elementarnych i astrofizyki

C3. Poznanie podstawowych technik i metod pomiarowych wybranych wielkości fizycznych

C4. Zdobyć umiejętności:

C4.1. Planowania i wykonywania doświadczeń w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) polegających na doświadczalnej weryfikacji wybranych praw/zasad fizyki i mierzeniu wielkości fizycznych

C4.2. Opracowania wyników pomiarów

C4.3. Szacowania niepewności pomiarowych

C4.4. Opracowania pisemnego raportu z przeprowadzonych pomiarów z wykorzystaniem oprogramowania użytkowego.

C5. Utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących inteligencję emocjonalną polegającą na umiejętności współpracy w grupie studenckiej mającej na celu efektywne rozwiązywanie problemów. Odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu; przestrzeganie obyczajów obowiązujących w środowisku akademickim i społeczeństwie.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA, osoba która zaliczyła kurs:

**z zakresu wiedzy:**

PEK\_W01– zna i rozumie znaczenie odkryć i osiągnięć elektrodynamiki klasycznej oraz fizyki współczesnej dla nauk technicznych i postępu cywilizacyjnego,

PEK\_W02 – zna metody analizy pól wektorowych,

PEK\_W03 – posiada wiedzę z zakresu elektrostatyki i jej zastosowań; zna i rozumie:  $\alpha$ ) podstawowe wielkości fizyczne wektorowe i skalarne związane z polem elektrostatycznym (natężenie i potencjał pola, zasada superpozycji, kwantowanie ładunku, zasada zachowania ładunku elektrycznego) ładunku punkowego, dyskretnego układu ładunków,  $\beta$ ) prawo [Gausa](#); ma szczegółową wiedzę dotyczącą: a) strumienia wektora natężenia pola i zachowawczego charakteru pola, b) elektrostatycznej energii potencjalnej ładunku i układu ładunków, c) pola dipola elektrycznego, energii potencjalnej dipola i momentu siły działającej na dipol umieszczony w zewnętrznym polu, d) przewodnika znajdującego się w polu (zjawisko ekranowania pola), e) polaryzacji dielektryków, f) pojemności elektrycznej i zastosowań kondensatorów, g) gęstości energii pola, i) wyznaczanie natężenia pola wybranych rozkładów ciągłych ładunków elektrycznych z wykorzystaniem całkowego prawa Gausa.

PEK\_W04 – posiada wiedzę z zakresu fizyki prądu stałego i jego zastosowań, a w szczególności zna i rozumie a) pojęcia natężenia i wektora gęstości prądu elektrycznego, oporu/przewodnictwa elektrycznego/właściwego, SEM, pracy, mocy prądu elektrycznego i ciepła Joule’a, b) fizyczne mechanizmy przewodnictwa elektrycznego, c) [prawo Ohma](#) (w postaci różniczkowej i całkowitej) oraz prawa [Kirchhoffa](#), e) [zasady analizy ilościowej prostych obwodów elektrycznych](#).

PEK\_W05 – posiada wiedzę z zakresu magnetostatyki oraz jej zastosowań, zna i rozumie: a) pojęcie pola magnetycznego, wektora indukcji magnetycznej i natężenia pola, b) pojęcie siły Lorentza i jej wpływu na ruch ładunków elektrycznych w polu magnetycznym, c) prawo Gausa dla pola magnetycznego, d) zasady fizyczne działania: cyklotronu, solenoidu, [spektrometru mas](#) oraz metody wyznaczania  $e/m$ , e) klasyczny efekt Halla, f) pojęcie momentu magnetycznego obwodu z prądem, g) działanie pola magnetycznego na przewodnik i ramkę z prądem. Ma szczegółową wiedzę dotyczącą: h) energii potencjalnej i

momentu siły działającej na moment magnetyczny umieszczony w zewnętrznym polu, i) źródła pola magnetycznego, j) prawa [Biota-Savarta](#) i [Ampere'a](#), k) oddziaływania dwóch równoległych przewodników z prądem, l) definicji jednostki natężenia prądu elektrycznego, m) wyznaczania pól magnetycznych wybranych źródeł (prostoliniowy i kołowy przewodnik z prądem, cewka, toroid), n) powstanie i właściwości ziemskiego pola magnetycznego.

PEK\_W06 – posiada wiedzę nt. zjawiska indukcji [elektromagnetycznej](#) oraz jego zastosowań; zna i rozumie: a) pojęcie strumienia pola magnetycznego, b) [prawo Faradaya](#) i [regulę Lenza](#), c) indukcyjność, samoindukcyjność, d) pojęcia energii i gęstości energii pola magnetycznego.

PEK\_W07 – zna i rozumie pojęcie prądu przesunięcia oraz sens fizyczny układu równań Maxwella (w postaci całkowitej i różniczkowej) i równań materiałowych.

PEK\_W08 – posiada podstawową wiedzę dotyczącą fal elektromagnetycznych oraz ich zastosowań, a w szczególności zna widmo fal, zna i rozumie: a) pojęcia: [fali płaskiej sinusoidalnej](#), współczynnika załamania i jego związku ze względnymi współczynnikami przenikalności elektrycznej i magnetycznej ośrodka, b) prawa optyki geometrycznej, c) zjawisko dyspersji fal elektromagnetycznych, d) zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia wraz z jego znaczeniem aplikacyjnym, e) zjawisko polaryzacji światła, metody polaryzacji światła, e) transport energii i pędu przez falę elektromagnetyczną, f) pojęcie wektora Poyntinga, g) zjawisko wywierania ciśnienia przez falę elektromagnetyczną padającą na powierzchnię, h) zasady tworzenia obrazów za pomocą zwierciadeł i cienkich soczewek. Posiada podstawową wiedzę dotyczącą: i) fizyki metamateriałów elektromagnetycznych wykazujących ujemny współczynnik załamania, ii) zastosowań metamateriałów.

PEK\_W09 – posiada podstawową wiedzę z zakresu optyki falowej i jej zastosowań, w szczególności ma wiedzę dotyczącą: a) interferencji i dyfrakcji światła, b) doświadczenia Younga, c) interferencji światła w cienkich warstwach, d) dyfrakcji na otworach kołowych, e) zdolności rozdzielczej układów optycznych (kryterium Rayleigha), f) aberracji układów optycznych i narządu wzroku oraz metod ich korygowania.

PEK\_W10 – posiada podstawową wiedzę z zakresu szczególnej teorii względności i jej zastosowań; w szczególności zna i rozumie: a) postulaty Einsteina, b) transformacje Lorentza oraz wynikające z niej konsekwencje (dylatacja czasu, skrócenie długości, niejednoczesność zdarzeń, nienaruszalność związku przyczynowo-skutkowego poprzez zmianę inercjalnego układu odniesienia), c) wzory transformacyjne prędkości; ma wiedzę w zakresie elementów dynamiki relatywistycznej, w szczególności zna pojęcia: relatywistycznego pędu cząstki/ciała, relatywistycznej energii kinetycznej, relatywistycznej energii całkowitej cząstki/ciała; zna relatywistyczne równanie ruchu oraz relatywistyczny związek pędu i energii; ma wiedzę dotyczącą zjawiska Dopplera, równoważności masy i energii oraz konieczności stosowania wyników szczególnej teorii względności w systemach globalnego pozycjonowania.

PEK\_W11 – posiada wiedzę związaną z podstawami fizyki kwantowej i jej wybranymi zastosowaniami. Ma szczegółową wiedzę dotyczącą: a) praw promieniowania cieplnego oraz jego zastosowań, b) modelu Bohra atomu wodoru (kwantowanie: energii, momentu pędu) i kwantowych poziomów energetycznych (doświadczenie Francka–Hertza)

elektronów w atomach, c) zjawiska fotoelektrycznego i Comptona, d) oddziaływania światła z materią i fizycznych zasad działania laserów, e) dualizmu korpuskularno-falowego światła i cząsteczek elementarnych (hipoteza de Broglie'a, fale materii), f) zasad nieoznaczoności Heisenberga, g) funkcji falowej i jej interpretacji, h) równania Schrödingera (czasowego i bezczasowego), i) równania Schrödingera dla cząstki w nieskończonej studni potencjalnej, j) zjawiska kwantowego tunelowania i jego zastosowań, k) spinu i spinowego momentu magnetycznego elektronów, doświadczalnego potwierdzenia istnienia i przestrzennego kwantowania spinu w eksperymentach typu Sterna-Gerlacha, m) zakazu Pauliego, liczb kwantowych funkcji falowych elektronów w atomach, konfiguracji elektronowych pierwiastków układu okresowego.

PEK\_W12 – posiada wiedzę z podstaw fizyki ciała stałego i jej wybranych zastosowań, w szczególności ma wiedzę dotyczącą: a) wiązań chemicznych oraz ich wpływu na właściwości ciał stałych, b) struktury przestrzennej kryształów, metod jej badania za pomocą dyfrakcji promieni X, c) modelu pasmowego ciał stałych, d) półprzewodników samoistnych i domieszkowanych, e) zależności ciepła właściwego dielektryków i metali od temperatury, f) przewodnictwa elektrycznego metali i półprzewodników, g) prawa Wiedemanna-Franza.

PEK\_W13 – ma wiedzę z podstaw fizyki jądra atomowego oraz jej zastosowań, a w szczególności zna wielkości charakteryzujące jądro, jego izotopy i siły jądrowe, ma wiedzę dotyczącą: a) energii wiązania nukleonów i jej znaczenia dla energetyki jądrowej (rozszerzanie ciężkich jąder/izotopów), syntezy lekkich jąder, stabilności ciężkich jąder, b) promieniotwórczości naturalnej/sztucznej, c) rodzajów rozpadów promieniotwórczych, d) prawa rozpadu promieniotwórczego, e) metod datowania radioizotopowego, f) reakcji jądrowych, g) energetyki jądrowej, h) biologicznych skutków napromieniowania, i) fizycznych podstaw medycznej metody obrazowania za pomocą jądrowego rezonansu magnetycznego.

PEK\_W14 – posiada wiedzę z podstaw fizyki cząstek elementarnych i astrofizyki; w szczególności zna: a) rodzaje oddziaływań fundamentalnych, b) standardowy model cząstek elementarnych (leptony, kwarki, cząstki pośredniczące, hadrony, bozon Higgsa); c) budowy i rodzajów materii we Wszechświecie oraz standardowego modelu rozszerzającego się Wszechświata (Wielki Wybuch, prawo Hubble'a, promieniowanie reliktywne, ciemna materia i energia, przyszłość Wszechświata).

PEK\_W15 – zna zasady BHP obowiązujące w Laboratorium Podstaw Fizyki.

PEK\_W16 – zna metody wykonywania prostych i złożonych pomiarów wielkości fizycznych.

PEK\_W17 – zna metody opracowania wyników pomiarów oraz szacowania niepewności prostych i złożonych pomiarów.

#### **z zakresu umiejętności:**

PEK\_U01 – potrafi: a) wskazać oraz uzasadnić odkrycia i osiągnięcia elektrodynamiki klasycznej oraz fizyki współczesnej, które przyczyniły się do postępu cywilizacyjnego, b) wyjaśnić podstawy fizyczne działania urządzeń powszechnego użytku.

PEK\_U02 – potrafi poprawnie i efektywnie posługiwać się metodami analizy pól

- wektorowych do rozwiązywania prostych zagadnień z zakresu elektromagnetyzmu
- PEK\_U03 – potrafi zastosować wiedzę z zakresu elektrostatyki do jakościowej i ilościowej charakterystyki pola elektrostatycznego, którego źródłem są ładunki i układy ładunków punktowych, w szczególności ma umiejętności pozwalające na wyznaczanie, w oparciu o prawo Gaussa, natężeń pól elektrostatycznych wybranych rozkładów ładunków. Potrafi wyznaczać: a) elektrostatyczną energię potencjalną ładunku i układu ładunków, b) wartość energii potencjalnej dipola i momentu siły działającej na dipol umieszczony w zewnętrznym polu, c) pojemności elektrycznej kondensatorów i ich baterii; potrafi także wyprowadzić prawo Coulomba z prawa Gaussa oraz wyjaśnić mechanizmy fizyczne polaryzacji dielektryków. Ponadto student potrafi zastosować wiedzę z zakresu elektrostatyki do pomiarów w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) i do opracowania raportu z pomiarów.
- PEK\_U04 – potrafi zastosować wiedzę z zakresu fizyki prądu stałego do: a) ilościowej charakterystyki przepływu prądu (natężenie prądu, wektor gęstości prądu elektrycznego) w prostych obwodach elektrycznych, b) wyznaczania pracy, mocy prądu elektrycznego i ciepła Joule’a, c) wyznaczania oporu baterii oporników. Ponadto potrafi wyjaśnić fizyczne mechanizmy przewodnictwa elektrycznego i uzasadnić użytkowy charakter prądu elektrycznego, który polega na transporcie energii elektrycznej. Student potrafi zastosować wiedzę z zakresu fizyki prądu stałego do pomiarów w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) i do opracowania raportu z pomiarów.
- PEK\_U05 – potrafi wskazać źródła pola magnetycznego oraz zastosować wiedzę z zakresu magnetostatyki do: a) jakościowej i ilościowej charakterystyki pola magnetycznego (wyznaczanie wektorów indukcji magnetycznej i natężenia) pochodzącego od różnych źródeł (prostoliniowy i kołowy przewodnik z prądem, cewka, toroid), b) ruchu ładunków elektrycznych w polu magnetycznym i wyznaczania siły działającej na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym, c) wyznaczania energii potencjalnej i momentu siły działającej na moment magnetyczny umieszczony w zewnętrznym polu magnetycznym, d) zdefiniowania jednostki natężenia prądu elektrycznego. Ponadto potrafi wyjaśnić: e) zasadę fizyczną działania: cyklotronu, solenoidu, [spektrometru mas](#), f) znaczenie pola magnetycznego Ziemi dla środowiska naturalnego i form życia na naszej planecie. Student potrafi zastosować wiedzę z zakresu magnetostatyki do wykonywania pomiarów w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) i do opracowania raportu z pomiarów.
- PEK\_U06 – ma umiejętności pozwalające na zastosowanie wiedzy z zakresu indukcji elektromagnetycznej do: a) jakościowej i ilościowej charakterystyki działania generatorów prądu stałego i zmiennego, w tym do wyznaczania wartości generowanej SEM, b) wyjaśnienia zjawiska samoindukcji, c) wyznaczanie gęstości energii pola magnetycznego w cewce. Potrafi ponadto: d) uzasadnić, że indukowane zmiennym polem magnetycznym pole elektryczne nie jest polem zachowawczym (potencjalnym), e) wyjaśnić znaczenie [reguły Lenza](#) oraz scharakteryzować fenomen indukcji elektromagnetycznej w kontekście zasady zachowania energii (zamiana różnych form energii na energię elektryczną). Ponadto student potrafi zastosować wiedzę z zakresu elektrostatyki do pomiarów w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) i do opracowania raportu z pomiarów.
- PEK\_U07 – potrafi zwięźle i poprawnie wyjaśnić sens fizyczny układu równań Maxwella (w postaci całkowitej) oraz równań materiałowych. Ponadto potrafi poprawnie zdefiniować

użyte w równaniach wielkości fizyczne oraz określić ich jednostki miary.

PEK\_U08 – potrafi zastosować wiedzę z zakresu fizyki fal elektromagnetycznych i optyki do wyjaśniania zjawisk optycznych (prawa optyki geometrycznej, całkowitego wewnętrznego odbicia, polaryzacji, dyspersji, zależności współczynnika załamania od względnych współczynników przenikalności elektrycznej i magnetycznej ośrodka) oraz do ilościowej charakterystyki: a) pola fali elektromagnetycznej i transportu energii przez fale elektromagnetyczne przy użyciu wektora Poyntinga, b) obrazów otrzymywanych za pomocą prostych układów optycznych. Ponadto student potrafi zastosować wiedzę z zakresu fizyki fal elektromagnetycznych do pomiarów w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) i do opracowania raportu z pomiarów.

PEK\_U09 – potrafi zastosować wiedzę z optyki falowej do wyjaśniania zjawisk optycznych (interferencji i dyfrakcji światła, doświadczenia Younga, interferencji światła w cienkich warstwach, dyfrakcji na otworach kołowych); w szczególności potrafi: a) wskazać praktyczne zastosowania interferencji, b) wyjaśnić znaczenie pojęcia zdolności rozdzielczej przyrządów optycznych, c) wyjaśnić związek dyfrakcji i interferencji (kryterium Rayleigha) ze zdolnością rozdzielczą przyrządów optycznych. Ponadto student potrafi zastosować wiedzę z zakresu optyki do pomiarów w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) i do opracowania raportu z pomiarów.

PEK\_U10 – potrafi zastosować wiedzę dotyczącą szczególnej teorii względności do interpretacji dylatacji czasu, skrócenia długości, niejednoczesności zdarzeń oraz do wyznaczania – przy wykorzystaniu transformacji Lorentza – związków między wielkościami kinematycznymi w dwóch poruszających się względem siebie inercjalnych układach odniesienia; w szczególności potrafi: a) wyznaczać częstotliwości fal elektromagnetycznych emitowanych przez ruchomą/spoczywającą antenę i rejestrowanych przez ruchomy/spoczywający odbiornik (np. efekt Dopplera), b) objaśnić sens fizyczny wzoru  $E = mc^2$ , c) analizować ilościowo kinematykę i dynamikę ruchu prostoliniowego cząstek/obiektów poruszających się z prędkościami bliskimi prędkości światła, d) uzasadnić czterowymiarowy charakter czasoprzestrzeni, e) uzasadnić konieczność stosowania wyników szczególnej teorii względności w satelitarnych systemach globalnego pozycjonowania oraz do interpretacji zjawisk i efektów obserwowanych w przypadku cząstek/obiektów poruszających się z prędkościami bliskimi prędkości światła.

PEK\_U11 – potrafi zastosować wiedzę z podstaw fizyki kwantowej do analizy prostych zagadnień fizycznych oraz do ilościowej interpretacji wybranych zjawisk i efektów fizycznych zachodzących na odległościach rzędu nanometrów i mniejszych. W szczególności potrafi: a) pokazać kwantowanie energii w modelu Bohra atomu wodoru, b) objaśnić znaczenie zjawiska fotoelektrycznego oraz doświadczeń Comptona, Francka–Hertza i Sterna-Gerlacha dla fizyki kwantowej, c) uzasadnić, w oparciu o fakty doświadczalne, korpuskularną naturę światła, d) wyjaśnić sens fizyczny dualizmu korpuskularno-falowego światła i cząstek elementarnych, e) objaśnić sens fizyczny funkcji falowej, f) rozwiązać jednowymiarowe bezczasowe równanie Schrödingera dla cząstki w nieskończonej studni potencjalnej, g) wskazać zastosowania zjawiska tunelowania. Ponadto student potrafi zastosować wiedzę z zakresu fizyki kwantowej do pomiarów w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) i do opracowania raportu z pomiarów.

PEK\_U12 – potrafi zastosować wiedzę z podstaw fizyki ciała stałego do jakościowej i ilościowej interpretacji wybranych zjawisk i efektów. W szczególności potrafi: a) uzasadnić, w oparciu o rezultaty stosownych metod doświadczalnych, periodyczną atomową strukturę przestrzenną kryształów, b) wytłumaczyć pojęcie anizotropii właściwości fizycznych kryształów, c) uzasadnić obserwowane doświadczalnie zależności od temperatury przewodnictwa elektrycznego ciał stałych (dielektryków, metali, półprzewodników, nadprzewodników), d) uzasadnić obserwowane doświadczalnie zależności od temperatury ciepła właściwego metali i dielektryków, e) wyjaśnić fizyczne znaczenie prawa Wiedemanna-Franza, e) zastosować wiedzę z zakresu fizyki ciała stałego do pomiarów w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) i do opracowania raportu z pomiarów.

PEK\_U13 – potrafi: a) wyjaśnić, w oparciu o pojęcie energii wiązania nukleonów, zasady fizyczne wytwarzania energii w reaktorach jądrowych oraz tokamakach – urządzeniach do przeprowadzania kontrolowanej reakcji termojądrowej, b) wskazać i scharakteryzować pozytywne i negatywne aspekty energetyki jądrowej, c) scharakteryzować rodzaje rozpadów promieniotwórczych, d) opisać zastosowania promieniotwórczości i biologiczne skutki napromieniowania, e) scharakteryzować reakcje fuzji lekkich jąder zachodzące we wnętrzu Słońca, d) szacować wiek materiałów w oparciu o prawo rozpadu promieniotwórczego, f) objaśnić fizyczne aspekty obrazowania tkanek i narządów za pomocą rezonansu magnetycznego.

PEK\_U14 – potrafi poprawnie scharakteryzować: a) rodzaje oddziaływań fundamentalnych, b) standardowy model cząstek elementarnych, c) budowę i rodzaje materii we Wszechświecie, d) standardowy model rozszerzającego się Wszechświata.

PEK\_U15 – potrafi posługiwać się prostymi przyrządami pomiarowymi do pomiarów wielkości fizycznych w Laboratorium Podstaw Fizyki.

PEK\_U16 – potrafi wykonać proste i złożone pomiary wielkości fizycznych z wykorzystaniem instrukcji stanowiska pomiarowego.

PEK\_U17 – potrafi oszacować niepewności pomiarowe zmierzonych w LPF wielkości fizycznych oraz opracować wyniki pomiarów w postaci pisemnego raportu z wykorzystaniem oprogramowania użytkowego oraz wiedzy określonej przez PEW\_01-PEK\_W14 i umiejętności PEK\_01-PEK\_U14.

#### **z zakresu kompetencji społecznych**

PEK\_K01 – wyszukiwania informacji oraz jej krytycznej analizy,

PEK\_K02 – zespołowej współpracy dotyczącej doskonalenia metod wyboru strategii mającej na celu optymalne rozwiązywanie powierzonych grupie problemów,

PEK\_K03 – rozumienia konieczności samokształcenia, w tym poprawiania umiejętności koncentracji uwagi i skupienia się na rzeczach istotnych oraz rozwijania zdolności do samodzielnego stosowania posiadanej wiedzy i umiejętności,

PEK\_K04 – rozwijania zdolności samooceny i samokontroli oraz odpowiedzialności za rezultaty podejmowanych działań,

PEK\_K05 – przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim,

PEK\_K06 – myślenia niezależnego i twórczego,

PEK\_K07 – obiektywnego oceniania argumentów, racjonalnego tłumaczenia i uzasadniania własnego punktu widzenia z wykorzystaniem wiedzy z zakresu fizyki.

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
W.1,2	Sprawy organizacyjne. Podstawy matematyczne analizy pól wektorowych. Elektrostatyka	4
W. 3	Prąd elektryczny	2
W. 4,5	Magnetostatyka	4
W. 6	Indukcja elektromagnetyczna. Równania Maxwella	2
W. 7	Fale elektromagnetyczne	2
W. 8	Podstawy optyki falowej	2
W. 9	Elementy szczególnej teorii względności	2
W. 10-12	Fizyka kwantowa	6
W. 13	Podstawy fizyki ciała stałego	2
W. 14	Elementy fizyki jądrowej	2
W. 15	Wybrane zagadnienia fizyki cząstek elementarnych i astrofizyki	2
	<b>Suma godzin</b>	<b>30</b>

Forma zajęć – laboratorium 15h		Liczba godzin
Lab. 1	Wprowadzenie do LPF – sprawy organizacji zajęć. Zapoznanie studentów: a) z zasadami bezpiecznego wykonywania pomiarów (krótkie szkolenie z zakresu BHP) i regulaminem LPF, b) z zasadami pisemnego opracowania sprawozdania/raportu, c) z podstawami analizy niepewności pomiarowych, d) konieczności posiadania na każdych zajęciach portfolio, w którym student gromadzi dokumenty potwierdzające jego osobistą aktywność, osiągnięcia, kartkówki z ocenami, opracowane raporty/sprawozdania lub eseje, notatki z zajęć laboratoryjnych, wykładów lub konsultacji, teksty listów wysłanych (odebranych) via e-mail do (odebranych) wykładowcy lub nauczycieli akademickich itp. Studenci nabywają praktycznych umiejętności wykonywania prostych pomiarów wielkości fizycznych.	2h
Lab. 2	Studenci wykonują pomiary na układzie elektrycznym za pomocą mierników analogowych i cyfrowych, opracowują statystycznie otrzymane wyniki pomiarów prostych i złożonych, szacują wartości niepewności otrzymanych doświadczalnie wyników pomiarów, przedstawiają na wykresach rezultaty własnych pomiarów i opracowują, po raz pierwszy, indywidualnie pisemne sprawozdanie/raport.	2h
Lab. 3	Dwuosobowe zespoły studenckie, zwanej dalej grupami studenckimi, wykonują pomiary wybranych wielkości mechanicznych i opracowują pisemne sprawozdanie zawierające: a) krótki opis stanowiska pomiarowego i głównych celów pomiarów, b) rezultaty pomiarów, dokładności użytych mierników, wyniki obliczanych/wyznaczanych, na podstawie rezultatów pomiarów, wartości wielkości fizycznych itp. (wyniki pomiarów, dane i wartości wyznaczonych wielkości fizycznych są zamieszczane w tabelach), c) wyznaczone oszacowania niepewności pomiarowych zmierzonych wielkości fizycznych, d) graficzne reprezentacje (jeśli są wymagane) wyników pomiarów z naniesionymi na wykresach wartościami niepewności pomiarowych, e) wnioski i konkluzje końcowe.	2h



Lab.4	Grupy studenckie wykonują pomiary wybranych wielkości termodynamicznych i opracowują sprawozdania	2
Lab.5	Grupy studenckie wykonują pomiary wybranych wielkości elektromagnetycznych i opracowują sprawozdania	2
Lab.6	Grupy studenckie wykonują pomiary wybranych wielkości optycznych lub kwantowych i opracowują sprawozdania	2
Lab.7	Zajęcia uzupełniające	2
Lab.8	Zaliczenie zajęć	1
<b>Suma godzin</b>		<b>15</b>

Prowadzący zajęcia laboratoryjne wybiera, z listy dostępnej na stronie <http://www.if.pwr.wroc.pl/LPF>, ćwiczenia laboratoryjne, które zleca do wykonania grupom studenckim na następnych zajęciach.

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE<sup>1</sup></b>
N1. Wykład tradycyjny wspomagany transparencjami, slajdami oraz demonstracjami/pokazami praw i zjawisk fizycznych.
N2. Praca własna studenta – studia indywidualne i przygotowanie do zajęć w laboratorium podstaw fizyki (LPF)
N3. Ćwiczenia laboratoryjne (ĆL) – dwuosobowe grupy studenckie wykonują pomiary prostych i złożonych wielkości fizycznych.
N4. ĆL – krótkie egzaminy ustne
N5. ĆL – krótkie sprawdziany pisemne
N6. Konsultacje i e-mailing.
N7. Portfolio – praca własna studenta – student zbiera w portfolio dokumenty potwierdzające jego osobistą aktywność: własne eseje/opracowania, krótkie sprawdziany pisemne oraz raporty wraz z otrzymanymi ocenami, notatki z wykładów, zajęć laboratoryjnych, konsultacji, teksty wysłanych do lub otrzymanych od nauczycieli akademickich e-listów oraz inne dokumenty.
N8. Praca własna studenta – samodzielne studia i przygotowanie się do egzaminu końcowego.

#### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA**

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	<b>Numer efektu kształcenia</b>	<b>Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia</b>
F1	PEK_U01-PEK_U17; PEK_K01-PEK_K07	Kartkówki, odpowiedzi ustne na pytania zadane przez nauczyciela akademickiego, jakość wykonywania pomiarów przez studenta, sprawozdania, zawartość i jakość dokumentów zgromadzonych w portfolio
P=F2	PEK_W01-PEK_W17; PEK_K01-PEK_K07	Egzamin pisemno-ustny

<sup>1</sup> Niepotrzebne usunąć zmieniając numerację

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] [David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, \*Podstawy fizyki\*, tomy 1.÷5., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003](#); [J. Walker, \*Podstawy fizyki. Zbiór zadań\*, PWN, Warszawa 2005 i 2011](#); the translation of D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fundamentals of Physics*, 6<sup>th</sup> edition published in 2001 by John Wiley & Sons Inc.
- [2] [Paul A. Tipler, Ralph A. Llewellyn, \*Fizyka współczesna\*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012](#); the translation of P. A. Tipler, R. A. Llewellyn, *Modern Physics*, 5<sup>th</sup> edition published by W.H. Freeman and Company 2008.
- [3] R. Poprawski, W. Salejda, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Cz. I-IV, Oficyna Wydawnicza PWR; wersja elektroniczna 5. wydania cz. 1. dostępna po kliknięciu nazwy [Zasady opracowania wyników pomiarów](#) z witryny [Dolnośląskiej Biblioteki Cyfrowej](#); wersje elektroniczne pozostałych części podręcznika dostępne na stronie internetowej LPF pod adresem <http://www.if.pwr.wroc.pl/LPF>, gdzie znajdują się: regulamin LPF i regulamin BHP, spis ćwiczeń, opisy ćwiczeń, instrukcje robocze, przykładowe sprawozdania i pomoce dydaktyczne.
- [4] W. Salejda, [Fizyka a postęp cywilizacyjny](#), [Metodologia fizyki](#)

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA W JEZYKU POLSKIM:

- [1] Sawieliew I.W., *Wykłady z fizyki*, tom 1.-2., Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 2003.
- [2] Materiały do wykładów przekazane studentom przez wykładowcę. Teaching materials transferred to students by lecturer/academic teacher.
- [3] Massalski J., Massalska M., *Fizyka dla inżynierów*, cz. 1. i 2., WNT, Warszawa 2008.
- [4] Orear J., *Fizyka*, tom 1. 2., WNT, Warszawa 2008.
- [5] Kleszczewski Z., *Fizyka klasyczna*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
- [6] Sierański K., Jezierski K., Kołodka B., *Wzory i prawa z objaśnieniami*, cz. 1. i 2., Oficyna Wydawnicza SCRIPTA, Wrocław 2005; Sierański K., Szatkowski J., *Wzory i prawa z objaśnieniami*, cz. 3., Oficyna Wydawnicza SCRIPTA, Wrocław 2008.
- [7] Witryna dydaktyczna Instytutu Fizyki PWR; <http://www.if.pwr.wroc.pl/>

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA W JEZYKU ANGIELSKIM:

- [1] Young H. D., Freedman R. A., SEAR'S AND ZEMANSKY'S UNIVERSITY PHYSICS WITH MODERN PHYSICS, various editions (2000-2013).
- [2] Giancoli D. C., *Physics Principles with Applications*, published by Addison-Wesley, various editions (2000-2013); *Physics: Principles with Applications with MasteringPhysics*, 6<sup>th</sup> edition published by Addison-Wesley 2009.
- [3] Serway R. A., *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, various editions (2000-2013).
- [4] Tipler P. A., Mosca G., *Physics for Scientists and Engineers*, W. H. Freeman and Company, various editions (2003, 2007).
- [5] Knight R. D., *Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach with Modern Physics*, 3<sup>th</sup> Edition, Addison-Wesley 2012.

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

Robert Kudrawiec, [Robert.Kudrawiac@pwr.wroc.pl](mailto:Robert.Kudrawiac@pwr.wroc.pl)

Jan Szatkowski, [Jan.Szatkowski@pwr.wroc](mailto:Jan.Szatkowski@pwr.wroc)

Włodzimierz Salejda, [Wlodzimierz.Salejda@pwr.wroc.pl](mailto:Wlodzimierz.Salejda@pwr.wroc.pl)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU**  
**Fizyka C5 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA kierunku ELEKTROTECHNIKA**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności	Cele przedmiotu	Treści programowe	Numer narzędzia dydaktycznego
PEK_W01	K1ETK_W09	C1-C5	W.1-15	1-8
PEK_W02-PEK_W03		C1.1	W.1, 2	1, 2, 6-8
PEK_W04		C1.2	W.3	
PEK_W05		C1.3	W. 4, 5	
PEK_W06, PEK_W07		C1.4	W.6	
PEK_W08		C1.5	W.7	
PEK_W09		C1.6	W.8	
PEK_W10		C2.1	W.9	
PEK_W11		C2.2	W.10-12	
PEK_W12		C2.3	W.13	
PEK_W13		C2.4	W.14	
PEK_W14		C2.5	W.15	
PEK_W15-PEK_W17	K1ETK_U06, K1ETK_U07	C3, C4	Lab.1, 2	2-7
PEK_W1-PEK_W17, PEK_U01-PEK_U17	K1ETK_U06, K1ETK_U07	C3, C4, C5	Lab.1-8	1-8
PEK_K01-PEK_K07	K1ETK_K04- K1ETK_K06	C5	W.1-15 Lab.1-8	1-8

\*\* - z tabeli powyżej

## **Spis ćwiczeń w Laboratorium Podstaw Fizyki Politechniki Wrocławskiej**

### **Mechanika**

1. Wyznaczenie momentu bezwładności ciał metodą wahadła fizycznego grawitacyjnego i sprawdzenie twierdzenia Steinera.
2. Sprawdzenie prawa Hooke'a; wyznaczenie modułu Younga.
3. Wyznaczenie modułu sztywności metodą dynamiczną.
4. Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła rewersyjnego.
5. Wyznaczanie współczynnika lepkości cieczy na podstawie prawa Stokesa.
6. Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego.
7. Badanie wahadła fizycznego.

### **Termodynamika**

8. Skalowanie termopary i wyznaczenie temperatury krzepnięcia stopu.
9. Pomiar ciepła właściwego ciał stałych metodą Nernsta.
10. Pomiar przewodności cieplnej izolatorów.
11. Wyznaczanie współczynnika rozszerzalności cieplnej metodą elektryczną.
12. Pomiar napięcia powierzchniowego.  
A – metodą odrywania,  
B - " kapilary,  
C - " stalagmometru,  
D - " pęcherzykową,  
E - " odrywania metodą Du Nouy'a.
13. Pomiar przewodności cieplnej i elektrycznej metali

### **Elektryczność i magnetyzm**

14. Pomiar zależności oporności metali i półprzewodników od temperatury.
15. Pomiar rezystancji (części A i B)
16. Pomiary oscyloskopowe.
17. Prawo Ohma dla prądu zmiennego.
18. Badanie zjawiska rezonansu elektrycznego.
19. Badanie efektu Halla.
20. Wyznaczanie składowej poziomej natężenia ziemskiego pola magnetycznego.
21. Badanie procesów ładowania i rozładowania kondensatora.
22. Sprawdzenie prawa indukcji Faraday'a.
23. Zależność przewodnictwa elektrycznego elektrolitów od temperatury; sprawdzenie reguły Waldena.
24. Wyznaczanie ładunku właściwego elektronu (metodą Thomsona i metodą podłużną).

### **Optyka**

25. Pomiary fotometryczne.
26. Wyznaczanie długości fali świetlnej za pomocą siatki dyfrakcyjnej.
27. Badanie zewnętrznego zjawiska fotoelektrycznego. (część A i B)
28. Wyznaczanie współczynnika załamania metodą refraktometru i za pomocą mikroskopu.
29. Wyznaczanie promienia krzywizny soczewki i długości fali świetlnej za pomocą pierścieni Newtona.
30. Pomiary naturalnej aktywności optycznej.
31. Pomiary wymuszonej aktywności optycznej.
32. Pomiar odległości ogniskowych soczewek cienkich.
33. Wyznaczanie współczynnika załamania szkła za pomocą spektrometru.
34. Analiza spektralna i pomiary spektrofotometryczne.

### **Fizyka współczesna**

35. Pomiar temperatury pirometrem.
36. Sprawdzenie prawa Stefana-Boltzmann'a.
37. Wyznaczanie stałej Stefana-Boltzmann'a.
38. Wyznaczanie stałej Plancka na podstawie charakterystyk diod elektroluminescencyjnych.
39. Wyznaczanie podstawowych parametrów ferromagnetyków.

40. Wyznaczanie stałej Plancka na podstawie prawa Plancka promieniowania ciała doskonale czarnego.