

**Wydział Elektryczny PWr**  
**KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa w języku polskim: **Fizyka G5**  
 Nazwa w języku angielskim: **Physics G5**  
 Kierunek studiów: **Automatyka i Robotyka**  
 Stopień studiów i forma: **I stopień, stacjonarna**  
 Rodzaj przedmiotu: **Obowiązkowy/ogólnouczeniowy**  
 Kod przedmiotu: **FZP003044**  
 Grupa kursów: NIE

	Wykład	Ćw-a	Laboratorium	Projekt	Sem.
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	<b>30</b>		<b>15</b>		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	<b>120</b>		<b>30</b>		
Forma zaliczenia	<b>Egzamin</b>		<b>Zaliczenie na ocenę</b>		
Liczba punktów ECTS	<b>4</b>		<b>1</b>		
Liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	<b>0</b>		<b>1</b>		
Liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	<b>4</b>		<b>1</b>		

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

a) Ma podstawową wiedzę w zakresie własności podstawowych funkcji matematycznych, rachunku różniczkowego i całki nieoznaczonej funkcji jednej zmiennej.

b) Ma podstawową wiedzę w zakresie mechaniki klasycznej, ruchu falowego i termodynamiki fenomenologicznej.

**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 i równań Maxwella.
- 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. Zdobycie 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

**I. Z zakresu wiedzy. Ma podstawową wiedzę z zakresu elektrodynamiki klasycznej (elektrostatyka, prąd elektryczny, magnetostatyka, indukcja elektromagnetyczna, fale elektromagnetyczne, równania Maxwella, optyka falowa), wybranych elementów fizyki współczesnej (szczególna teoria względności, fizyka kwantowa, fizyka: atomu, jądra atomowego, cząstek elementarnych) i astrofizyki.**

*Zagadnienia z zakresu wiedzy/umiejętności zredagowane kursywą (italiką) są wiedzą/umiejętnościami zdobytymi/nabytymi w szkole ponadgimnazjalnej, obowiązującymi zdających egzamin maturalny z przedmiotu Fizyka z astronomią i jako takie nie muszą być omawiane na wykładach, ale obowiązują podczas egzaminów, ćwiczeń rachunkowych i zajęć laboratoryjnych.*

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

PEK\_W02 – zna podstawowe narzędzia matematyczne stosowane do analizy pól wektorowych; w szczególności pojęcia gradientu, dywergencji i rotacji oraz tw. Ostrogradskiego-Gaussa i Stokesa.

PEK\_W03 – posiada wiedzę z zakresu elektrostatyki i jej zastosowań; zna i rozumie: a) *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*, b) prawo Gaussa. Ma szczegółową wiedzę dotyczącą: a) zachowawczego charakteru pola, b) *elektrostatycznej energii potencjalnej układu ładunków*, c) energii potencjalnej dipola i momentu siły działającej na dipol umieszczony w zewnętrznym polu, d) zjawiska ekranowania pola, e) polaryzacji dielektryków, f) pojemności elektrycznej i zastosowań kondensatorów, g) gęstości energii pola, i) wybranych zastosowań elektrostatyki (działanie kserokopiarek, filtrów elektrostatycznych) oraz wyznaczanie natężenia pola wybranych rozkładów ciągłych ładunków elektrycznych z wykorzystaniem całkowego prawa Gaussa.

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 całkowej) oraz *prawa Kirchhoffa*, e) zasady analizy ilościowej prostych obwodów elektrycznych.

PEK\_W05 – posiada wiedzę z zakresu magnetostatyki oraz jej zastosowań, *zna źródła pola*; ma wiedzę dotyczącą: a) *wektorów indukcji magnetycznej i natężenia pola*, b) *siły Lorentza i jej wpływu na ruch ładunków elektrycznych w polu magnetycznym*, c) prawa Gaussa, d) *praw: Biot-Savarta i Ampere’a*. Ma szczegółową wiedzę dotyczącą: a) *oddziaływania dwóch równoległych przewodników z prądem i definicji jednostki natężenia prądu elektrycznego*, b) *metod wyznaczania pól magnetycznych wybranych źródeł (prostoliniowy i kołowy przewodnik z prądem, cewka, toroid)*, c) klasycznego efektu Halla. Potrafi opisać ilościowo energię potencjalną dipola magnetycznego i momentu siły działającego na dipol umieszczony w polu magnetycznym. Zna zasady działania: cyklotronu, selektora prędkości cząsteczek, spektrometru mas; zna zasady doświadczalne wyznaczania  $e/m$ .

PEK\_W06 – posiada wiedzę nt. zjawiska indukcji elektromagnetycznej oraz jego zastosowań; zna i rozumie: a) pojęcie strumienia pola magnetycznego, b) *prawo Faradaya i regułę Lenza*, c) indukcyjność, samoindukcyjność, d) pojęcia energii i gęstości energii pola magnetycznego; zna przykłady zastosowań prądów wirowych.

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

PEK\_W08 – posiada podstawową wiedzę dotyczącą wybranych właściwości fal elektromagnetycznych oraz ich zastosowań, a w szczególności zna *widmo fal*, zna i rozumie: a) pojęcia: płaskiej fali 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 i prawo Malusa, e) transport energii, pędu przez falę elektromagnetyczną oraz zjawisko wywierania ciśnienia przez falę padającą na powierzchnię, f) pojęcie wektora Poyntinga, g) *zasady tworzenia obrazów za pomocą zwierciadeł i cienkich soczewek*. Posiada podstawową wiedzę dotyczącą fizyki i zastosowań metamateriałów elektromagnetycznych wykazujących ujemny współczynnik załamania.

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), 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 fizyki atomu oraz ich 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, doświadczonego 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) rodzajów wiązań chemicznych oraz ich wpływu na właściwości fizyczne 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, h) fizyki wybranych urządzeń półprzewodnikowych.

PEK\_W13 – ma wiedzę z podstaw fizyki jądra atomowego oraz jej zastosowań; w szczególności zna *wielkości charakteryzujące jądra, jego izotopy i siły jądrowe*, ma wiedzę dotyczącą: a) energii wiązania nukleonów i jej znaczenia dla energetyki jądrowej oraz syntezy lekkich jąder, b) *rodzajów rozpa-*

*dów promieniotwórczych i prawa rozpadu promieniotwórczego, c) metod datowania radioizotopowego, d) fizycznych podstaw 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 (fermiony i bozony, 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 reliktowe, ciemna materia i ciemna 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 zmierzonych wartości w prostych i złożonych pomiarach wielkości fizycznych.

**II. Z zakresu umiejętności. Potrafi:** a) **samodzielnie pisemnie lub w wypowiedzi ustnej poprawnie i zwięźle przedstawić zagadnienia omówione na wykładach będące treścią przedmiotowych efektów kształcenia z zakresu wiedzy (PEK\_W01÷PEK\_W14), b) zastosować przekazaną i opisaną wyżej wiedzę do analizy wybranych zagadnień o charakterze inżynierskim oraz do planowania eksperymentu, wykonywania pomiarów wielkości fizycznych, opracowania otrzymanych wyników pomiarów w postaci sprawozdania lub prezentacji i do szacowania niepewności pomiarowych z wykorzystaniem narzędzi komputerowych (edytorów tekstu, pakietów biurowych, środowisk obliczeniowych).**

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: a) 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 ciągłych rozkładów ładunków, b) wykonywania pomiarów w Laboratorium Podstaw Fizyki (LPF) oraz opracowania wyników pomiarów w formie pisemnego sprawozdania. Potrafi w szczególności wyznaczać: c) *elektrostatyczną energię potencjalną ładunku i układu ładunków*, d) wartość energii potencjalnej dipola i momentu siły działającej na dipol umieszczony w zewnętrznym polu, e) *pojemności elektrycznej kondensatorów oraz ich baterii*; potrafi także wyprowadzić prawo Coulomba z prawa Gaussa oraz wyjaśnić mechanizmy fizyczne polaryzacji dielektryków.

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*, d) wykonywania pomiarów w LPF oraz opracowania rezultatów pomiarów w formie pisemnego sprawozdania. Potrafi wyjaśnić fizyczne mechanizmy przewodnictwa elektrycznego i uzasadnić użytkowy charakter prądu elektrycznego.

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*, e) po-

miarów wykonywanych w LPF oraz opracowania rezultatów pomiarów w formie pisemnego sprawozdania. Ponadto potrafi wyjaśnić: a) zasadę fizyczną działania: cyklotronu, selektora prędkości cząsteczek, spektrometru mas, b) znaczenie pola magnetycznego Ziemi dla środowiska naturalnego i form życia na naszej planecie.

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, d) pomiarów wykonywanych w LPF i do opracowania rezultatów pomiarów w formie pisemnego sprawozdania. Potrafi ponadto: a) uzasadnić, że indukowane zmiennym polem magnetycznym pole elektryczne nie jest polem zachowawczym (potencjalnym), b) wyjaśnić znaczenie *reguły Lenza* oraz scharakteryzować fenomen indukcji elektromagnetycznej jako zjawiska fizycznego polegającego na zamianie różnych form energii na energię elektryczną.

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 (*prawa optyki geometrycznej*) do wyjaśniania zjawisk optycznych (*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*, c) pomiarów wykonywanych w LPF wybranych parametrów układów optycznych oraz opracowania wyników pomiarów w formie pisemnego sprawozdania.

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) oraz do pomiarów wykonywanych w LPF wybranych parametrów układów optycznych oraz opracowania wyników pomiarów w formie pisemnego sprawozdania; 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.

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 ilościowej interpretacji wybranych zjawisk i efektów fizycznych mikroświata, tj. zjawisk i efektów, które zachodzą na odległościach rzędu nanometrów i mniejszych; w szczególności potrafi: a) *pokazać, za pomocą stosownych rachunków, kwantowanie energii w modelu Bohra atomu wodoru*, b) objaśnić znaczenie

doświadczenia Francka–Hertza dla fizyki kwantowej, c) *uzasadnić, w oparciu o fakty doświadczalne, korpuskularną naturę światła*, d) uzasadnić nieadekwatność stosowania fizyki klasycznej do opisu zjawisk mikroświata oraz wyjaśnić probabilistyczny charakter zjawisk kwantowych, e) wyjaśnić sens fizyczny dualizmu *korpuskularno-falowego światła* i cząstek elementarnych, f) objaśnić pojęcia: stanu kwantowego, funkcji falowej (wraz z jej interpretacją) i kwantowania wielkości fizycznych, g) rozwiązać jednowymiarowe bezczasowe równanie Schrödingera dla cząstki w nieskończonej studni potencjalnej i uzasadnić kwantowanie energii, h) wskazać zastosowania zjawiska tunelowania, i) wyjaśnić znaczenie liczb kwantowych funkcji falowej elektronów w atomie przy uwzględnieniu zakazu Pauliego oraz ich związku z konfiguracjami elektronowymi atomów w układzie okresowym pierwiastków, j) scharakteryzować podstawowe zjawiska związane z oddziaływaniem światła z materią w kontekście fizyki działania lasera oraz właściwości światła laserowego, k) zastosować wiedzę z podstaw fizyki kwantowej do pomiarów, wykonywanych w LPF, wybranych wielkości fizycznych oraz do opracowania wyników pomiarów w formie pisemnego sprawozdania/raportu.

PEK\_U12 – potrafi zastosować wiedzę z podstaw fizyki ciała stałego do jakościowej i ilościowej interpretacji wybranych zjawisk i efektów. W szczególności potrafi: a) wyjaśnić wpływ rodzaju wiązania chemicznego na właściwości fizyczne ciał stałych, b) uzasadnić, w oparciu o rezultaty stosownych metod doświadczalnych, periodyczną atomową strukturę przestrzenną kryształów, c) wytłumaczyć pojęcie anizotropii właściwości fizycznych kryształów, d) uzasadnić obserwowane doświadczalnie zależności od temperatury przewodnictwa elektrycznego ciał stałych (dielektryków, metali, półprzewodników, nadprzewodników) w ramach modelu pasmowego, e) uzasadnić obserwowane doświadczalnie zależności od temperatury ciepła właściwego metali i dielektryków, f) wyjaśnić fizyczne znaczenie prawa Wiedemanna-Franza, g) wyjaśnić działanie wybranych elektronicznych urządzeń półprzewodnikowych, h) zastosować wiedzę z podstaw fizyki kwantowej do pomiarów, wykonywanych w LPF, wybranych wielkości układów kwantowych oraz do opracowania wyników pomiarów w formie pisemnego sprawozdania/raportu.

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.

PEK\_U14 – potrafi poprawnie scharakteryzować: a) rodzaje oddziaływań fundamentalnych, b) standardowy model cząstek elementarnych, c) pojęcie spinu i spinowego momentu magnetycznego elektronu, d) zjawisko przestrzennego kwantowania spinu oraz spinowego momentu magnetycznego elektronów, e) znaczenie eksperymentów typu Sterna-Gerlacha dla poznania właściwości atomów i elektronów, f) budowę i rodzaje materii we Wszechświecie, d) standardowy model rozszerzającego się Wszechświata.

PEK\_U15 – potrafi posługiwać się prostymi przyrządami pomiarowymi do pomiarów wielkości fizycznych.

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

PEK\_U17 – potrafi opracować wyniki pomiarów, przeprowadzić analizę niepewności pomiarowych oraz zredagować sprawozdanie/raport z wykonanych pomiarów w LPF z wykorzystaniem narzędzi komputerowych (edytorów tekstu, pakietów biurowych, środowisk obliczeniowych).

### **III. Z zakresu kompetencji społecznych: Utrwalanie kompetencji w zakresie:**

PEK\_K01 – wyszukiwania oraz obiektywnego i krytycznego analizowania informacji bądź argu-

mentów, racjonalnego tłumaczenia i uzasadniania własnego punktu widzenia z wykorzystaniem wiedzy z zakresu fizyki.

PEK\_K02 – rozumienia konieczności samooceny i samokształcenia, w tym doskonalenia umiejętności koncentracji uwagi i skupienia się na kwestiach istotnych, rozwijania zdolności do samodzielnego stosowania posiadanej wiedzy i zdobytych umiejętności oraz zdolności do samooceny, samokontroli i odpowiedzialności za rezultaty podejmowanych działań.

PEK\_K03 – niezależnego i twórczego myślenia.

PEK\_K04 – pracy w zespole i polegających na doskonaleniu metod wyboru strategii mającej na celu optymalne rozwiązywanie powierzonych grupie zadań.

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

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 i przebiegu zajęć, zapoznanie studentów: a) z zasadami bezpiecznego wykonywania pomiarów (krótkie szkolenie z zakresu BHP), b) z zasadami pisemnego opracowania sprawozdań/raportów, c) z podstawami analizy niepewności pomiarowych. Wykonanie prostych pomiarów.	2h
Lab.2	Wykonanie pomiarów za pomocą mierników analogowych i cyfrowych układu elektrycznego. Statystyczne opracowanie otrzymanych wyników pomiarów prostych i złożonych, szacowanie niepewności pomiarów prostych i złożonych, graficzna prezentacja rezultatów pomiarów i niepewności pomiarowych, opracowanie sprawozdania.	2h
Lab.3	Wykonanie pomiarów wybranych wielkości mechanicznych, opracowanie sprawozdania	2h
Lab.4	Wykonanie pomiarów wybranych wielkości termodynamicznych, opracowanie sprawozdania	2h
Lab.5	Wykonanie pomiarów wybranych wielkości elektromagnetycznych, opracowanie sprawozdania	2h
Lab.6	Wykonanie pomiarów wybranych wielkości optycznych lub kwantowych, opracowanie sprawozdania	2h
Lab.7	Zajęcia uzupełniające	2h

Lab.8	Zaliczenie zajęć	1h
	<b>Suma godzin</b>	<b>15</b>

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem transparencji, slajdów, demonstracji i pokazów praw/zjawisk fizycznych. 2. Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych w LPF. 3. Ćwiczenia laboratoryjne – dyskusja sposobów wykonania pomiarów w LPF, opracowania wyników oraz szacowania niepewności pomiarowych, ocena sprawozdań. 4. Ćwiczenia laboratoryjne – kilkuminutowe sprawdziany pisemne poprzedzające pomiary w LPF. 5. Praca własna – samodzielne wykonanie pomiarów w LPF. 6. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu. 7. Konsultacje

#### **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_U03–PEK_U17; PEK_K01–PEK_K05	Odpowiedzi ustne, dyskusje, pisemne sprawdziany, ocena każdego sprawozdania
F2	PEK_W01–PEK_W14, PEK_W17 PEK_U01–PEK_U14, PEK_U17 PEK_K01–PEK_K03, PEK_K05	Egzamin pisemno-ustny
P = F2		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<p align="center"><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA</u></b></p> <p>[1] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, <i>Podstawy fizyki</i>, tomy 1÷5., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003; J. Walker, <i>Podstawy fizyki. Zbiór zadań</i>, PWN, Warszawa 2005.  [2] I.W. Sawieliew, <i>Wykłady z fizyki</i>, tom 1. i 2., Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa, 2003.  [3] R. Poprawski, W. Salejda, <i>Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki</i>, Cz. I-IV, Oficyna Wydawnicza PWr; wersja elektroniczna 5. wydania cz. 1. dostępna po kliknięciu nazwy <a href="#">Zasady opracowania wyników pomiarów</a> z witryny <a href="#">Dolnośląskiej Biblioteki Cyfrowej</a>; wersje elektroniczne pozostałych części podręcznika dostępne na stronie internetowej LPF pod adresem <a href="http://www.if.pwr.wroc.pl/LPF">http://www.if.pwr.wroc.pl/LPF</a>, gdzie znajdują się: regulamin LPF i regulamin BHP, spis ćwiczeń, opisy ćwiczeń, instrukcje robocze, przykładowe sprawozdania i pomoce dydaktycznych.  [4] W. Salejda, <i>Fizyka a postęp cywilizacyjny</i> (45,35 MB) – opracowania dostępne, w zakładce <i>Jednolite kursy fizyki</i>, na stronie <a href="http://www.if.pwr.wroc.pl/index.php?menu=studia&amp;left_menu=jkf">http://www.if.pwr.wroc.pl/index.php?menu=studia&amp;left_menu=jkf</a></p> <p align="center"><b>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA W JĘZYKU POLSKIM</b></p> <p>[1] J. Massalski, M. Massalska, <i>Fizyka dla inżynierów</i>, cz. 1. i 2., WNT, Warszawa 2008.  [2] J. Orear, <i>Fizyka</i>, tom 1. i 2., WNT, Warszawa 2008.  [3] Z. Kleszczewski, <i>Fizyka klasyczna</i>, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.  [4] L. Jacak, <i>Krótki wykład z fizyki ogólnej</i>, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 2001; podręcznik dostępny na stronie Dolnośląskiej Biblioteki Cyfrowej.  [5] K. Sierański, K. Jezierski, B. Kołodka, <i>Wzory i prawa z objaśnieniami</i>, cz. 1. i 2., Oficyna Wydawnicza SCRIPTA, Wrocław 2005; K. Sierański, J. Szatkowski, <i>Wzory i prawa z objaśnieniami</i>,</p>



cz. 3., Oficyna Wydawnicza SCRIPTA, Wrocław 2008.

[6] [Witryna dydaktyczna Instytutu Fizyki PWr](#) w zakładce *Jednolite kursy fizyki* znajdują się zalecane e-materiały dydaktyczne.

#### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA W JĘZYKU ANGIELSKIM

[1] [H.D. Young, R.A. Freedman, SEAR'S AND ZEMANSKY'S UNIVERSITY PHYSICS WITH MODERN PHYSICS, Addison-Wesley Publishing Company](#), wyd. 12. z 2008 r.

[2] [D.C. Giancoli, Physics Principles with Applications, 6<sup>th</sup> Ed., Addison-Wesley, 2005; Physics: Principles with Applications with MasteringPhysics, 6<sup>th</sup> Ed., Addison-Wesley 2009.](#)

[3] [R.A. Serway, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, 8<sup>th</sup> Ed., Brooks/Cole, Belmont 2009](#); zapowiadane jest kolejne wydanie w styczniu 2013 r.

[4] [P.A. Tipler, G. Mosca, Physics for Scientists and Engineers, Extended Version, W. H. Freeman 2007.](#) G. Mosca, *Physics for Scientists and Engineers, Extended Version*, W. H. Freeman 2007.

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

Włodzimierz Salejda, 71 320 20 20; wlodzimierz.salejda@pwr.wroc.pl

#### MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU **Fizyka G5 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU AUTOMATYKA i ROBOTYKA**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności	Cele przedmiotu	Treści programowe	Numer narzędzia dydaktycznego
PEK_W01–PEK_W03, PEK_U01–PEK_U03 <sup>1</sup>	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C1.1	W.1, 2	1, 6, 7
PEK_W04, PEK_U04	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C1.2	W.3	1, 6, 7
PEK_W05, PEK_U05	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C1.3	W.4, 5	1, 6, 7
PEK_W06, PEK_W07, PEK_U06, PEK_U07	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C1.4	W.6	1, 6, 7
PEK_W08, PEK_U08	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C1.5	W.7	1, 6, 7
PEK_W09, PEK_U09	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C1.6	W.8	1, 6, 7
PEK_W10, PEK_U10	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C2.1	W.9	1, 6, 7
PEK_W11, PEK_U11	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C2.2	W.10–12	1, 6, 7
PEK_W12, PEK_U12	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C2.3	W.13	1, 6, 7
PEK_W13, PEK_U13	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C2.4	W.14	1, 6, 7
PEK_W14, PEK_U14	K1AiR_W07, K1AiR_U04	C2.5	W.15	1, 6, 7
PEK_W15–PEK_W17 PEK_U03–PEK_U17 PEK_K01–PEK_K05	K1AiR_W07, K1AiR_U04, K1AiR_U05, K1AiR_K01– K1AiR_K05, K1AiR_K07	C4.1– C4.5, C5	L. 1–8	1–5, 7

Autor: dr hab. inż., prof. PWr Włodzimierz Salejda

Wrocław, 7 października 2012

<sup>1</sup> Przedmiotowe efekty kształcenia zredagowane czcionką Arial studenci zdobywają samodzielnie.



## **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.
37. Wyznaczanie stałej Stefana-Boltzmann.
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.