

Załącznik nr 3 do uchwały nr 31/2021 Senatu Politechniki Rzeszowskiej
Im. Ignacego Łukasiewicza z dnia 27.05.2021 r.

Program studiów

Matematyka

drugiego stopnia

Profil studiów: ogólnoakademicki



1. Podstawowe informacje o kierunku

Nazwa kierunku studiów	Matematyka
Poziom studiów	drugiego stopnia
Profil studiów	ogólnoakademicki
Wskazanie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych lub dziedzin sztuki i dyscyplin artystycznych, do których został przyporządkowany kierunek studiów	matematyka
Liczba semestrów	studia stacjonarne: 4
Liczba punktów ECTS wymagana do ukończenia studiów	120
Łączna liczba godzin zajęć	1500
Wymagania wstępne - rekrutacja	wymagania corocznie określone przez Senat PRZ
Po ukończeniu studiów absolwent uzyskuje tytuł zawodowy	magister
Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia	<p>Absolwent studiów drugiego stopnia na kierunku matematyka o specjalności zastosowania matematyki w ekonomii będzie posiadał pogłębioną wiedzę z zakresu matematyki wyższej oraz będzie potrafił ją wykorzystać do rozwiązywania zaawansowanych problemów. W szczególności:</p> <ul style="list-style-type: none"> • będzie potrafił przeprowadzać rozumowania matematyczne (dowody) o wysokim stopniu trudności, będzie potrafił formułować złożone problemy w sposób matematyczny w postaci symbolicznej, ułatwiającej ich analizę i rozwiązanie, będzie biegły posługiwać się narzędziami informatycznymi służącymi do rozwiązywania problemów matematycznych, w szczególności dotyczących opisu zjawisk ekonomicznych, będzie posiadał umiejętność wykonywania złożonych obliczeń, także przy pomocy pakietów informatycznych, będzie posiadał umiejętność budowania złożonych modeli matematycznych • niezbędnych w zastosowaniach matematyki (w tym w zagadnieniach ekonomicznych) oraz umiejętność korzystania z nich, • będzie potrafił opisywać złożone zjawiska ekonomiczne przy pomocy odpowiednich modeli matematycznych konstruowanych na bazie wiedzy z zakresu wielu działów matematyki, w tym probabilistycznych aspektów matematyki finansowej i ubezpieczeniowej, rachunku papierów wartościowych, oceny efektywności inwestycji, będzie potrafił przedstawiać treści matematyczne w mowie i piśmie, także w języku obcym, będzie potrafił samodzielnie pogłębiać wiedzę matematyczną i studiować literaturę specjalistyczną (w tym literaturę w języku angielskim), będzie gotowy tworzyć i rozwijać wzory właściwego postępowania w życiu i środowisku pracy oraz przewodniczyć grupie. <p>Absolwent kierunku będzie przygotowany do pracy w instytucjach finansowych, bankowych oraz aktuarialnych, w których będzie mógł wykorzystać zdobytą zaawansowaną wiedzę z matematyki i ekonomii, a także do pracy w instytucjach administracji publicznej i samorządowej oraz w firmach, w których umiejętność analitycznego myślenia ma kluczowe znaczenie.</p>

2. Efekty uczenia się

Symbol	Treść	Odniesienia do PRK
K_W01	posiada pogłębioną wiedzę z zakresu podstawowych działów matematyki	P7S_WG
K_W02	dobrze rozumie rolę i znaczenie konstrukcji rozumowań matematycznych	P7S_WG P7S_WK
K_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów matematyki	P7S_WG
K_W04	ma pogłębioną wiedzę w wybranej dziedzinie matematyki teoretycznej lub stosowanej	P7S_WG
K_W05	ma pogłębioną wiedzę w wybranej dziedzinie matematyki: zna większość klasycznych definicji i twierdzeń oraz ich dowody	P7S_WG

K_W06	jest w stanie rozumieć sformułowania zagadnień pozostających na etapie badań	P7S_WG
K_W07	zna powiązania zagadnień wybranej dziedziny z innymi działami matematyki teoretycznej i stosowanej	P7S_WG
K_W08	zna zaawansowane techniki obliczeniowe, wspomagające pracę matematyka i rozumie ich ograniczenia	P7S_WG
K_W09	zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej i aktuarialnej lub w naukach przyrodniczych, w szczególności fizyce, chemii lub biologii	P7S_WG
K_W10	zna metody numeryczne stosowane do znajdowania przybliżonych rozwiązań zagadnień matematycznych (na przykład równań różniczkowych) stawianych przez dziedziny stosowane (np. technologie przemysłowe, zarządzanie itp.)	P7S_WG
K_W11	zna matematyczne podstawy teorii informacji, teorii algorytmów i kryptografii oraz ich praktyczne zastosowania m.in. w programowaniu i szeroko rozumianej informatyce	P7S_WG
K_W12	zna dobrze co najmniej jeden pakiet oprogramowania, służący do obliczeń symbolicznych i jeden pakiet do statystycznej obróbki danych	P7S_WG
K_W13	zna język angielski na poziomie średniozaawansowanym (B2), oraz inny język obcy na poziomie wystarczającym do czytania literatury fachowej	P7S_WK P7S_UK
K_W14	zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu wystarczającym do samodzielnej pracy w zawodzie matematyka	P7S_WK
K_U01	posiada umiejętności konstruowania rozumowań matematycznych: dowodzenia twierdzeń, jak i obalania hipotez przez konstrukcje i dobór kontrprzykładów	P7S_UW
K_U02	posiada umiejętności wyrażania treści matematycznych w mowie i na piśmie, w tekstach matematycznych o różnym charakterze	P7S_UW P7S_UK P7S_UO
K_U03	posiada umiejętność sprawdzania poprawności wnioskowań w budowaniu dowodów formalnych	P7S_UW
K_U04	w zagadnieniach matematycznych dostrzega struktury formalne związane z podstawowymi działami matematyki i rozumie znaczenie ich własności	P7S_UW
K_U05	swobodnie posługuje się narzędziami analizy, w tym rachunkiem różniczkowym i całkowym (w szczególności całką krzywoliniową i powierzchniową), elementami analizy zespolonej i fourierowskiej	P7S_UW
K_U06	orientuje się w metodach rozwiązywania klasycznych równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych, potrafi stosować je w typowych zagadnieniach praktycznych	P7S_UW
K_U07	zna konstrukcje miary i całki Lebesgue'a; potrafi stosować pojęcia teorii miary w typowych zagadnieniach teoretycznych i praktycznych	P7S_UW
K_U08	posiada umiejętności rozpoznawania struktur topologicznych w obiektach matematycznych występujących np. w geometrii lub analizie matematycznej; potrafi wykorzystać podstawowe własności topologiczne zbiorów, funkcji i przekształceń	P7S_UW
K_U09	posługuje się językiem oraz metodami analizy funkcjonalnej w zagadnieniach analizy matematycznej i jej zastosowaniach, w szczególności wykorzystuje własności klasycznych przestrzeni Banacha i Hilberta	P7S_UW
K_U10	potrafi stosować metody algebraiczne (z naciskiem na algebrę liniową) w rozwiązywaniu problemów z różnych działów matematyki i zadań praktycznych	P7S_UW
K_U11	zna podstawowe rozkłady probabilistyczne i ich własności; potrafi je stosować w zagadnieniach praktycznych	P7S_UW
K_U12	orientuje się w podstawach statystyki (zagadnienia estymacji i testowanie hipotez) oraz w podstawach statystycznej obróbki danych	P7S_UW
K_U13	umie, na poziomie zaawansowanym i obejmującym matematykę współczesną, stosować oraz przedstawiać w mowie i na piśmie, metody co najmniej jednej wybranej gałęzi matematyki: analizy matematycznej i analizy funkcjonalnej, teorii równań różniczkowych i układów dynamicznych, algebry i teorii liczb, geometrii i topologii, rachunku prawdopodobieństwa i statystyki, matematyki dyskretnej i teorii grafów, logiki i teorii mnogości	P7S_UW P7S_UK
K_U14	w wybranej dziedzinie potrafi przeprowadzać dowody, w których stosuje w razie potrzeby również narzędzia z innych działów matematyki	P7S_UW
K_U15	potrafi określić swoje zainteresowania i je rozwijać; w szczególności jest w stanie nawiązać kontakt ze specjalistami w swojej dziedzinie, np. rozumieć ich wykłady przeznaczone dla młodych matematyków	P7S_UK P7S_UO P7S_UU
K_U16	potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w konkretnych zaawansowanych zastosowaniach matematyki	P7S_UW P7S_UU
K_U17	rozpoznaje struktury matematyczne (np. algebraiczne, geometryczne) w teoriach fizycznych	P7S_UW
K_U18	potrafi stosować procesy stochastyczne jako narzędzie do modelowania zjawisk i analizy ich ewolucji	P7S_UW
K_U19	rozumie matematyczne podstawy analizy algorytmów i procesów obliczeniowych	P7S_UW
K_U20	potrafi konstruować algorytmy o dobrych właściwościach numerycznych, służące do rozwiązywania typowych i nietypowych problemów matematycznych	P7S_UW

K_U21	umie stosować metody komputerowo wspomaganego dowodzenia twierdzeń oraz logicznego wspomaganie weryfikacji i specyfikacji programów	P7S_UW
K_K01	zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia	P7S_KK
K_K02	potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania	P7S_KK P7S_KO
K_K03	potrafi pracować zespołowo; rozumie konieczność systematycznej pracy nad wszelkimi projektami, które mają długofalowy charakter	P7S_KO P7S_KR
K_K04	rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób; postępuje etycznie	P7S_KO P7S_KR
K_K05	rozumie potrzebę popularnego przedstawiania laikom wybranych osiągnięć matematyki wyższej	P7S_KO
K_K06	potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych	P7S_KK P7S_KR
K_K07	potrafi formułować opinie na temat podstawowych zagadnień matematycznych	P7S_KK P7S_KO P7S_KR

Opis efektów uczenia się zawiera efekty uczenia się, o których mowa w ustawie z dnia 22 grudnia 2015 r. o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji i uwzględnienia uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia określone w tej ustawie oraz charakterystyki drugiego stopnia określone w przepisach wydanych na podstawie art. 7 ust. 3 tej ustawy, w tym efekty w zakresie znajomości języka obcego, natomiast w przypadku kierunku studiów kończącego się uzyskaniem tytułu zawodowego inżyniera – pełen zakres efektów umożliwiających uzyskanie kompetencji inżynierskich.

3. Plany studiów, ich parametry, metody weryfikacji oraz treści kształcenia

3.1. Parametry planu studiów



Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia.	67 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana zajęciom związanym z prowadzoną w uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów.	83 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż odpowiednio nauki humanistyczne lub nauki społeczne.	5 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana przedmiotom do wyboru.	47 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z języka obcego.	5 ECTS
Liczba godzin zajęć z wychowania fizycznego.	15 godz.

Szczegółowe informacje o:

- związkach efektów uczenia się efektami uczenia się zawartymi w poszczególnych zajęciach ;
- kluczowych kierunkowych efektach uczenia się w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, z ukazaniem ich związku z dyscypliną/dyscyplinami, do której/których kierunek jest przyporządkowany;
- rozwiniecie kierunkowych efektów uczenia się na poziomie zajęć lub grup zajęć, w szczególności powiązanych z prowadzoną w uczelni działalnością naukową;
- efektach uczenia się w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, prowadzących do uzyskania kompetencji inżynierskich, w przypadku kierunków studiów kończących się uzyskaniem tytułu zawodowego inżyniera/magistra inżyniera;

znajdują się w kartach zajęć, dostępnych pod adresem URL: <http://krk.prz.edu.pl/plany.pl?lng=PL&W=G&K=K&TK=html&S=498&C=2021>, które stanowią integralną część programu studiów.

3.2. Plan studiów

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.	Typ
1	FM	Analiza funkcjonalna I	30	45	0	0	75	5	N		A
1	FD	Analiza zespolona	30	45	0	0	75	6	T		A
1	FM	Funkcje rzeczywiste I	30	45	0	0	75	5	N		A
1	FM	Matematyka wyższa po angielsku I	0	45	0	0	45	3	N		A
1	FD	Rachunek papierów wartościowych	30	0	30	0	60	5	N		A
1	FA	Topologia II	30	45	0	0	75	6	T		A
1	DL	Wychowanie fizyczne	0	15	0	0	15	0	N		B
Sumy za semestr: 1			150	240	30	0	420	30	2	2	
2	FM	Analiza funkcjonalna II	30	45	0	0	75	5	T		A

2	ZE	Ekonomia	30	30	0	0	60	5	T		A
2	FM	Funkcje rzeczywiste II	30	30	0	0	60	5	T		A
2	FD	Matematyka wyższa po angielsku II	0	45	0	0	45	2	N		B
2	FM	Ocena efektywności inwestycji	30	0	30	0	60	4	N		A
2	FB	Proseminarium	0	30	0	0	30	2	N		B
2	FM	Wybrane zagadnienia analizy matematycznej	30	45	0	0	75	5	T		A
2	FB	Wykład monograficzny I	30	15	0	0	45	2	N		B
Sumy za semestr: 2			180	240	30	0	450	30	4	0	
3	FA	Geometria różniczkowa	30	45	0	0	75	5	T		A
3	FB	Probabilistyczne aspekty matematyki finansowej i ubezpieczeniowej	30	30	0	0	60	5	T		A
3	FB	Równania różniczkowe	30	45	0	0	75	5	T		A
3	FD	Seminarium magisterskie	0	0	0	45	45	3	N		B
3	ZH	Zajęcia humanistyczne I	30	0	0	0	30	2	N		B
3	FB	Zajęcia wybieralne I	30	45	0	0	75	4	N		B
3	FD	Zajęcia wybieralne II	30	45	0	0	75	4	N		B
Sumy za semestr: 3			180	210	0	45	435	28	3	0	
4	ZO	Analiza ekonomicznofinansowa	30	30	0	0	60	4	T		A
4	FX	Praca dyplomowa	0	0	0	0	0	20	N		B
4	FD	Seminarium magisterskie	0	0	0	45	45	3	N		B
4	FM	Wykład monograficzny II	30	15	0	0	45	2	N		B
4	ZH	Zajęcia humanistyczne II	30	15	0	0	45	3	N		B
Sumy za semestr: 4			90	60	0	45	195	32	1	0	
SUMY ZA WSZYSTKIE SEMESTRY:			600	750	60	90	1500	120	10	2	

Legenda typy zajęć:

- A - obowiązkowy dla programu
- B - obowiązkowy dla programu z możliwością wyboru
- C - wybierany dla programu
- D - obowiązkowy dla specjalności
- E - wybierany dla specjalności
- F - fakultatywny

Uwaga, niezliczenie zajęć oznaczonych czerwoną flagą uniemożliwia dokonanie wpisu na kolejny semestr (nawet wówczas gdy sumaryczna liczba punktów ECTS jest mniejsza niż dług dopuszczalny), są to zajęcia kontynuowane w następnym semestrze lub zajęcia, w których nieosiągnięcie wszystkich zakładanych efektów uczenia się nie pozwala na kontynuowanie studiów w innych zajęciach objętych programem studiów następnego semestru.

3.3. Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

Szczegółowe zasady oraz metody weryfikacji i oceny efektów uczenia się pozwalające na sprawdzenie i ocenę wszystkich efektów uczenia się są opisane w kartach zajęć. W ramach programu studiów weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się jest realizowana w szczególności przy pomocy następujących metod: egzamin cz. pisemna, egzamin cz. praktyczna, egzamin cz. ustna, zaliczenie cz. pisemna, zaliczenie cz. praktyczna, zaliczenie cz. ustna, esej, kolokwium, sprawdzian pisemny, obserwacja wykonawstwa, prezentacja dokonań (portfolio), prezentacja projektu, raport pisemny, referat pisemny, referat ustny, sprawozdanie z projektu, test pisemny.

Parametry wybranych metod weryfikacji efektów uczenia się

Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin	10
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie pisemnej	9
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie ustnej	1

Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie pisemnej	21 godz.
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie ustnej	1 godz.
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do egzaminów i zaliczeń	248 godz.
Liczba zajęć, które kończą się zaliczeniem bez egzaminu	17
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie pisemnej	27 godz.
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie ustnej	9 godz.
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do zaliczeń w trakcie semestrów na zajęciach ćwiczeniowych (bez zaliczeń końcowych)	138 godz.
Liczba zajęć, w których weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się realizowana jest na podstawie obserwacji wykonawstwa (laboratoria)	2
Liczba laboratoriów, w których osiągnięte efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie sprawdzianów w trakcie semestru	1
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach laboratoryjnych	30 godz.
Liczba zajęć projektowych, w których osiągnięte efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie prezentacji projektu, raportu pisemnego, referatu pisemnego, referatu ustnego lub sprawozdania z projektu	2
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na wykonanie projektu/dokumentacji /raportu oraz przygotowanie do prezentacji	60 godz.
Liczba zajęć wykładowych, które wymagają odrębnego zaliczenia w formie pisemnej lub ustnej niezależnie od wymagań innych form zajęć tego modułu.	8
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach wykładowych.	76 godz.

Szczegółowe informacje na temat weryfikacji osiągniętych przez studentów efektów uczenia się znajdują się w kartach zajęć pod adresem URL: <http://krk.prz.edu.pl/plany.pl?lng=PL&W=G&K=K&TK=html&S=498&C=2021>

3.4. Treści programowe

Treści programowe (kształcenia) są zgodne z efektami uczenia się oraz uwzględniają w szczególności aktualny stan wiedzy i metodyki badań w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których jest przyporządkowany kierunek, jak również wyniki działalności naukowej uczelni w tej dyscyplinie lub dyscyplinach. Szczegółowy opis realizowanych treści programowych znajduje się w kartach zajęć, dostępnych pod adresem URL: <http://krk.prz.edu.pl/plany.pl?lng=PL&W=G&K=K&TK=html&S=498&C=2021>, które stanowią integralną część programu studiów.

Analiza ekonomiczno-finansowa	K_W04, K_U16, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> Istota, przedmiot i zakres badań oraz metody analizy ekonomicznej w przedsiębiorstwie. Rola analizy finansowej w procesie podejmowania decyzji. Wstępna analiza podstawowych dokumentów sprawozdania finansowego: wstępna pionowa i pozioma analiza bilansu oraz analiza rachunku środków pieniężnych. Zarządzanie płynnością finansową przedsiębiorstwa: istota i metody pomiaru (statyczne i dynamiczne) płynności finansowej. Kapitał obrotowy netto w utrzymaniu płynności finansowej przedsiębiorstwa. Analiza sprawności gospodarowania oraz wyznaczanie cyklu obrotowego w przedsiębiorstwie. Analiza zadłużenia przedsiębiorstwa i zdolności do obsługi zadłużenia. Analiza rachunku zysków i strat oraz rentowności przedsiębiorstwa. Zastosowanie modelu Du Ponta w przyczynowej analizie rentowności kapitału własnego. Dźwignia operacyjna i finansowa w kształtowaniu rentowności przedsiębiorstwa. Analiza prognozy rentowności. Zastosowanie wskaźników finansowych do oceny wartości projektu. Zrównoważony wzrost przedsiębiorstwa. Wycena przedsiębiorstw. Łączenie przedsiębiorstw. Sposoby oceny zagrożenia przedsiębiorstwa upadłością - analiza dyskryminacyjna. 	
Analiza funkcjonalna I	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_U09, K_U10, K_U13, K_U14, K_U15, K_U16, K_U17, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> 1. Przestrzenie liniowe - przypomnienie pojęć. Suma algebraiczna, baza przestrzeni, przestrzeń ilorazowa, zbiór wypukły, pochłaniający, zbalansowany. Punkty ekstremalne. 2. Przestrzenie Banacha. Przestrzenie unormowane. Przykłady ciągłych i funkcyjnych przestrzeni Banacha. Lematy Holdera i Minkowskiego. 3. Własności topologiczne przestrzeni unormowanych. Ośrodkowość. Izomorfizm przestrzeni i równoważność norm. Baza Schaudera. Uzupełnianie przestrzeni unormowanych. Twierdzenie Baire'a. Przestrzenie produktowe i ilorazowe. Kryteria zwartości w niektórych przestrzeniach Banacha. 4. Przestrzenie Hilberta. Przestrzenie unitarne. Nierówność Schwartza. Przestrzenie Hilberta. Twierdzenie o najlepszej aproksymacji. Wyznacznik Gramma. Ortogonalność. Twierdzenie ortonormalizacyjne Schmidta. Twierdzenie o rozkładzie ortogonalnym. Układy ortogonalne. Współczynniki Fouriera i szeregi ortogonalne. 5. Operatory liniowe. Operatory liniowe, operatory liniowe i ograniczone, norma operatora, przestrzeń liniowych operatorów ograniczonych. Niektóre klasy operatorów: izometria, izomorfizm, operatory skończone wymiarowe, sprzężone, pełnociągłe. Twierdzenie Banacha-Steinhaus'a, Banacha o odwzorowaniu otwartym i o odwzorowaniu odwrotnym. Twierdzenie o dwu normach. Twierdzenie o wykresie domkniętym. 	
Analiza funkcjonalna II	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U07, K_U09, K_U10, K_U13, K_U14, K_U15, K_U16, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07

<ul style="list-style-type: none"> • 1. Ciągłe funkcjonały liniowe. Norma funkcyjna, przestrzeń sprzężona. Twierdzenie Hahna-Banacha. Przestrzenie sprzężone klasycznych przestrzeni ciągłych i funkcyjnych. Twierdzenie Riesz. Przestrzeń druga sprzężona. Refleksywność. • 2. Operatory w przestrzeniach Hilberta. Operatory sprzężone, hermitowskie, unitarne. 3. Elementy analizy spektralnej. Wartości własne, wektory własne, spektrum, zbiór rezolwenty, rezolwenta operatora, szereg von Neumana. Operatory całkowite, równania całkowite Fredholma. Twierdzenie spektralne dla operatorów zwartych. • 4. Słaba zbieżność i słabe topologie w przestrzeniach unormowanych. Przestrzenie lokalnie wypukłe. Twierdzenie o oddzieleniu zbiorów wypukłych. Słabe topologie. Twierdzenie Mazura, Alaoglu, Goldstine'a, Eberleina. Twierdzenia o przestrzeniach refleksywnych. 5. Twierdzenia o punkcie stałym. Twierdzenie Banacha, Schaudera. Przykłady zastosowań w teorii równań różniczkowych i całkowych. • Kolokwia z materiału zrealizowanego na wykładach i ćwiczeniach. 	
<p>Analiza zespolona</p>	<p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U08, K_U13, K_U14, K_U15, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Funkcja holomorphyzna i funkcja analityczna - definicja, własności. Metody sprawdzania holomorphyzności i analityczności funkcji zespolonej. • Całkowanie w dziedzinie zespolonej, całka z funkcji zespolonej zmiennej rzeczywistej, całka z funkcji zespolonej zmiennej zespolonej, funkcja pierwotna. Twierdzenie całkowite Cauchy'ego i jego uogólnienia, wzór całkowy Cauchy'ego i jego konsekwencje. • Funkcja meromorphyzna, punkt osobliwy izolowany funkcji, szereg Laurenta, klasyfikacja punktów osobliwych, residuum funkcji w punkcie osobliwym. Twierdzenie Cauchy'ego o residuach. Twierdzenie o pełnej sumie residuów. Klasyfikacja funkcji holomorphyznych ze względu na ich punkty osobliwe. • Indeks punktu względem krzywej, pochodna logarytmiczna funkcji, residuum logarytmiczne. Zasada argumentu, twierdzenie Rouche. Zasada zachowania obszaru. Zasada maksimum modułu, zasada minimum, Lemat Schwarz.
<p>Ekonomia</p>	<p>K_W09, K_U16, K_K01, K_K02, K_K04, K_K06</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Ekonomia jako nauka • Rodzaje systemów gospodarczych • Podstawowe podmioty w gospodarce rynkowej • Popyt i podaż oraz czynniki je określające • Analiza produkcji i kosztów przedsiębiorstwa • Rodzaje struktur rynkowych • Mierzenie produktu narodowego • Ruch okrężny dochodu i produktu w gospodarce • Popytowe determinanty dochodu narodowego • System pieniężno-kredytowy • Bezrobocie jako podstawowy problem gospodarczy • Inflacja w gospodarce rynkowej • Cykliczny rozwój gospodarki • Znaczenie polityki fiskalnej i monetarnej w gospodarce narodowej • Handel międzynarodowy - determinanty i znaczenie • Rynek, jego elementy oraz mechanizmy działania rynku. • Podstawy decyzji ekonomicznych konsumenta i producenta. • Formy organizacji rynku (konkurencja doskonała, monopole, konkurencja monopolistyczna, oligopol, duopol. • Rynki czynników produkcji • Rachunek dochodu narodowego a wzrost gospodarczy i cykl koniunkturalny • Rynek pracy i bezrobocie • Podstawy polityki pieniężnej • Pojęcie, miary, rodzaje, teorie i skutki inflacji; metody hamowania inflacji • Polityka gospodarcza państwa w gospodarce zamkniętej i otwartej
<p>Funkcje rzeczywiste I</p>	<p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_U09, K_U13, K_U14, K_U15, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Zbiory, działania na zbiorach, rodzina zbiorów, ciągi zbiorów. Działania na rodzinie zbiorów. Granica dolna, granica górna i granica ciągu zbiorów. Rodzina addytywna, przeliczanie addytywna, dyferentywna, multiplikatywna, przeliczanie multiplikatywna, komplementarna. • Ciało zbiorów i sigma-ciało zbiorów. Sigma-ciało generowane przez dowolną rodzinę zbiorów. Sigma-ciało zbiorów borelowskich. Miara skończenie addytywna i jej własności. Miara przeliczalnie addytywna. Przestrzeń z miarą. Miara zupełna. Rozszerzenie miary do miary zupełnej. • Definicja i własności miary Jordana. Zbiór Cantora i jego miara Jordana. Zbiory mierzalne i niemierzalne w sensie Jordana. • Miara zewnętrzna. Warunek Caratheodory'ego. Miara zewnętrzna metryczna. Miara Lebesgue'a. Struktura zbiorów mierzalnych w sensie Lebesgue'a. Zadania związane z wyznaczaniem miary Lebesgue'a zbiorów i własnościami zbiorów mierzalnych w sensie Lebesgue'a. Przykłady zbiorów niemierzalnych w sensie Lebesgue'a.
<p>Funkcje rzeczywiste II</p>	<p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_U09, K_U13, K_U14, K_U15, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Miara Lebesgue'a. Struktura zbiorów mierzalnych w sensie Lebesgue'a. Zadania związane z wyznaczaniem miary Lebesgue'a zbiorów i własnościami zbiorów mierzalnych w sensie Lebesgue'a. • Definicja i własności funkcji mierzalnych. Twierdzenie Łuzina i twierdzenie Frecheta. Funkcje Baire'a. Twierdzenie Vitaliego. • Ciągi funkcji mierzalnych. Zbieżność prawie wszędzie, zbieżność według miary, zbieżność prawie jednostajna. Twierdzenie Jęgorowa i twierdzenie Riesz. • Całka z funkcji nieujemnej i jej własności. Całka względem miary funkcji dowolnego znaku. Przykłady i kontrprzykłady związane z całką względem miary. • Całka Lebesgue'a. Przykłady i kontrprzykłady związane z całką Lebesgue'a. Bezwzględna ciągłość całki. Własności całki ze zmienną górną granicą całkowania. Lemat Fatou. Twierdzenie Lebesgue'a o zbieżności monotonicznej i zdominowanej. Twierdzenie Vitaliego. Związek całki Riemanna z całką Lebesgue'a.
<p>Geometria różniczkowa</p>	<p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U08, K_U10, K_U13, K_U14, K_U16, K_U17, K_K02, K_K04, K_K07</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Krzywe przestrzenne regularne, parametryzacja łukowa, krzywizna i skręcenie, równania Freneta i reper Freneta krzywej sparametryzowanej łukowo. Krzywe zawarte w płaszczyźnie i okręgu. Krzywe sferyczne. Pary krzywych Bertranda. Ewolwenta i ewoluta krzywej. • Reper Freneta, krzywizna i skręcenie krzywej dowolnie sparametryzowanej. Twierdzenia fundamentalne o istnieniu i przystawaniu. • Płat powierzchniowy regularny. Przestrzeń styczna oraz pole normalne. Orientacja powierzchni. Krzywe na powierzchni. Pierwsza forma fundamentalna - metryka na powierzchni. • Operator kształtu, krzywizna normalna powierzchni w punkcie.. Lokalnie izometrie. Krzywizna Gaussa i krzywizna średnia. Kierunki i krzywizny główne. Druga forma fundamentalna. Linie krzywiznowe i asymptotyczne. Powierzchnie obrotowe i prostokątne. Geodezyjne. Powierzchnie minimalne. • Rozmaitość wielowymiarowa, atlas, przestrzeń styczna, metryka.
<p>Matematyka wyższa po angielsku I</p>	<p>K_W13, K_U02, K_K01, K_K04, K_K06, K_K07</p>

<ul style="list-style-type: none"> Elementary functions. Equalities and inequalities, arithmetic operations, absolute value. Relations, equivalence relations, ordering relations. Functions, injection, surjection, bijection. Inverse function. Euclidean geometry of the plane: angles (acute, obtuse, right), triangle, rectangle, polygon, circle. Polynomials and algebraic equations. Matrices and determinants. Sequences, limit of a sequence. Consistency condition for a linear system, finding solutions of a system of linear equations. Limit of a function, asymptotes, continuous functions. Differential calculus for functions of a single variable, differentiation rules, theorems about differentiable functions, L'Hospital rule. Higher-order derivatives and differentials, qualitative analysis of functions and construction of graphs. Integration examples, integration of rational functions, integration of irrational functions. Ordinary differential equations, first-order differential equations, second-order linear differential equations. 	
Matematyka wyższa po angielsku II	K_W13, K_U02, K_K01, K_K04, K_K06, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> Tematyka zajęć obejmuje wybrany dział matematyki. Przedmiot do wyboru. 	
Ocena efektywności inwestycji	K_W02, K_W04, K_U02, K_U16, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> Przepływy pieniężne, koszt kapitału, pojęcie inwestycji rzeczowej i inwestycji finansowej, inwestycja finansowa opisana za pomocą deterministycznego ciągu płatności, rachunek efektywności inwestycji, ryzyko. Zapoznanie studentów z środowiskiem R oraz CAS Maxima. Przedstawienie podstawowych narzędzi arkusza kalkulacyjnego. Statyczne metody oceny efektywności inwestycji: prosty okres zwrotu, księgową stopę zwrotu, rachunek prognozy rentowności (ilościowy i wartościowy próg rentowności) wraz z analizą wrażliwości. Dynamiczne metody oceny efektywności inwestycji: wartość bieżąca netto inwestycji, własności wartości bieżącej netto, wartość bieżąca netto inwestycji z uwzględnieniem ryzyka, zakup obligacji kuponowych i ocena tej inwestycji przy pomocy miernika wartości bieżącej netto, wewnętrzna stopa zwrotu i jej własności, warunki wystarczające dla istnienia wewnętrznej stopy zwrotu, wewnętrzna stopa zwrotu obligacji, wskaźnik rentowności inwestycji, zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu inwestycji, średni czas trwania inwestycji, zdyskontowany okres zwrotu inwestycji. 	
Praca dyplomowa	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W06, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U13, K_U14, K_U15, K_U16, K_K01, K_K02, K_K04, K_K06, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> Przygotowanie pisemnej pracy dyplomowej. 	
Probabilistyczne aspekty matematyki finansowej i ubezpieczeniowej	K_W04, K_W07, K_W08, K_W09, K_U02, K_U04, K_U11, K_U12, K_U16, K_U18, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> Losowa stopa procentowa. Wartość kapitału jako zmienna losowa stopy procentowej. Zastosowanie zmiennej losowej o rozkładzie logarytmiczno-normalnym do modelowania losowej wartości kapitału. Własności zmiennej losowej o rozkładzie logarytmiczno-normalnym. Parametry losowej wartości kapitału o losowych okresowych stopach procentowych i dyskontowych. Zmienna losowa wartości kapitału dla oprocentowania ciągłego i jej parametry. Instrumenty pochodne (opcje, kontrakty terminowe forward i futures, kontrakty swap). Mierniki probabilistyczne ryzyka związanego z inwestowaniem w akcje. Odchylenie standardowe stopy zwrotu akcji jako klasyczna miara ryzyka. Semiwariancja i semiodchylenie standardowe stopy zwrotu akcji. Odchylenie przeciętne stopy zwrotu. Prawdopodobieństwo nieosiągnięcia poziomu aspiracji. Współczynnik zmienności stopy zwrotu. Teoria użyteczności. Teoria portfela. Klasyczne miary portfela akcji. Wyznaczenie portfela o minimalnym ryzyku lub maksymalnym dochodzie. Metoda stochastycznej dominacji w teorii portfela. Modele rynku kapitałowego. Model jednowskaźnikowy Sharpe'a. Modele równowagi rynku kapitałowego: model wyceny aktywów kapitałowych CAPM teoria arbitrażu cenowego APT. Model indywidualnego i kolektywnego ryzyka ubezpieczeniowego. Kalkulacja składki w ubezpieczeniach życiowych. Składka netto dla polis dyskretnych, ciągłych i mieszanych. 	
Proseminarium	K_W02, K_W04, K_W13, K_U02, K_U03, K_U04, K_U13, K_U14, K_U15, K_U16, K_U17, K_K01, K_K02, K_K04, K_K06, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> Zakres przedmiotu obejmuje wybrany dział matematyki. Przedmiot do wyboru. 	
Rachunek papierów wartościowych	K_W04, K_U16, K_U18, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Obliczanie przyszłej wartości pieniądza - oprocentowanie proste oraz składane. Obliczanie obecnej wartości pieniądza dyskonto handlowe i matematyczne, dyskonto proste i składane. Istota papierów wartościowych i ich podstawowe funkcje. Podział papierów wartościowych. Rodzaje papierów wartościowych. Weksle. Rodzaje weksli. Obliczanie wartości aktualnej weksla na podstawie dyskonta handlowego. Redyskontowanie weksli. Opłata ryczałtowa i proporcjonalna przy dyskontowaniu weksli. Zasada równoważności weksli. Odnawianie weksli. Portfel weksli. Bony skarbowe. Przetargi bonów skarbowych i zasady ich ogłaszania. Rynek pierwotny i rynek wtórny bonów skarbowych. Stopa dyskontowa i cena zakupu bonu skarbowego. Stopa rentowności inwestycji w bony skarbowe i jej obliczanie. Certyfikaty depozytowe. Cechy certyfikatu. Wartość certyfikatu i jej obliczanie. Wartość certyfikatu na rynku wtórnym. Rentowność certyfikatu depozytowego. Certyfikaty depozytowe o stałym oprocentowaniu i o zmiennej stopie procentowej. Obligacje. Podział obligacji. Podstawowe charakterystyki obligacji. Nominalna i rynkowa wartość obligacji. Rentowność (stopa zwrotu) 	
<ul style="list-style-type: none"> obligacji. Przybliżona stopa zwrotu. Obligacje wieczyste (konsolle), obligacje zerokuponowe, obligacje tandetne, obligacje loteryjne. Kolokwium z zakresu wyceny weksli, bonów skarbowych, certyfikatów depozytowych oraz obligacji. Akcje. Rodzaje akcji. Podstawowe charakterystyki akcji. Zmiana ceny akcji wyrażona poprzez indeksy rynku. Podstawowe indeksy: Indeks Dow Jones, Indeks Standard and Poors, indeksy Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie. Wycena akcji: dywidendy i cena akcji. Rodzaje wzrostu dywidendy. Oczekiwana stopa zwrotu i ryzyko akcji. Portfel akcji. Współczynnik korelacji akcji. Ryzyko portfela akcji. Charakterystyka podstawowych instrumentów pochodnych: kontrakty forward i futures, kontrakty swap i opcje. Wycena kontraktów forward i futures na akcje oraz na przyszłą stopę procentową. Wycena kontraktów wymiany stóp procentowych. Kolokwium z zakresu wyceny akcji oraz instrumentów pochodnych. 	
Równania różniczkowe	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_W08, K_W10, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U06, K_U07, K_U08, K_U09, K_U10, K_U13, K_U14, K_U15, K_U16, K_U17, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07

<ul style="list-style-type: none"> • Zagadnienie Cauchy'ego, problem istnienia i jednoznaczności rozwiązań, związek układów równań różniczkowych zwyczajnych rzędu pierwszego z równaniami różniczkowymi skalarnymi rzędu n-tego. Ogólne metody rozwiązywania układów równań różniczkowych zwyczajnych rzędu pierwszego. Metoda macierzowa, metoda całek pierwszych. • Stabilność i asymptotyczna stabilności w sensie Lapunowa • Zagadnienia początkowe i brzegowe dla równań różniczkowych cząstkowych. Równania różniczkowe cząstkowe liniowe oraz quasi-liniowe rzędu pierwszego. • Postać kanoniczna równania różniczkowego cząstkowego liniowego rzędu drugiego. Metoda Fouriera rozwiązywania równań różniczkowych cząstkowych. Równanie struny i równanie falowe. Równanie przewodnictwa. Równanie Laplace'a. 	
Seminarium magisterskie	K_W01, K_W02, K_W04, K_W05, K_W06, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U13, K_U14, K_U15, K_U16, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04, K_K05, K_K06, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> • Referowanie zagadnień do egzaminu magisterskiego. • Przedstawianie zagadnień z pracy magisterskiej. Referowanie części pracy magisterskiej, dyskusje na temat poruszanych w pracy zagadnień. • Przedstawienie napisanej części pracy magisterskiej. 	
Topologia II	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U08, K_U13, K_U14, K_U15, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> • Przestrzenie topologiczne. Przestrzenie metryczne. • Baza, podbaza topologii. Aksjomaty przeliczalności. Zbiory gęste. Ośrodkowość. Aksjomaty oddzielania. • Ciągłość. Homeomorfizm. Niezmienniki. Deformacje. Węzły. • Zwartość. Zupełność. Spójność. • Twierdzenie Brouwera. 	
Wybrane zagadnienia analizy matematycznej	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U08, K_U13, K_U14, K_U15, K_U17, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> • Preliminaria. Splot i jego własności, twierdzenia o wygładzaniu i aproksymacji. • Transformacja Laplace'a i jej własności, twierdzenia o przesunięciu, całce, pochodnej, o splocie, różnowartościowości. Transformata odwrotna. Transformaty podstawowych funkcji. Przykłady obliczania transformat. • Zastosowania transformaty Laplace'a do rozwiązywania równań i układów równań różniczkowych. • Transformacja Fouriera w L^1 i L^2, jej własności, transformacja odwrotna. Zastosowania transformaty Fouriera do rozwiązywania niektórych równań cząstkowych o stałych współczynnikach (np. równanie ciepła, falowe). 	
Wychowanie fizyczne	K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Zapoznanie z zasadami udziału w zajęciach i warunkami uzyskania zaliczenia. Omówienie zasad bezpiecznego korzystania z obiektów i urządzeń sportowych oraz zasad bezpieczeństwa obowiązujących w czasie zajęć w plenerze. • Realizacja różnych zestawów ćwiczeń rozgrzewkowych w plenerze z wykorzystaniem naturalnych przeszkód, przyrządów i przyborów znajdujących się wokół, wykonywane indywidualnie, z partnerem i w grupie. Ćwiczenia z wykorzystaniem kijów do Nordic Walking. • Nauka poprawnego trzymania kijów i techniki marszu w Nordic Walking – koordynacja pracy RR i NN. Pokonywanie różnych dystansów i korygowanie błędów technicznych w trakcie marszu. Ćwiczenia z wykorzystaniem siłowni plenerowych. Rekreacyjne gry terenowe: ringo, frisbee, zbijak, bule i inne. 	
Wykład monograficzny I	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> • Zakres wykładu monograficznego obejmuje modelowanie matematyczne. Przedmiot do wyboru. 	
Wykład monograficzny II	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> • Zakres wykładu monograficznego obejmuje analizę matematyczną. Przedmiot do wyboru. 	
Zajęcia humanistyczne I	K_K01, K_K02, K_K03, K_K06
<ul style="list-style-type: none"> • Tematyka zajęć obejmuje treści z zakresu nauk humanistycznych. Przedmiot do wyboru. 	
Zajęcia humanistyczne II	K_K01, K_K02, K_K03, K_K06
<ul style="list-style-type: none"> • Tematyka zajęć obejmuje treści z zakresu nauk humanistycznych. Przedmiot do wyboru. 	
Zajęcia wybieralne I	K_W04, K_W07, K_W08, K_W10, K_W11, K_W12, K_U19, K_U20, K_U21, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> • Zakres przedmiotu obejmuje prezentację narzędzi informatycznych niezbędnych dla studentów i przyszłych absolwentów kierunku matematyka z zastosowaniami w ekonomii. Przedmiot do wyboru. 	
Zajęcia wybieralne II	K_W01, K_W04, K_W05, K_W07, K_U02, K_U03, K_U04, K_K01, K_K02, K_K04, K_K07
<ul style="list-style-type: none"> • Zakres przedmiotu obejmuje matematykę dyskretną. Przedmiot do wyboru. 	