



**Wojskowa
Akademia
Techniczna**

**Uchwała
Senatu Wojskowej Akademii Technicznej
im. Jarosława Dąbrowskiego**

nr 23/WAT/2023 z dnia 23 lutego 2023 r.

**w sprawie ustalenia „Programu kształcenia w Szkole Doktorskiej
Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego” - edycja 2023**

Na podstawie art. 201 ust. 4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2022 r. poz. 574, z późn. zm.), w związku z § 21 ust. 1 pkt 21 Statutu Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego stanowiącego załącznik do uchwały Senatu WAT nr 16/WAT/2019 z 25 kwietnia 2019 r. w sprawie uchwalenia Statutu Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego (t.j. Obwieszczenie Rektora WAT nr 1/WAT/2021 z dnia 21 października 2021 r.), uchwala się, co następuje:

§ 1

Ustala się „*Program kształcenia w Szkole Doktorskiej Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego*” stanowiący załącznik do uchwały.

§ 2

Program kształcenia, o którym mowa w § 1, obowiązuje od roku akademickiego 2023/2024.

§ 3

Doktoranci Szkoły Doktorskiej WAT, którzy rozpoczęli kształcenie przed rokiem akademickim 2023/2024 mogą aktualizować Indywidualne Programy Kształcenia na podstawie niniejszego programu.

§ 4

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

(-) gen. bryg. prof. dr hab. inż. Przemysław WACHULAK

**PROGRAM KSZTAŁCENIA
W SZKOLE DOKTORSKIEJ
WOJSKOWEJ AKADEMII TECHNICZNEJ
IM. JAROSŁAWA DĄBROWSKIEGO
- EDYCJA 2023**

I. Zasady ogólne

1. Program kształcenia w Szkole Doktorskiej Wojskowej Akademii Kształcenia im. Jarosława Dąbrowskiego realizowany jest dla doktorantów następujących dyscyplin naukowych:
 - 1) **automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne** - dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych;
 - 2) **informatyka techniczna i telekomunikacja** - dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych;
 - 3) **inżynieria lądowa, geodezja i transport** - dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych;
 - 4) **inżynieria materiałowa** - dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych;
 - 5) **inżynieria mechaniczna** - dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych;
 - 6) **nauki o bezpieczeństwie** - dziedzina nauk społecznych;
 - 7) **nauki chemiczne** - dziedzina nauk ścisłych i przyrodniczych.
2. Efekty uczenia się uwzględniają wymagania określone dla 8. poziomu Polskiej Ramy Kwalifikacji.
3. Liczba semestrów: **8**
4. Liczba punktów ECTS – min. **30 pkt**
5. Wymiar zajęć obowiązkowych wynosi 100 godzin i 20 godzin praktyk zawodowych realizowanych w formie prowadzenia zajęć lub uczestniczenia w ich prowadzeniu i odpowiada ogółem 10 punktom ECTS, a wymiar zajęć fakultatywnych wynosi co najmniej 200 godzin i odpowiada co najmniej 20 punktom ECTS. Do zajęć fakultatywnych mogą być zaliczane zajęcia z przedmiotów realizowanych w WAT z modułu fakultatywnego w wymiarze min. 100 godz. i 10 pkt ECTS, przedmiotów realizowanych w innej uczelni lub instytucji naukowej krajowej lub zagranicznej oraz innych form kształcenia np. praktyk, staży w i poza WAT, w szczególności w innej uczelni lub instytucji krajowej lub zagranicznej.
6. Język prowadzenia:
 - a. **polski lub angielski** – tylko w przypadku przedmiotów, praktyk lub innych form kształcenia wskazanych w Indywidualnym Programie Kształcenia (IPK),
 - b. **angielski** – w przypadku realizacji kształcenia w dyscyplinie naukowej w języku angielskim.
7. Program obowiązuje od: roku **akademickiego 2023/2024**.
8. Wskazanie związku koncepcji kształcenia ze strategią rozwoju i misją WAT:
Kształcenie w Szkole Doktorskiej Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego, zwanej dalej „Szkolą Doktorską” wpisuje się w strategię rozwoju i misję Akademii, których istotą jest profesjonalne przygotowanie przyszłych kadr w dziedzinach nauk inżynieryjno-technicznych, ścisłych i przyrodniczych oraz społecznych, a w szczególności w zakresie techniki wojskowej i technologii bezpieczeństwa. Zadaniem Szkoły Doktorskiej jest przekazywanie doktorantom najnowszej wiedzy, kształtowanie umiejętności i doskonalenie kompetencji na najwyższym poziomie oraz kultywowanie tradycji

patriotycznych i odpowiedzialności za Ojczyznę w szeroko pojętych aspektach zarówno wojskowych jak i cywilnych w myśl zasady „Omnia Pro Patria” – „Wszystko dla Ojczyzny”. Działalność Szkoły Doktorskiej koreluje z celami strategicznymi rozwoju Akademii w zakresie umocnienia pozycji WAT w systemie polskiego i europejskiego szkolnictwa wyższego, w tym jako wiodącego filaru edukacyjnego wyższego szkolnictwa wojskowego oraz zaplecza eksperckiego i badawczego MON, a także innych ministerstw. Ponadto, podkreśla elitarność Akademii jako uczelni prowadzącej innowacyjną działalność dydaktyczną i naukową rozwijając także międzynarodową współpracę w tym zakresie.

9. Wymagania wstępne w stosunku do kandydata do Szkoły Doktorskiej

Kandydat powinien posiadać kwalifikacje na poziomie 7. Polskiej Ramy Kwalifikacji (tytuł zawodowy magistra, magistra inżyniera lub równorzędny) i ukończyć studia magisterskie na kierunku związanym z dyscypliną naukową prowadzoną w Szkole Doktorskiej lub posiadać osiągnięcia naukowe w tej dyscyplinie. W wyjątkowych przypadkach, uzasadnionych najwyższą jakością osiągnięć naukowych, do Szkoły Doktorskiej może być przyjęta osoba będąca absolwentem studiów pierwszego stopnia lub studentem, który ukończył trzeci rok jednolitych studiów magisterskich. Szczegółowe wymagania określają ustalone corocznie przez Senat WAT zasady rekrutacji do Szkoły Doktorskiej.

II. Opis zakładanych efektów uczenia się

Opis zakładanych efektów uczenia się uwzględnia:

- uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia określone w załączniku do ustawy z dnia 22 grudnia 2015 r. o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji;
- charakterystyki drugiego stopnia określone w załączniku do rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 14 listopada 2018 r. w sprawie charakterystyk drugiego stopnia efektów uczenia się dla kwalifikacji na poziomach 6-8 Polskiej Ramy Kwalifikacji (PRK).

Objaśnienie oznaczeń:

1) w kolumnie *symbol i numer efektu*:

- a) D - doktoranckie efekty uczenia się,
- b) W, U, K (po podkreślniku) - kategoria: wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych,
- c) 01, 02, 03, - numer efektu uczenia się,
- d) WAT01, ... - numer efektu uczenia się dla przedmiotów, dla których obowiązują uczelniane efekty uczenia się;

2) w kolumnie *kod składnika opisu* - odniesienie zakładanego efektu uczenia się do stosownego kodu składnika opisu charakterystyki pierwszego i drugiego stopnia efektów uczenia się na poziomie 8 charakterystyk Polskiej Ramy Kwalifikacji (8 PRK).

symbol i numer efektu	zakładane efekty uczenia się	kod składnika opisu
Wiedza: absolwent zna i rozumie		
D_W WAT01	metody i techniki prowadzenia zajęć dydaktycznych.	P8S_WG

symbol i numer efektu	zakładane efekty uczenia się	kod składnika opisu
D_W01	światowy dorobek naukowy i technologiczny w danej dyscyplinie naukowej oraz wynikające z niego implikacje dla praktyki	P8U_W P8U_WG
D_W02	światowy dorobek naukowy i technologiczny obejmujący podstawy teoretyczne oraz zagadnienia ogólne i wybrane zagadnienia szczegółowe – właściwe dla danej dyscypliny naukowej	P8S_WG
D_W03	tendencje rozwojowe w dyscyplinie naukowej	P8S_WG
D_W04	metodologię badań naukowych	P8S_WG
D_W05	zasady upowszechniania wyników działalności naukowej, także w trybie otwartego dostępu	P8S_WG
D_W06	fundamentalne dylematy współczesnej cywilizacji; ekonomiczne, prawne, etyczne i inne istotne uwarunkowania działalności naukowej; podstawowe zasady transferu wiedzy do sfery gospodarczej i społecznej oraz komercjalizacji wyników działalności naukowej i know-how związanego z tymi wynikami	P8S_WK
Umiejętności: absolwent potrafi		
D_U WAT01	przygotować i przeprowadzić w nowoczesny sposób zajęcia dydaktyczne związane z dyscypliną naukową	P8S_UK P8S_UU
D_U WAT02	pozyskiwać niezbędne informacje związane z prowadzonymi badaniami, korzystając ze źródeł, w tym anglojęzycznych	P8S_UK P8S_UO
D_U01	dokonywać analizy i twórczej syntezy dorobku naukowego i twórczego w celu identyfikowania i rozwiązywania problemów badawczych oraz związanych z działalnością innowacyjną i twórczą;	P8U_U P8S_UW
D_U02	tworzyć nowe elementy dorobku naukowego i twórczego	P8U_U P8S_UW
D_U03	samodzielnie planować i działać na rzecz własnego rozwoju oraz inspirować i organizować rozwój innych osób,	P8U_U P8S_UU
D_U04	wykorzystywać wiedzę do twórczego identyfikowania, formułowania i innowacyjnego rozwiązywania złożonych problemów lub wykonywania zadań o charakterze badawczym, a w szczególności: – definiować cel i przedmiot badań naukowych, formułować hipotezę badawczą, – rozwijać metody, techniki i narzędzia badawcze oraz twórczo je stosować, – wnioskować na podstawie wyników badań naukowych	P8S_UW
D_U05	dokonywać krytycznej analizy i oceny wyników badań naukowych, działalności eksperckiej i innych prac o charakterze twórczym oraz ich wkładu w rozwój wiedzy	P8S_UW
D_U06	transferować wyniki działalności naukowej do sfery gospodarczej i społecznej	P8S_UW
D_U07	komunikować się na tematy specjalistyczne w stopniu umożliwiającym aktywne uczestnictwo w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym	P8U_U P8S_UK
D_U08	upowszechniać wyniki działalności naukowej, także w formach popularnych	P8S_UK
D_U09	inicjować debatę	P8U_U P8S_UK
D_U10	uczestniczyć w dyskursie naukowym, wymianie doświadczeń i idei, także w środowisku międzynarodowym	P8U_U P8S_UK
D_U11	posługiwać się językiem obcym na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego w stopniu umożliwiającym uczestnictwo w międzynarodowym środowisku naukowym i zawodowym	P8S_UK
D_U12	planować i realizować indywidualne i zespołowe przedsięwzięcia badawcze lub twórcze, także w środowisku międzynarodowym	P8S_UO
D_U13	planować zajęcia lub grupy zajęć i realizować je z wykorzystaniem nowoczesnych metod i narzędzi	P8S_UU

symbol i numer efektu	zakładane efekty uczenia się	kod składnika opisu
	Kompetencje społeczne: absolwent jest gotów do	
D_K01	<i>niezależnego badania powiększającego istniejący dorobek naukowy i twórczy</i>	P8U_K P8U_KK
D_K02	<i>podejmowania wyzwań w sferze zawodowej i publicznej z uwzględnieniem: – ich etycznego wymiaru, – odpowiedzialności za ich skutki oraz kształtowania wzorów właściwego postępowania w takich sytuacjach</i>	P8U_K P8U_KK
D_K03	<i>krytycznej oceny dorobku w ramach danej dyscypliny naukowej</i>	P8U_K P8S_KK
D_K04	<i>krytycznej oceny własnego wkładu w rozwój danej dyscypliny naukowej</i>	P8U_U P8S_KK
D_K05	<i>uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych</i>	P8U_U P8S_KK
D_K06	<i>wypełniania zobowiązań społecznych badaczy i twórców</i>	P8U_U P8S_KO
D_K07	<i>inicjowania działań na rzecz interesu publicznego</i>	P8U_U P8S_KO
D_K08	<i>myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy</i>	P8U_U P8S_KO
D_K09	<i>podtrzymywania i rozwijania etosu środowisk badawczych i twórczych, w tym: – prowadzenia działalności naukowej w sposób niezależny, – respektowania zasady publicznej własności wyników działalności naukowej, z uwzględnieniem zasad ochrony własności intelektualnej</i>	P8U_U P8S_KR

III. Sposób weryfikacji zakładanych efektów uczenia się

Weryfikacja zakładanych efektów uczenia się jest dokonywana poprzez sprawdzenie zdobytej wiedzy, nabytych umiejętności i kompetencji społecznych przez doktoranta na podstawie:

- zaliczenia przedmiotów ujętych w Module podstawowym, w tym seminarium doktoranckiego z przedmiotu Analiza obszaru badawczego,
- zaliczenia przedmiotów z Modułu fakultatywnego dyscypliny lub dyscyplin naukowych, praktyki zawodowej oraz przedmiotów realizowanych poza WAT i innych form kształcenia¹ ujętych w Indywidualnym programie Kształcenia (IPK),
- pozytywnie zaopiniowanej przez promotora rozprawy doktorskiej.

IV. Realizacja programu kształcenia

1. Kształcenie w Szkole Doktorskiej trwa 8 semestrów.
2. Obowiązuje jeden program kształcenia dla wszystkich dyscyplin naukowych prowadzonych w Szkole Doktorskiej.
3. Program kształcenia obejmuje co najmniej 300 godzin zajęć dydaktycznych² i min. 20 godzin praktyk zawodowych realizowanych w formie prowadzenia zajęć lub uczestniczenia w ich prowadzeniu - łącznie co najmniej 30 punkty ECTS.

¹ jeśli występują w IPK

² do zajęć dydaktycznych mogą być zaliczane przedmioty realizowane poza WAT i inne formy kształcenia

4. Program kształcenia doktoranta składa się z:
- 1) modułu podstawowego dla doktorantów wszystkich dyscyplin naukowych prowadzonych w Szkole Doktorskiej, w wymiarze 100 godzin o łącznej liczbie 9 punktów ECTS;
 - 2) modułów fakultatywnych związanych z dyscyplinami naukowymi prowadzonymi w Szkole Doktorskiej, w wymiarze co najmniej 200 godzin każdy, którym przyporządkowano co najmniej 20 punktów ECTS, z zastrzeżeniem ust. 6, 7 i 8;
 - 3) praktyk zawodowych wymiarze od 20 do 180 godzin realizowanych w formie prowadzenia zajęć lub uczestniczenia w ich prowadzeniu od III do VII semestru kształcenia – max. 60 godzin rocznie (zgodnie z indywidualnym programem kształcenia), którym przyporządkowano 1 punkt ECTS niezależnie od liczby godzin praktyki.
 - 4) opcjonalnie przedmiotów realizowanych poza WAT i innych form kształcenia w wymiarze godzinowym i liczbie punktów ECTS określonych w indywidualnym programie kształcenia.
5. Doktorant obowiązkowo realizuje moduł podstawowy oraz 20 godzin praktyk zawodowych realizowanych w formie prowadzenia zajęć lub uczestniczenia w ich prowadzeniu. Doktorant w porozumieniu z promotorem z modułu fakultatywnego dla dyscypliny naukowej wybiera przedmioty do realizacji tak, aby łączna liczba punktów ECTS odpowiadała co najmniej 20 punktom. Dopuszcza się, aby przedmioty pochodziły z różnych dyscyplin naukowych oraz były realizowane w innej uczelni lub instytucji naukowej.
6. W przypadku planowanej realizacji przedmiotów poza WAT oraz innych form kształcenia (np. stażu, praktyki w i poza WAT) promotor ustala dla nich liczbę punktów ECTS i zakładane do osiągnięcia efekty uczenia się, przy założeniu, że liczba godzin zajęć przedmiotów realizowanych w WAT z modułu fakultatywnego nie może być mniejsza niż 100 godzin i 10 pkt ECTS.
7. W przypadku realizacji kształcenia dla cudzoziemców w języku angielskim przedmioty ujęte w module podstawowym, o którym mowa w rozdziale V, dotyczące zagadnień polskich uregulowań mogą zostać zastąpione innymi przedmiotami. Decyzje o wprowadzeniu nowych przedmiotów podejmuje dyrektor Szkoły Doktorskiej w uzgodnieniu z przewodniczącym Rady Dyscypliny Naukowej w ramach której prowadzone jest kształcenie cudzoziemców.
8. Realizacja programu kształcenia, z uwzględnieniem zapisów ust. 5-7, powinna zapewniać osiągnięcie przez kandydata zakładanych efektów uczenia się określonych w rozdziale II.
9. W terminie do końca pierwszego semestru kształcenia doktorant składa dyrektorowi Szkoły Doktorskiej, uzgodniony z promotorem, indywidualny program kształcenia.
10. Zajęcia z przedmiotów modułu podstawowego są planowane centralnie dla wszystkich doktorantów pierwszego rocznika, z zastrzeżeniem ust. 11
11. Zajęcia dla cudzoziemców realizujących kształcenie w języku angielskim mogą być planowane centralnie lub w ramach dyscypliny naukowej z uwzględnieniem przedmiotów, o którym mowa w ust. 7.
12. Zajęcia z przedmiotów modułu fakultatywnego, są planowane według indywidualnych programów kształcenia.

V. Moduły programu kształcenia

lp.	nazwa przedmiotu/modułu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się/załącznik
Moduł podstawowy, obowiązkowy dla doktorantów wszystkich dyscyplin ³ (I-II sem.)				
1.	Dydaktyka szkoły wyższej	20	1	D_WWAT01, D_W05, D_W06, D_UWAT01, D_U03, D_K01, D_K02
2.	Zasady prowadzenia zajęć dydaktycznych	10	1	D_WWAT01, D_UWAT01, D_U03, D_U13, D_K01, D_K06
3.	Proces wnioskowania o finansowanie badań naukowych	10	1	D_W05, D_U7, D_U12, D_K01, D_K03, D_K04
4.	Planowanie eksperymentu	16	1	D_W04, D_U04, , D_K04
5.	Metodologia prowadzenia badań naukowych	10	1	D_WAT02, D_U01-U05
6.	Prawa własności i komercjalizacja badań	10	1	D_W05, D_W06, D_U06
7.	Naukometria i bibliometria w działalności naukowej	4	1	D_W05, D_U08, D_K03, D_K04
8.	Analiza obszaru badawczego ⁴	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_W4, D_U08
Moduły fakultatywne związane z dyscypliną naukową (III-VII sem.)				
1	Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne	min. 200 godz ⁵ .	min. 20 pkt	Wykaz przedmiotów załącznik V.1 - str. 11
2	Informatyka techniczna i telekomunikacja			Wykaz przedmiotów załącznik V.2- str. 13
3	Inżynieria lądowa, geodezja i transport			Wykaz przedmiotów załącznik V.3- str. 16
4	Inżynieria materiałowa			Wykaz przedmiotów załącznik V.4- str. 17
5	Inżynieria mechaniczna			Wykaz przedmiotów załącznik V.5- str. 19
6	Nauki chemiczne			Wykaz przedmiotów załącznik V.6- str. 22
7	Nauki o bezpieczeństwie			Wykaz przedmiotów załącznik V.7- str. 23
Praktyki zawodowe w WAT (III-VII sem.) - zgodnie z indywidualnym programem kształcenia				
1	Praktyki w formie prowadzenia zajęć lub uczestniczenia w ich prowadzeniu	20-180 godz.	1	D_WWAT01, D_UWAT01 D_K01
Przedmioty realizowane poza WAT i Inne formy kształcenia (III-VII sem.) - opcjonalnie zgodnie z indywidualnym programem kształcenia				
1	Przedmioty poza WAT oraz np. praktyki, staże realizowane w i poza WAT w innej uczelni lub instytucji naukowej krajowej lub zagranicznej	Liczbę godzin, punktów ECTS oraz odniesienie do efektów uczenia się ustala promotor w indywidualnym programie kształcenia		

VI. Program ramowy

³ w przypadku realizacji kształcenia dla cudzoziemców w języku angielskim przedmioty ujęte w module podstawowym, dotyczące zagadnień polskich uregulowań mogą zostać zastąpione innymi przedmiotami ustalonymi przez Dyrektora Szkoły Doktorskiej.

⁴ przedmiot realizowany w trybie indywidualnym z promotorem lub promotorami albo promotorem i promotorem pomocniczym zakończony seminarium doktoranckim

⁵ minimalna liczba godzin zajęć w Module fakultatywnym może być zmniejszona poprzez realizację innych form kształcenia, suma punktów ECTS za moduł fakultatywny i inne formy kształcenia nie może być mniejsza niż 20 pkt, przy zachowaniu co najmniej 100 godzin zajęć w WAT z modułu fakultatywnego

Program ramowy obejmuje charakterystykę - treści programowe wszystkich przedmiotów w module obowiązkowym i modułach fakultatywnych.

Lp.	Nazwa przedmiotu /dyscyplina naukowa	Treści programowe
Moduł podstawowy, obowiązkowy dla wszystkich dyscyplin naukowych		
1.	Dydaktyka szkoły wyższej	Podstawowe pojęcia współczesnej dydaktyki ogólnej. Funkcje kształcenia akademickiego, współczesne modele szkolnictwa wyższego, zasady funkcjonowania szkoły wyższej. Psychologiczne podstawy procesu uczenia się. Zasady projektowania programów nauczania. Taksonomie celów kształcenia. Style uczenia się a style nauczania. Nowoczesne metody i techniki kształcenia. Projektowanie zajęć dydaktycznych. Kształtowanie umiejętności formułowania i twórczego rozwiązywania problemów; kształtowanie postaw twórczych. Ewaluacja efektów uczenia się; metody oceniania. Metodyka komunikacji interpersonalnej; relacje: student-nauczyciel, moderowanie pracy zespołów studentów; współczesne metody wspierania studentów w procesie uczenia się. Społeczne kompetencje nauczyciela akademickiego. Etos pracownika nauki - nauczyciela akademickiego. Historia i ewolucja WAT.
2.	Zasady prowadzenia zajęć dydaktycznych	Metodyka prowadzenia zajęć dydaktycznych; podstawowe formy zajęć dydaktycznych; kształcenie problemowe, kształcenie projektowe. Zasady planowania zajęć dydaktycznych – konstruowanie szczegółowych konspektów z wykorzystaniem nowoczesnych metod i technik kształcenia. Tworzenie materiałów dydaktycznych. Metody oceniania efektów uczenia się. Systemy informatyczne wspomagające pracę nauczyciela akademickiego. Ćwiczenia praktyczne przygotowujące do realizacji praktyk zawodowych.
3.	Proces wnioskowania o finansowanie badań naukowych	Proces wnioskowania o finansowanie badań naukowych podstawowych. Działalność statutowa, finansowanie staży naukowych krajowych i zagranicznych dla młodych naukowców rozpoczynających karierę naukową. Ogólna charakterystyka zasad ubiegania się o środki finansowe w instytucjach krajowych (MEiN, NCBiR, NCN, FNP) oraz zagranicznych (Unia Europejska i inne).
4.	Planowanie eksperymentu	Plany doświadczenia zdeterminowane i randomizowane. Miary położenia i rozproszenia wyników pomiarów. Ocena istotności wpływu wielkości wejściowych na wielkość wyjściową. Określenie funkcji aproksymującej funkcję obiektu. Ocena adekwatności funkcji obiektu i istotności jej współczynników. Doświadczalna optymalizacja.
5.	Metodologia prowadzenia badań naukowych	Analiza stanu wiedzy na bazie przeglądu literatury – tworzenie syntetycznego zestawienia co zrobiono a co wymaga rozwiązania. Tworzenie własnych baz literaturowych zgodnych ze stosowanymi systemami cytacji (amerykańskim i angielskim). Postawienie zagadnienia naukowego wymagającego rozwiązania – założenia (ograniczenia), wymagany aparat teoretyczno/technologiczny /eksperymentalny, przewidywane nakłady czasowo-pieniężne, sposób weryfikacji uzyskanych wyników. Prowadzenie badań naukowych i ich dokumentacja (artykuł naukowy jako główny element dokumentacji badań). Upowszechnianie wyników badań: zasady poprawnej prezentacji ustnej i plakatu, wystąpienia konferencyjne a publikacja naukowa, zasady cytowania źródeł literaturowych, sposób autocytacji. Zasady określania wkładu w dane opracowanie oraz komu należy składać podziękowania. Polemika z recenzentami – poprawa zgłaszanych prac naukowych.
6.	Prawa własności i komercjalizacja badań	Podstawowe informacje na temat sposobów ochrony własności intelektualnej, w szczególności: prawa autorskie, wynalazki, wzory użytkowe, wzory przemysłowe, znaki towarowe z zakresu ochrony własności intelektualnej. Problematyka komercjalizacji wyników badań naukowych i prac rozwojowych.
7.	Naukometria i bibliometria w działalności naukowej	Wskaźniki naukometryczne i bibliometryczne stosowane w międzynarodowych bazach bibliograficznych (Scopus, WoS), a także krajowe wymagania związane z ewaluacją pracowników naukowych. Upowszechnianie działalności naukowej i wyników badań naukowych ze szczególnym uwzględnieniem polityki otwartego dostępu. Wykorzystanie baz bibliograficznych i e-źródeł w badaniach naukowych. Narzędzia wspomagające gromadzenie materiałów wspomagających pisanie prac naukowych.
8.	Analiza obszaru badawczego	Zajęcia seminaryjne promotor – doktorant. Analiza stanu wiedzy w zakresie wybranej przez doktoranta problematyki badawczej. Przegląd literatury. Zdefiniowanie problemu badawczego (cel, pytania badawcze, hipotezy) oraz wstępne określenie metodologii. Przygotowanie prezentacji na pierwsze seminarium doktoranckie. Przygotowanie projektu indywidualnego programu kształcenia.

Lp.	Nazwa przedmiotu /dyscyplina naukowa	Treści programowe
Moduły fakultatywne związane z dyscypliną naukową		
1	Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne	<i>załącznik VI.1 – str. 25</i>
2	Informatyka techniczna i telekomunikacja	<i>załącznik VI.2 – str. 32</i>
3	Inżynieria lądowa, geodezja i transport	<i>załącznik VI.3 – str. 42</i>
4	Inżynieria materiałowa	<i>załącznik VI.4 – str. 46</i>
5	Inżynieria mechaniczna	<i>załącznik VI.5 – str. 52</i>
6	Nauki chemiczne	<i>załącznik VI.6 – str. 61</i>
7	Nauki o bezpieczeństwie	<i>załącznik VI.7 – str. 64</i>

VII. Sposób organizacji praktyk zawodowych i innych form kształcenia

Praktyki zawodowe są realizowane w formie prowadzenia zajęć dydaktycznych lub uczestniczenia w ich prowadzeniu w wymiarze minimum 20 godzin w semestrach III - VII.

W szczególnych i uzasadnionych przypadkach (np. niepełnosprawność doktoranta) promotor może zwolnić doktoranta z obowiązku odbywania praktyki zawodowej wskazując dodatkowy przedmiot fakultatywny lub inną formę kształcenia w wymiarze co najmniej 2 punktów ECTS.

Dopuszcza się realizowanie od III do VII semestru innych form kształcenia tj. praktyk (inne niż prowadzenie zajęć dydaktycznych lub uczestniczenie w ich prowadzeniu), staży w i poza WAT, m.in. w uczelni, instytucji naukowej krajowej lub zagranicznej, instytucjach i przedsiębiorstwach, których zakres działalności związany jest z tematyką rozprawy doktorskiej. O realizacji innych form kształcenia, ich wymiarze godzinowym i przyporządkowaniu punktów ECTS decyduje promotor w Indywidualnym Programie Kształcenia.

Praktyki zawodowe i inne formy kształcenia podlegają zaliczeniu na ocenę opisową (*za / nza*) w roku akademickim, w którym się odbywały na zasadach określonych w Regulaminie Szkoły Doktorskiej WAT.

VIII. Plan kształcenia

Plan kształcenia składa się z części ogólnej dla wszystkich doktorantów rocznika oraz indywidualnego planu kształcenia dla każdego doktoranta. Część ogólna planu zawiera harmonogram realizacji modułu podstawowego.

Indywidualny plan kształcenia doktoranta dla semestrów od III do VIII jest tworzony na podstawie Indywidualnego Programu Kształcenia.

PLAN KSZTAŁCENIA W SZKOLE DOKTORSKIEJ OD ROKU AKADEMICKIEGO 2023/2024
WSZYSTKIE DYSCYPLINY NAUKOWE PROWADZONE W SZKOLE DOKTORSKIEJ

moduły/przedmioty		ogółem godzin/ pkt ECTS		liczba godzin/pkt ECTS w semestrze:																									
				I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII											
		godz.	ECTS	godz.	ECTS	godz.	ECTS	godz.	ECTS	godz.	ECTS	godz.	ECTS	godz.	ECTS	godz.	ECTS	godz.	ECTS										
Moduł podstawowy, obowiązkowy dla wszystkich dyscyplin																													
Ogółem		100	9	50	4	50	5																						
1	Dydaktyka szkoły wyższej	20	1	20	1																								
2	Zasady prowadzenia zajęć dydaktycznych	10	1	10	1																								
3	Proces wnioskowania o finansowanie badań naukowych	10	1																	10	1								
4	Planowanie eksperymentu	16	1																	16	1								
5	Metodologia prowadzenia badań naukowych	10	1																	10	1								
6	Prawa własności komercjalizacja badań naukowych	10	1																	10	1								
7	Naukometria i bibliometria w działalności naukowej	4	1																	4	1								
8	Analiza obszaru badawczego	20	2	20	2																								
Moduły fakultatywne związane z dyscypliną naukową - 298 przedmiotów																													
1	Automatyka, elektronika i elektrotechnika - 54 przedmiotów	min. 200 godz.*	min. 20 pkt ECTS*									Zgodnie z Indywidualnym Programem Kształcenia (IPK)																	
2	Informatyka techniczna i telekomunikacja - 49 przedmiotów																												
3	Inżynieria lądowa i transport - 27 przedmiotów																												
4	Inżynieria materiałowa - 39 przedmiotów																												
5	Inżynieria mechaniczna - 78 przedmiotów																												
6	Nauki o bezpieczeństwie - 31 przedmiotów																												
7	Nauki chemiczne - 20 przedmiotów																												
Praktyki zawodowe																													
1	Praktyki zawodowe w formie prowadzenia zajęć lub uczestnictwa w ich prowadzeniu	20-180	1									Zgodnie z Indywidualnym Programem Kształcenia (IPK)																	
Przedmioty realizowane w innej uczelni lub instytucji naukowej krajowej lub zagranicznej - opcjonalnie zgodnie z IPK																													
1	Przedmioty realizowane w formie bezpośredniej i zdalnej	zgodnie z IPK										Zgodnie z Indywidualnym Programem Kształcenia (IPK)																	
Inne formy kształcenia - opcjonalnie zgodnie z IPK																													
1	np. praktyki, staże realizowane w i poza WAT, w innej uczelni lub instytucji naukowej krajowej lub zagranicznej	zgodnie z IPK										Zgodnie z Indywidualnym Programem Kształcenia (IPK)																	

* Suma punktów ECTS w ramach IPK musi wynosić min. 21 punktów; min. liczba godzin w Module fakultatywnym może być zmniejszona do 100 godz. i 10 pkt. poprzez realizację przedmiotów poza WAT i innych form kształcenia, którym przyporządkowano liczbę godzin i punktów ECTS

IX. Wewnętrzny system zapewniania jakości kształcenia w Szkole Doktorskiej

Wewnętrzny system zapewniania jakości kształcenia w Szkole Doktorskiej jest elementem Systemu zapewnienia jakości kształcenia w Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego.

W ramach przygotowania doktorantów do pracy badawczej na wysokim poziomie wzrasta ranga ciągłego monitorowania i systematycznego doskonalenia jakości ich kształcenia. Polityka jakości kształcenia, wynikająca z misji i strategii rozwoju Akademii, jest realizowana w Akademii poprzez wyznaczanie odpowiednich celów i standardów jakości, a także poprzez wdrożenie, ciągle monitorowanie i doskonalenie wewnętrznego systemu zapewniania jakości.

Zakres działania wewnętrznego systemu zapewniania jakości kształcenia w Szkole Doktorskiej obejmuje w szczególności:

- 1) monitorowanie i analizę formalno-prawnej strony procesu dydaktycznego;
- 2) okresowy przegląd i aktualizację programów kształcenia;
- 4) analizę warunków realizacji procesu dydaktycznego;
- 5) monitorowanie czynników wpływających na jakość kształcenia;
- 6) analizę funkcjonowania i opracowanie metod doskonalenia systemu jakości kształcenia.

Przedmioty fakultatywne**Dyscyplina naukowa: automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne**

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
1.	Administrowanie sieciami komputerowymi	20	3	D_W03	zimowy
2.	Akustoelektronika	30	3	D_W04, D_W05	zimowy
3.	Analiza danych eksperymentalnych wspomagana komputerowo	30	3	D_W03, D_U06	zimowy
4.	Anteny inteligentne	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
5.	Cyfrowe przetwarzanie obrazów	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
6.	Detektory promieniowania optycznego	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
7.	Elektromaszynowe przetworniki energii i sygnałów	30	3	D_W01, D_U05	zimowy
8.	Fizyka Laserów	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
9.	Fizyka ośrodków laserowych	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
10.	Fotowoltaika	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
11.	Generacja promieniowania supercontinuum	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
12.	Inżynieria informacji obrazowej	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
13.	Kodowanie i rozpoznawanie transmisji radiowych	30	3	D_U05	zimowy
14.	Krystalografia	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
15.	Laserowa spektroskopia absorpcyjna w sensorach gazów	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
16.	Laserowo-plazmowe źródła promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu (EUV)	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
17.	Lasery do zastosowań medycznych	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
18.	Lasery piko- i femtosekundowe	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
19.	Lasery włóknowe	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
20.	Matematyczne modele pola elektromagnetycznego	30	2	D_W02, D_W03	zimowy
21.	Metoda elementów skończonych	30	3	D_W02, D_W03	letni
22.	Metody analizy i pomiarów sygnałów losowych	30	3	D_W02, D_U05	letni
23.	Metody i narzędzia eksploracji danych	30	3	D_W02, D_W04	zimowy
24.	Metody syntezy logicznej	30	3	D_W02, D_W03	zimowy
25.	Minimalizacja elektromagnetycznej podatności infiltracyjnej urządzeń informatycznych	30	3	D_U05	zimowy
26.	Nieliniowa konwersja promieniowania laserowego	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
27.	Obliczenia naukowe i inżynierskie	30	3	D_W04	zimowy
28.	Optoelektronika w systemach bezpieczeństwa	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
29.	Optyka światła spójnego	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
30.	Plazma w nauce i technologii	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
31.	Podstawy teledetekcji	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
32.	Podstawy wiedzy o wirusach i innych patogenach dla inżynierów	30	3	D_W01, D_W02, D_U01, D_U07, D_K01	zimowy
33.	Pomiary podstawowych parametrów promieniowania laserowego	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
34.	Projektowanie systemów bezpieczeństwa	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
35.	Scalone układy programowalne i specjalizowane	30	3	D_W01, D_U05	letni
36.	Sensory akustyczne	20	2	D_W04, D_W05	zimowy
37.	Sensory mikrofalowe w radiolokacji	20	2	D_W02, D_U04	letni
38.	Sieci radia inteligentnego	30	3	D_W01, D_W03	zimowy
39.	Spektroskopia optyczna w zastosowaniach biomedycznych	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	
40.	Systemy cyfrowe w urządzeniach optoelektronicznych	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U07, D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
41.	Systemy kontrolno-pomiarowe w laboratorium badawczym	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
42.	Technika światłowodowa	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
43.	Technika terahercowa	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
44.	Technika ukrywania informacji (steganografia)	30	3	D_W01, D_W02, D_U05	letni
45.	Techniques in Biomedical Engineering	30	3	D_W01, D_W02, D_U01, D_U07, D_K01	zimowy
46.	Teoria pola	30	3	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
47.	Termowizja i technika podczerwieni	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
48.	Układy detekcji promieniowania optycznego	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	zimowy
49.	Wiązki laserowe	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
50.	Współczesne przetworniki pomiarowe wielkości fizycznych	30	3	D_W01, D_U05	zimowy
51.	Wybrane zagadnienia eksploatacji systemów antropotechnicznych	30	3	D_W08, D_U05 i 06	letni
52.	Zaawansowane technologie mikroelektroniki	30	3	D_W01, D_U05	letni
53.	Zastosowania laserów w technologii	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05	letni
54.	Zaawansowane techniki projektowania systemów cyfrowych w układach FPGA	30	3	D_W02, D_W03, D_U07, D_U09, D_K05	letni

Przedmioty fakultatywne

Dyscyplina naukowa: informatyka techniczna i telekomunikacja

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
1.	Algorytmy kwantowe III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
2.	Analiza algorytmów III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
3.	Analiza i synteza informacji wizualnej III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
4.	Bezprzewodowe systemy nowych generacji (NG)	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
5.	Diagnostyka systemów teleinformatycznych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
6.	Efektywność systemów teleinformatycznych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
7.	Elementy teorii prognozy III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
8.	Ewaluacja oprogramowania III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
9.	Fizyczne podstawy informatyki kwantowej III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
10.	Grafika komputerowa III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
11.	Inżynieria jakości oprogramowania III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
12.	Kryptologia III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
13.	Matematyczne metody wspomaganie decyzji III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
14.	Matematyka dyskretna III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
15.	Metody generatywne i aspektowe w wytwarzaniu oprogramowania III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
16.	Metody numeryczne III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
17.	Metody optymalizacji wielokryterialnej III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
18.	Modelowania matematyczne III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
19.	Modelowanie i weryfikacja sieci teleinformatycznych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
20.	Modelowanie sytuacji konfliktowych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
21.	Modelowanie, symulacja i analiza procesów biznesowych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
22.	Niezawodność oprogramowania III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
23.	Niezawodność systemów III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
24.	Optymalizacja III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
25.	Probabilistyka III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
26.	Procesy stochastyczne III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
27.	Rozpoznawanie i przetwarzanie obrazów III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
28.	Sieci neuronowe i logika rozmyta III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
29.	Sieci radia inteligentnego	20	2	D_W01,D_W03,D_U010,D_K03,D_K05	zimowy
30.	Stochastyczne modele eksploatacji III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
31.	Symulacja komputerowa III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
32.	Systemy baz danych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
33.	Systemy teleinformatyczne III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
34.	Systemy wspomagania decyzji III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
35.	Sztuczna inteligencja III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
36.	Teoretyczne podstawy informatyki III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
37.	Teoria grafów i sieci III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
38.	Zarządzanie projektami i procesami III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
39.	Złożone struktury danych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	letni
40.	5G network application for military	30	3	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01D_U02,D_U04,D_U05	letni
41.	Zaawansowane narzędzia kryptoanalizy	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03,D_K05	zimowy
42.	Probabilistyczne modele grafowe: reprezentacja	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy
43.	Probabilistyczne modele grafowe: podstawy wnioskowania	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07,D_K01,D_K03	zimowy

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
44.	Probabilistyczne modele grafowe: metody wnioskowania	20	2	D_W01,D_W02, D_W03, D_U01, D_U02, D_U04, D_U05, D_U07, D_K01,D_K03	zimowy
45.	Probabilistyczne modele grafowe: szacowanie parametrów	20	2	D_W01,D_W02, D_W03, D_U01, D_U02, D_U04, D_U05, D_U07, D_K01,D_K03	zimowy
46.	Probabilistyczne modele grafowe i modele hybrydowe	20	2	D_W01,D_W02, D_W03, D_U01, D_U02, D_U04, D_U05, D_U07, D_K01,D_K03	zimowy
47.	GNSS – Systems and signals” (GNSS)	20	2	D_W01, D-W02,D_W03, D_U01,D_U02, D_K03, D_K05	zimowy
48.	Wielowymiarowe przetwarzanie danych (WDP)	20	2	D_W01; D_W02; D_W03; D_U10; DU_04; D_K03; D_K05	zimowy
49.	Systemy baz danych zautomatyzowanego pola walki (SBD-ZPW)	20	2	D_W01; D_W02; D_W03; D_U10; DU_04, D_K03; D_K05	zimowy

Przedmioty fakultatywne**Dyscyplina naukowa: inżynieria lądowa, geodezja i transport**

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
1.	Safety and reliability of building structures	20	3	D_W03; D_W05; D_U02; D_K02	zimowy
2.	Dynamiczna interakcja konstrukcji budowlanych z ośrodkiem gruntowym	20	2	D_W02; D_U01; D_K05	letni
3.	Fizyka środowiska	20	2	D_W03; D_U04; D_K02	letni
4.	Modelowanie procesów ciepło-wilgotnościowych	20	2	D_W03; D_U04; D_K03	letni
5.	Identyfikacja obciążeń i układów konstrukcyjnych	20	2	D_W02; D_U02; D_K02	zimowy
6.	Proces inwestycyjny w budownictwie	20	2	D_W01; D_U04; D_K05	letni
7.	Mechanics of road and airport runway soil foundations	20	3	D_W03; D_U02; D_U04; D_K03	zimowy
8.	Metody badań sztywności i nośności nawierzchni drogowych i lotniskowych	20	2	D_W03; D_U07; D_K07	letni
9.	Metody obliczeniowe konstrukcji mostów składanych	20	2	D_W03; D_U01; D_U03; D_K01	zimowy
10.	Design methods of the experiment	20	3	D_W02; D_U01; D_K01	letni
11.	Modelowanie zachowania elementów i konstrukcji żelbetowych	20	2	D_W02; D_U01; D_K01	zimowy
12.	Nieliniowości geometryczne i fizyczne w mechanice konstrukcji	20	2	D_W03; D_U04; D_K05	letni
13.	Oddziaływania wybuchowe na budowle obronne	20	2	D_W02; D_U01; D_K05	zimowy
14.	Systemy harmonogramowania i kosztorysowania robót budowlanych	20	2	D_W06; D_U06; D_K08	letni
15.	Engineering of building materials	20	3	D_W04, D_U04, D_K05	zimowy
16.	Kartograficzne metody badań	20	2	D_W02, D_U05, D_U07, D_K03, D_K05	letni
17.	Eksploracja danych przestrzennych	20	2	D_W02, D_W04, D_UWAT02, D_U01, D_U05, D_K03, D_K05	zimowy
18.	Data science w badaniach geoprzestrzennych	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U01, D_U05, D_K03, D_K04	letni
19.	Zaawansowane metody realizacji opracowań fotogrametrycznych	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U05, D_K05	zimowy
20.	Programowanie w systemach informacji przestrzennej	20	2	D_W02, D_W05, D_U06, D_U10, D_K03, D_K06	zimowy
21.	Reference systems in geosciences	20	3	D_W02, D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K05	letni
22.	Global Geodetic Observing System	20	3	D_W01, D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K05	letni
23.	Współczesne techniki fotogrametryczne	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U05, D_K05	letni
24.	Wybrane metody numeryczne w geodezji	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U05, D_K05	zimowy
25.	Metody równoległego przetwarzania danych	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U05, D_K05	letni
26.	Matematyczne podstawy przetwarzania obrazów cyfrowych	20	2	D_W02, D_W03, D_W05, D_U01, D_U02, D_U04, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K04, D_K05	zimowy
27.	Metody numeryczne z algebrą liniową	20	2	D_W02, D_W03, D_W05, D_U01, D_U02, D_U04, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K04, D_K05	letni

Przedmioty fakultatywne
Dyscyplina naukowa: inżynieria materiałowa

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
1.	Badania strukturalne metodami dyfrakcji rentgenowskiej	20	2	D_W02, D_W05, D_U WAT02, D_U04, D_U05, D_U10, D_U03, D_K01, D_K04, D_K09	zimowy
2.	Badania strukturalne metodami mikroskopii skaningowej	20	2	D_W01, D_W02, D_W04, D_UWAT02, D_U05, D_U06, D_K03, D_K03	zimowy
3.	Badania właściwości mechanicznych tworzyw konstrukcyjnych	20	2	D_W02, D_W05, D_U WAT02, D_U04, D_U05, D_U10, D_U03, D_K01, D_K04, D_K09	zimowy
4.	Fizyczne podstawy efektów elektrooptycznych w ciekłych kryształach	20	2	D_W01, D_W02, D_UWAT01, D_UWAT02, D_U06, D_U07, D_U10, D_K04, D_K05	zimowy
5.	Kalorymetryczne, termograwimetryczne i wolumetryczne metody badania właściwości materiałów	20	2	D_W01, D_W04, D_U05, D_K03	zimowy
6.	Materiały półprzewodnikowe dla zastosowań optoelektronicznych	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_U WAT02, D_U02, D_U03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
7.	Nano i ultrakrystaliczne materiały konstrukcyjne	20	2	D_W WAT01, D_W02, D_W03, D_W04, D_U WAT01, D_U WAT02, D_U03, D_U05, D_U09, D_K01, D_K05, D_K08	zimowy
8.	Nanoporowaty anodowy tlenek aluminium: synteza, projektowanie i zastosowania	20	2	D_W02, D_W03, D_U WAT02, D_U01, D_U07, D_U03, D_K01, D_K03, D_K05	letni
9.	Nietelekomunikacyjne zastosowania światłowodów	20	2	D_W01, D_W03, D_W04, D_U01, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
10.	Pomiary elementów części maszyn i urządzeń z wykorzystaniem współrzędnościowych technik pomiarowych	20	2	D_W01, D_W04, D_U05, D_U06, D_U07, D_K05, D_K08	letni
11.	Planowanie eksperymentu i analiza danych przy wykorzystaniu programów Origin i Statistica	20	2	D_W04, D_U01, D_U05, D_U12, D_K01, D_K03	zimowy
12.	Podstawowe właściwości ciekłych kryształów	20	2	D_W01, D_W02, D_W04, D_W05, D_W06, D_UWAT02, D_U01, D_U02, D_U03, D_U05, D_U06, D_K01, D_K04, D_K05, D_K08	zimowy
13.	Programy Keysight Vee oraz Lab View w sterowaniu i obróbce danych	20	2	D_W02, D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_U04, D_K05, D_K08	zimowy
14.	Projektowanie procesów technologicznych dla metod przyrostowych typu Direct Deposition	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_U WAT02, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K04, D_K05	zimowy
15.	Spektroskopia dielektryczna	20	2	D_W02, D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_U01, D_U05, D_U10, D_U11, D_K01, D_K03, D_K05	letni
16.	Strukturalne uwarunkowania właściwości materiałów	20	2	D_W01, D_W03-06, D_UWAT02, D_U01 D_U04, D_U05, D_U07, D_U10, D_U11, D_K03-05, D_K09	zimowy
17.	Współczesne metody charakteryzacji materiałów	20	2	D_UWAT01, D_UWAT02, D_U01, D_U02, D_U03, D_U04, D_U05, D_U07, D_K01, D_K02, D_K03, D_K05, D_K06	zimowy
18.	Współczesne systemy zobrazowania informacji i kierunki ich rozwoju	20	2	D_W01, D_W06, D_U01, D_U02, D_U05, D_K03, D_K04	zimowy

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
19.	Wysokoenergetyczne mielenie kulowe i mechaniczna synteza	20	2	D_W01, D_W01, D_U05, D_K03	zimowy
20.	Zaawansowane materiały do magazynowania wodoru	20	2	D_W01, D_W03, D_U01, D_K04	letni
21.	Podstawy plazmoniki i metamateriałów	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_U01, D_U04, D_U07, D_K03, D_K05, D_K05, D_K09	zimowy
22.	Optoelektroniczne techniki obrazowania i przetwarzania informacji	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_U01, D_U04, D_U07, D_K03, D_K05, D_K05, D_K09	zimowy
23.	Wybrane materiały i struktury funkcjonalne dla zastosowań fotonicznych	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_U01, D_U04, D_U07, D_K03, D_K05, D_K05, D_K09	letni
24.	Komputerowa analiza obrazu w inżynierii materiałowej	20	2	D_UWAT01, D_UWAT02, D_U01, D_U02, D_U03, D_U04, D_U05, D_U07, D_K01, D_K02, D_K03, D_K05, D_K06	letni
25.	Wytwarzanie przyrostowe materiałów funkcjonalnych	20	2	D_WWAT01, D_W02, D_W03, D_W04, D_UWAT01, D_UWAT02, D_U03, D_U05, D_U09, D_K01, D_K05, D_K08	zimowy
26.	Metody wzmacniania emisji światła z nanostruktur półprzewodników szerokopasmowych	20	2	D_W01, D_W03, D_UWAT02, D_U04, D_U05, D_U07, D_U10, D_K01, D_K03, D_K04, D_K09	zimowy
27.	Elektrochemiczna synteza powłok antyrefleksyjnych, super-hydrofobowych oraz kryształów fotonicznych	20	2	D_W01, D_W03, D_UWAT02, D_U04, D_U05, D_U10, D_K03, D_K04, D_K05, D_K09	zimowy
28.	Modelowanie przyrządów półprzewodnikowych.	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U02, D_U03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
29.	Stopy o wysokiej entropii – synteza, struktura, badania i właściwości	20	2	D_W01, D_W01, D_U05, D_K03	zimowy
30.	Wytwarzanie przyrostowe stopów na osnowie fazy międzymetalicznych	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K04, D_K05	zimowy
31.	Kombinatoryjne wytwarzanie i badania materiałów inżynierskich	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K04, D_K05	zimowy
32.	Reaktywne mechaniczne mielenie jako metoda syntezy nowoczesnych materiałów do magazynowania wodoru w fazie stałej.	20	2	D_W01, D_W01, D_U05, D_K03	zimowy
33.	Techniki przyrostowe z elementami inżynierii odwrotnej	20	2	D_W02, D_W04, D_UWAT02, D_U03, D_U07, D_K03, D_K05	zimowy
34.	Przegląd technik przyrostowych wykorzystywanych we współczesnej technice	20	2	D_W01, D_W03, D_UWAT02, D_U10, D_K03	zimowy
35.	Wybrane zagadnienia z druku 3D	20	2	D_W01, D_UWAT02, D_U01, D_U08, D_K04, D_K05	zimowy
36.	Warsztat pracy badacza 1 – narzędzia do pisania tekstów naukowych	20	2	D_W04, D_U01, D_U05, D_U12, D_K01, D_K03	zimowy
37.	Warsztat pracy badacza 2 – pisanie artykułów naukowych	20	2	D_W04, D_U01, D_U05, D_U12, D_K01, D_K03	zimowy
38.	Warsztat pracy badacza 3 – pisanie artykułów naukowych	20	2	D_W04, D_U01, D_U05, D_U12, D_K01, D_K03	zimowy
39.	Mechanika kwantowa w przykładach	20	2	D_W02, D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_U01, D_U05, D_U10, D_U11, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy

Przedmioty fakultatywne**Dyscyplina naukowa: inżynieria mechaniczna**

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
1.	Analizy numeryczne w konstrukcjach nośnych	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
2.	Autonomia robotów mobilnych	30	3	D_U04, D_W03, D_K01	zimowy
3.	Badania nieniszczące statków powietrznych	30	3	D_W02; D_W05; D_U01; D_K05	zimowy
4.	Biomechanika ruchu ciała człowieka podczas wypadku drogowego	20	2	D_W03, D_W05, D_U02 D_U05, D_K04	letni
5.	Budowa i eksploatacja robotów przemysłowych	30	3	D_W01, D_W02, D_U04 D_U06, D_K01, D_K03	zimowy
6.	Cyfrowe przetwarzanie sygnałów	30	3	D_W01, D_W02, D_U04 D_U06, D_K01, D_K03	zimowy
7.	Dynamika konstrukcji układów mechatronicznych	30	3	D_W03, D_W05, D_U02, D_U05, D_K04	letni
8.	Dynamika ruchu samochodu	30	3	D_W03, D_W05, D_U02, D_U05, D_K04	letni
9.	Dynamika i modelowanie układów hydrostatycznych	30	3	D_U04, D_W04, D_K01	zimowy
10.	Dynamika układów wieloczołowych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
11.	Impulsowe obciążenia pojazdów mechanicznych – wybrane zagadnienia	20	2	D_W04, D_U04, D_K09	zimowy
12.	Komputerowe wspomaganie eksploatacji maszyn	20	2	D_W02, D_U05, D_K05	letni
13.	Kształtowanie bezpiecznego nadwozia samochodu	20	2	D_W01, D_U04, D_K01, D_K05	letni
14.	Materiały kompozytowe w budowie i eksploatacji maszyn	30	3	D_W01, D_W01, D_U04, D_K01, D_K05	letni
15.	Metoda elementów skończonych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
16.	Metody analizy wyników badań numeryczno – eksperymentalnych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
17.	Metody badania stanu maszyn	30	3	D_W03, D_U05, D_K01, D_K03	zimowy
18.	Metody eksperymentalne badania właściwości termofizycznych ciał stałych	30	3	D_W03, D_W04, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03	letni
19.	Metody i techniki badań właściwości mechanicznych materiałów	30	3	D_W03, D_W04, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03	zimowy
20.	Metody numeryczne w zastosowaniach inżynierskich	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
21.	Metody numeryczne w inżynierii mechanicznej	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
22.	Metody projektowania i optymalizacji struktur lotniczych	30	3	D_W01, D_W03, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03	letni
23.	Modele konstytutywne materiałów w analizie MES	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
24.	Modelling of heat transfer processes	30	3	D_W01, D_W03, D_U01, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
25.	Modelowanie i symulacja zagadnień mechatroniki	30	3	D_W04, D_U04, D_K01	letni

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
26.	Modelowanie i symulacja nieliniowych zagadnień mechaniki	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
27.	Modelowanie parametryczne i optymalizacja konstrukcji z zastosowaniem MES	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
28.	Modelowanie przepływów	30	3	D_W01, D_W02, D_W04, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
29.	Modelowanie ruchu maszyn	20	2	D_U04, D_W04, D_K01	letni
30.	Modelowanie struktur kompozytowych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
31.	Modelowanie zjawiska kontaktu w mechanice konstrukcji	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
32.	Modelowanie i badania procesów współpracy koła z jezdnią	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
33.	Modelowanie ruchu i sterowania samochodu	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
34.	Nowoczesne technologie spajania materiałów konstrukcyjnych	30	3	D_W01, D_W02, D_U05, D_K01, D_K05	letni
35.	Nowoczesne systemy projektowania i wytwarzania CAD\CAM\Additive Manufacturing	20	2	D_U04, D_W03, D_K01	zimowy
36.	Odnawialne źródła energii	30	3	D_W06, D_U WAT02, D_K07	zimowy
37.	Oprogramowanie inżynierskie CAE	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
38.	Planowanie eksperymentu i optymalizacja obiektów mechanicznych	30	3	D_W04, D_U04, D_K05	zimowy
39.	Podstawy bezpieczeństwa ruchu drogowego	20	2	D_W03, D_W05, D_U02, D_U05, D_K04	zimowy
40.	Podstawy filtracji powietrza wlotowego do silników spalinowych w filtrach przegrodowych	30	3	D_W04, D_U WAT02, D_U07, D_K02, D_K03	letni
41.	Podstawy filtracji powietrza wlotowego do silników spalinowych w filtrach bezwładnościowych	30	3	D_W04, D_U WAT02, D_U07, D_K02, D_K03	zimowy
42.	Podstawy mechaniki ośrodków ciągłych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
43.	Środowisko LabVIEW w badaniach eksperymentalnych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_W04, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
44.	Procesy rozruchowe silników spalinowych	30	3	D_W04, D_U04, D_K01	letni
45.	Programowanie systemów sterowania bezzałogowych maszyn roboczych i robotów	30	3	D_U04, D_W03, D_K01	zimowy
46.	Sensory mechatroniczne	30	3	D_W03, D_W04, D_U06, D_K01, D_K04	zimowy
47.	Systemy monitorowania stanu technicznego	30	3	D_W02, D_W03, D_U02, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K05	letni
48.	Systemy eksploatacji statków powietrznych	30	3	D_W03; D_U01; D_K03	zimowy
49.	Systemy sterowania w budowie maszyn	30	3	D_U04, D_W03, D_K01	letni
50.	Technologie wytwarzania i obróbki materiałów kompozytowych	30	3	D_W01, D_W02, D_U04, D_K01, D_K05	letni
51.	Wybrane rozwiązania w zakresie techniki samochodowej i ruchu samochodu	20	2	D_W01, D_W03, D_U04, D_K01, D_K05	letni
52.	Teoria i organizacja eksploatacji maszyn	30	3	D_W04, D_U06, D_K03	zimowy
53.	Termomechanika materiałów i badania właściwości termofizycznych	30	3	D_W03, D_W04, D_U01, D_K03	zimowy

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
54.	Tribologia	30	3	D_W03, D_U04, D_K05	zimowy
55.	Trwałość struktur statków powietrznych	30	3	D_W02, D_W03, D_U02, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K05	letni
56.	Wprowadzenie do równań fizyki matematycznej	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U01, D_U04, D_K01, D_K03	letni
57.	Współczesne układy napędowe maszyn i pojazdów	30	3	D_W03, D_U04, D_K05	zimowy
58.	Współczesne metody badań silników spalinowych i pojazdów	30	3	D_W04; D_U01; D_U02; D_U03; D_U04; D_U05; D_UWAT01;	zimowy
59.	Wybrane metody i techniki pomiaru temperatury	30	3	D_W03, D_W04, D_U04, D_K05	letni
60.	Wybrane problemy techniki raketowej	30	3	D_W03, D_U04, D_K05	zimowy
61.	Wybrane zagadnienia oczyszczania gazów odlotowych z pojazdów silnikowych	30	3	D_W01; D_W02; D_W03; D_K03; D_K05; D_U010;	letni
62.	Wybrane zagadnienia symulacji procesów spalania i procesów roboczych silników spalinowych.	30	3	D_W01; D_W02; D_W03; D_U05; D_K01; D_K03; D_K05;	zimowy
63.	Wybrane zagadnienia współczesnego programowania - wstęp do nowoczesnych języków programowania.	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
64.	Wytrzymałość zmęczeniowa i mechanika pękania materiałów i konstrukcji	30	3	D_W01, D_U04, D_K01	letni
65.	Zaawansowane metody wytwarzania wyrobów z proszków spiekanych	30	3	D_W04, D_U04, D_K01	letni
66.	Zaawansowane działy balistyki, modelowanie i symulacja	30	3	D_W01, D_U04, D_K01	letni
67.	Zaawansowane działy matematyki	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
68.	Zaawansowane modelowanie w dynamice konstrukcji	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
69.	Zaawansowane systemy pomiarowe	30	3	D_W04, D_U04, D_K01	zimowy
70.	Zaawansowane metody badania materiałów	30	3	D_W01, D_W02, D_W04, D_U02, D_U04, D_U05, D_K01, D_K05	letni
71.	Zastosowanie mechaniki eksperymentalnej w badaniach naukowych 1	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_W04, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
72.	Zastosowanie mechaniki eksperymentalnej w badaniach naukowych 2	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_W04, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
73.	Zastosowanie metody elementów skończonych w analizie propagacji fal mechanicznych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05	letni
74.	Wybrane zagadnienia teorii drgań	20	2	D_W02, D_W03, D_U04, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
75.	Wybrane zagadnienia z akustoelektroniki	30	3	D_W02, D_W03, D_U04, D_K01, D_K03, D_K05	letni
76.	Metody numeryczne	30	3	D_W01, D_W03, D_U04, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
77.	Teoria pola elektromagnetycznego	30	3	D_W01, D_W03, D_U04, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy
78.	Mechanika kwantowa	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U04, D_K01, D_K03, D_K05	zimowy

Przedmioty fakultatywne

Dyscyplina naukowa: nauki chemiczne

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
1.	Analiza bojowych środków trujących	20	2	D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_K02, D_K03	zimowy
2.	Chemia i technologia materiałów ciekłokrystalicznych	20	2	D_W01, D_W03, D_U06, D_U02, D_K01	letni
3.	Chemia i technologia materiałów wysokoenergetycznych	20	2	D_W01, D_W03, D_U01, D_U04, D_K01, D_K02	letni
4.	Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01, D_K03	letni
5.	Fizyka i chemia materiałów węglowych	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_U01, D_K03, D_K05	letni
6.	Fizykochemiczne aspekty wybuchu	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_U04, D_U06, D_K01, D_K05	letni
7.	Historia chemii	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01	zimowy
8.	Metody jonizacyjne w analityce	20	2	D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_K01	zimowy
9.	Metody przygotowania próbek do analizy	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01	letni
10.	Metody spektroskopowe	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01	zimowy
11.	Nowoczesne materiały nanoporowate	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U01, D_K01, D_K03	zimowy
12.	Nowoczesne metody syntezy funkcjonalnych związków organicznych	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U02, D_K01	letni
13.	Przetwarzanie sygnału w chemii analitycznej	20	2	D_W03, D_W04, D_U05, D_K03	letni
14.	Synteza ciekłych kryształów	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U02, D_K01	zimowy
15.	Wprowadzenie do spektroskopii	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01	letni
16.	Współczesna chemia analityczna	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01	zimowy
17.	Zaawansowana pirotechnika	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01	letni
18.	Zastosowanie chromatografii gazowej w badaniach fizykochemicznych	20	2	D_W01, D_W02, D_UWAT01, D_UWAT02, D_K01, D_K03	letni
19.	Chemia polimerów	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01	letni
20.	Modelowanie i symulacyjne programy komputerowe w chemii	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_W04, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03, D_K04	zimowy

Przedmioty fakultatywne**Dyscyplina naukowa: nauki o bezpieczeństwie**

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
1.	Badania społeczne w naukach o bezpieczeństwie	40	4	D_W WAT01; D_W01; D_W06; D_UO3; D_K03;	zimowy
2.	Metody statystyczne w badaniach społecznych	40	4	D_W04; D_UO3; D_U04; D_KO1; D_K03;	letni
3.	Zarządzanie ryzykiem w bezpieczeństwie	30	3	D_W01; D_W03; D_UO3;	letni
4.	Zarządzanie projektami systemów bezpieczeństwa	30	3	D_W03; D_U04; D_K05;	letni
5.	Inżynieria systemów bezpieczeństwa	30	3	D_W03; D_W02; D_UO6; D_U10; D_K05;	zimowy
6.	Propedeauryka bezpieczeństwa	30	3	D_W02; D_W05; D_U01; D_K05;	zimowy
7.	Strategie i koncepcje zarządzania bezpieczeństwem państwa	30	3	D_W02; D_U04; D_K05;	zimowy
8.	Zarządzanie kryzysowe w administracji publicznej	30	3	D_W01; D_W03; D_UO3; D_U12;	letni
9.	Bezpieczeństwo powszechne	30	3	D_W02; D_W03; D_U01; D_K07;	letni
10.	Bezpieczeństwo wewnętrzne	30	3	D_W02; D_W03; D_K05; D_K07;	letni
11.	Analiza danych ankietowych	20	2	D_W04; D_U04; D_KO1;	zimowy
12.	Analizy wielowymiarowe	20	2	D_W04; D_U04; D_U05; D_KO1; D_K03; D_K04;	zimowy
13.	Procedury badań ewaluacyjnych	20	2	D_W04; D_U04; D_U05; D_KO1; D_K03	letni
14.	Logika i teoria argumentacji	20	2	D_W04; D_U01; D_U04; D_U05; D_KO1; D_K03; D_K04;	zimowy
15.	Prognozowanie i symulacje w bezpieczeństwie	20	2	D_W03; D_W04; D_U WAT01; D_U05; D_U13; D_K03; D_K04; D_K05;	letni
16.	Nowoczesne technologie w bezpieczeństwie	20	2	D_W01; D_W02; D_U WAT01; D_UO6; D_K03;	letni
17.	Filozofia nauk o bezpieczeństwie	20	2	D_W02; D_W03; D_U01; D_U05; D_KO1; D_K03;	zimowy
18.	Współczesny terroryzm	20	2	D_W03; D_W06; D_U05; D_U08; D_U09; D_KO1; D_K06;	zimowy
19.	Morale i kultura bezpieczeństwa w relacjach narodowych i międzynarodowych	20	2	D_U WAT01; D_U WAT02; D_U05; D_U13; D_K03; D_K04; D_K05;	letni
20.	Historia bezpieczeństwa	20	2	D_W02; D_W03; D_U WAT02; D_U05; D_K03; D_K09;	zimowy
21.	Komunikacja strategiczna	20	2	D_W01; D_W03; D_UO6; D_U10; D_KO1; D_K05	letni
22.	Polityczny sektor bezpieczeństwa	20	2	D_W02; D_W03; D_UO8; D_U12; D_K02;	zimowy

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się	semestr realizacji w roku akademickim
23.	Kształtowanie bezpieczeństwa militarnego w XXI wieku	20	2	D_W04; D_U WAT01; D_U WAT02; D_U05; D_U13; D_K03; D_K04; D_K05;	zimowy
24.	Bezpieczeństwo informacyjne	20	2	D_W06; D_U01; D_K05;	zimowy
25.	Ekonomiczny wymiar bezpieczeństwa	20	2	D_W03; D_U WAT02; D_U05; D_K03; D_K04; D_K05;	zimowy
26.	Bezpieczeństwo energetyczne w obliczu transformacji społeczno-gospodarczej	20	2	D_W04; D_U WAT01; D_U WAT02; D_U05; D_U13; D_K03; D_K04; D_K05;	letni
27.	Społeczne uwarunkowania bezpieczeństwa współczesnych państw	20	2	D_W03; D_W06; D_U04; D_U05; D_K05; D_K07;	zimowy
28.	Zwalczanie i zapobieganie korupcji	20	2	D_W01; D_W06; D_U01; D_U02; D_U12; D_K07; D_K02;	letni
29.	Operacyjne metody zwalczania poważnej przestępczości kryminalnej	20	2	D_W01; D_W03; D_U01; D_U02; D_K07;	letni
30.	Bezpieczeństwo ekologiczne w skali globalnej regionalnej i krajowej	20	2	D_W03; D_W04; D_U WAT01; D_U WAT02; D_U05; D_1.113; D_K03; D_K04; D_K05;	zimowy
31.	Kulturowe czynniki bezpieczeństwa	20	2	D_W03; D_W06; D_U04; D_U07; D_U10; D_K04; D_K05;	letni

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych
Dyscyplina naukowa: automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Administrowanie sieciami komputerowymi	Relacje człowiek-maszyna. System socjo-techniczny. Komunikacja urządzeń sieciowych. Podstawy administrowania systemem Windows i Linux. Konfiguracja urządzeń sieciowych i multimedialnych usług w sieciach przewodowych (Ethernet) i radiowych (5G). Bezpieczeństwo, niezawodność i jakość sieci teleinformatycznych.
2.	Akustoelektronika	Techniczne zastosowania fal sprężystych. Fale sprężyste w ciałach stałych i ich rodzaje. Fale sprężyste w ośrodkach ograniczonych. Materiały ferroelektryczne. Piezoelektryczność. Elektrostrykcja. Wzbudzenie i detekcja akustycznych fal objętościowych. Filtry i rezonatory z akustyczną falą objętościową. Budowa i własności przetworników międzypalczastych. Filtry i linie dyspersyjne z akustyczną falą powierzchniową. Akustyczne konwoluty i procesory Fouriera. Akustoelektroniczne sensory wielkości mechanicznych. Aktywatory akustoelektroniczne. Układy zdalnej identyfikacji. Podstawy syntezy układów z akustyczną falą powierzchniową. Dopasowanie układów akustoelektronicznych do obwodów zewnętrznych
3.	Analiza danych eksperymentalnych wspomagana komputerowo	Wybrane zagadnienia z zakresu potwierdzającej i eksploracyjnej analizy danych obejmujące estymację parametrów różnych modeli danych, zagadnienia graficznej reprezentacji danych jedno- i wielowymiarowych, przetwarzanie wielowymiarowych wyników eksperymentu za pomocą transformacji liniowych, zagadnienia dyskryminacji obejmujące metody klasyfikacji minimalnoodległościowej, najbliższego sąsiedztwa, k-średnich i grupowania hierarchicznego.
4.	Anteny inteligentne	Podstawowe właściwości anten inteligentnych. Budowa szyków antenowych. Stosowane rozwiązania do kształtowania charakterystyk anten inteligentnych. Przegląd algorytmów do stosowanych w antenach inteligentnych. Zasada pracy szyków adaptacyjnych, właściwości ich elementów składowych oraz konfiguracje, w jakich są stosowane w praktyce. Modele symulacyjne procesu adaptacji.
5.	Cyfrowe przetwarzanie obrazów	Cyfrowa reprezentacja obrazów. Transformacje intensywnościowe i filtracja przestrzenna. Przetwarzanie w dziedzinie częstości przestrzennych. Korekcja obrazów. Analiza falkowa. Morfologiczne przetwarzanie obrazów. Segmentacja obrazów.
6.	Detektory promieniowania optycznego	Podstawy fizyczne detekcji promieniowania optycznego. Detektory termiczne: termopary, bolometry, detektory piroelektryczne, matryce detektorów termicznych. Detektory fotonowe: fotorezystory, fotodiody p-n, pin, APD, z barierą Schottky'ego, detektory UV, VIS, IR, detektory THz, fotopowielacze, płytki mikrokanalikowe MCP. Matryce CCD i CMOS. Matryce hybrydowe. Układy odczytu sygnału. Architektura układów odczytu do matryc CCD i CMOS. Układy detekcji bezpośredniej. Modele szumowe stopni wejściowych fotoodbiorników. Detektory z supersieci II rodzaju. Detektory QWIP. Detektory barierowe.
7.	Elektromaszynowe przetworniki energii i sygnałów	Układy elektromechaniczne o ruchu obrotowym - opis matematyczny. Uogólniona teoria elektromechanicznego przetwarzania energii w odniesieniu do formalizmu Eulera Lagrange'a. Funkcje stanu, funkcja koenergii magnetycznej i uogólnione siły zewnętrzne. Elementy dyssypatywne.
8.	Fizyka Laserów	Zasada nieoznaczoności Heisenberga, operatory i równania operatorowe, równanie Schrodingera. Oscylator harmoniczny, kwantowanie pola elektromagnetycznego. Promieniowanie ciała doskonale czarnego. Oddziaływanie promieniowania z ośrodkiem: prawdopodobieństwa przejść wymuszonych, forma linii widmowej. Ośrodek laserowy, układy trzy i czteropoziomowe i quasi trzypoziomowe, równania materiałowe lasera. Efekt nasycenia wzmocnienia, warunek generacji stacjonarnej lasera. Moc wyjściowa lasera. Rezonatory laserowe. Parametry wiązki laserowej. Rodzaje generacji niestacjonarnej laserów. Struktura poziomów energetycznych jonów czynnych w ośrodkach stałych, poziomy jonów pierwiastków ziem rzadkich, jonów metali grupy przejściowej.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
9.	Fizyka ośrodków laserowych	Oddziaływanie pola elektromagnetycznego z ośrodkiem (opis kwantowy). Działanie harmonicznego zaburzenia na obiekt kwantowy. Elektronowe poziomy energetyczne swobodnych jonów. Termy i multiplety jonów pierwiastków ziem rzadkich i pierwiastków metali grupy przejściowej. Elementy teorii grup i ich reprezentacji macierzowych. Rozszczepienie poziomów energetycznych jonów w polu krystalicznym. Oddziaływanie elektron – fonon. Poziomy energetyczne jonów metali grupy przejściowej. Zjawiska transferu energii między jonami w ośrodkach aktywnych.
10.	Fotowoltaika	Ilościowa i jakościowa charakterystyka energii słonecznej. Teoria półprzewodników w aspekcie fotowoltaiki. Struktury współczesnych ogniw fotowoltaicznych. Technologia produkcji ogniw, modułów i paneli fotowoltaicznych. Moduły fotowoltaiczne. Instalacje fotowoltaiczne.
11.	Generacja promieniowania supercontinuum	Idea procesu generacji supercontinuum (SC). Charakterystyka zjawisk nieliniowych trzeciego rzędu (samomodulacja fazy, skrośna modulacja fazy, samoogniskowanie, mieszanie czterofalowe, wymuszone rozpraszanie Ramana). Ogólna charakterystyka pomp optycznych używanych do generacji SC, charakterystyka ośrodków nieliniowych używanych do generacji SC w zakresie widzialnym, bliskiej i średniej podczerwieni. Budowa i właściwości światłowodów o skokowej zmianie współczynnika załamania oraz światłowodów o strukturze kryształów fotonicznych. Dyspersja i metody kształtowania charakterystyki dyspersyjnej. Nieliniowe równanie Schrödingera. Opis dynamiki generacji promieniowania SC przy użyciu impulsów o czasie trwania fs. Opis dynamiki generacji promieniowania SC przy użyciu impulsów o czasie trwania ps, ns oraz przy użyciu wiązek ciągłych. Solitony. Rozwiązania konstrukcyjne źródeł promieniowania supercontinuum o dużej wyjściowej mocy średniej. Zastosowania źródeł supercontinuum.
12.	Inżynieria informacji obrazowej	Systemy widzenia maszynowego, analiza szybkozmiennych zjawisk i procesów, interpretacja sceny 2D i 3D, rozpoznawanie i identyfikacja obiektów. Fuzja obrazów i danych w systemach informacyjnych: analizy i fuzje obrazów w pasmach spektralnych UV, VIS, NIR, IR, THz, analizy materiału obrazowego na podstawie metadanych. Technika obrazowa w systemach wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości: technika obrazowa w Virtual Reality (synteza modeli 3D, przechwytywanie ruchu obiektów), Mixed Reality-kluczowe komponenty systemowe, rozwiązania aplikacyjne.
13.	Kodowanie i rozpoznawanie transmisji radiowych	Zabezpieczenie transmisji danych przed błędami w systemie SERIAL TONE (MIL-STD-188-110A) pracującym w zakresie krótkofalowym. Zabezpieczenie transmisji danych przed błędami podczas automatycznego zestawiania połączenia ALE (Automatic Link Establishment) w kanale krótkofalowym. Analiza wybranych radiowych protokołów komunikacyjnych oraz odpowiadające im algorytmy kodowania binarnych sekwencji informacyjnych. Algorytmy generacji błędów transmisyjnych dla ciągów binarnych odpowiadających wybranym radiowym protokołom komunikacyjnym. Określenie cech dystynktywnych umożliwiających automatyczne rozpoznanie protokołów transmisyjnych. Algorytm rozpoznawania wybranych protokołów transmisyjnych. Algorytm rozpoznawania kodów blokowych i splotowych.
14.	Krystalografia	Krystalografia geometryczna. Sieć prosta i odwrotna. Transformacje w krystalografii. Symetria w krystalografii. Operacje i elementy symetrii. Macierzowe reprezentacje operacji symetrii. Definicja grupy symetrii. Charakterystyka punktowych i przestrzennych grup symetrii. Symbolika Hermanna-Mauguina i Schoenfliesa. Klasyfikacja i charakterystyka struktur kryształów. Defekty w kryształach. Podstawy dyfrakcyjnych metod badania struktury kryształów. Wygaszenia systematyczne. Problem fazowy i sposoby jego rozwiązywania. Podstawowe metody dyfrakcyjnych badań struktury kryształów. Badania defektów struktury krystalicznej i mikrostruktury polikryształów. Dyfrakcja w języku transformat Fouriera. Tensorowy opis anizotropowych właściwości fizycznych kryształów.
15.	Laserowa spektroskopia absorpcyjna w sensorach gazów	Metody detekcji gazów i definiowanie parametrów sensorów gazów. Laserowa spektroskopia absorpcyjna. Widma optyczne cząsteczek gazu. Podstawy działania optoelektronicznych sensorów gazów. Metody poprawy granicy wykrywalności. Pomiary stężeń w próbkach mieszanin gazowych za pomocą sensorów optoelektronicznych.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
16.	Laserowo-plazmowe źródła promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu (EUV)	Metody wytwarzania promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu (EUV), podstawy fizyki plazmy wytwarzanej laserem oraz optyki rentgenowskiej i EUV, zasady działania i budowy laserowo-plazmowych źródeł promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu (EUV), przykłady zastosowania tych źródeł w nauce i nowoczesnej technologii.
17.	Lasery do zastosowań medycznych	Opis właściwości optycznych występujących w ośrodkach biologicznych. Zjawiska fizyczne i ich zastosowanie w terapii i diagnostyce optycznej. Wybrane metody formowania rozkładów promieniowania w laserowych układach do aplikacji medycznych. Układy laserowe do biostymulacji, wybrane optyczne układy diagnostyczne, zestawy terapeutyczne – planowane efekty oddziaływania wiązki laserowej z tkankami i wybrane metody realizacji. Aplikacje medyczne źródeł o piko- i femto-sekundowych czasach trwania impulsów. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych zestawów z laserami do zastosowań medycznych oraz uzyskiwane efekty terapeutyczne i diagnostyczne.
18.	Lasery piko- i femtosekundowe	Charakterystyka superkrótkich impulsów laserowych i ich propagacja. Optyka femtosekundowa, dyspersja i jej kompensacja. Wybrane problemy oddziaływania superkrótkich impulsów z materią. Synchronizacja modów jako metoda generacji impulsów ps i fs, opis w dziedzinie czasu i częstotliwości. Aktywna i pasywna synchronizacja modów, realizacje pasywnej synchronizacji modów. Współczesne rozwiązania laserów fs. W kierunku atto-sekund.
19.	Lasery włóknowe	Włókna optyczne, wybrane geometrie, zagadnienie własne dla włókna, propagacja promieniowania E-M we włóknach optycznych. Włókna dwupłaszczyznowe a włókna fotoniczne. Rozwiązania konstrukcyjne układów pompowania laserów i wzmacniaczy włóknowych. Stosowane półprzewodnikowe lasery pompujące. Rezonatory laserów włóknowych – budowa i właściwości. Wybrane metody kształtowania spektrum promieniowania – ośrodki ko domieszkowane. Struktura poziomów energetycznych jonów czynnych w ośrodkach stałych, poziomy jonów pierwiastków ziem rzadkich, jonów metali grupy przejściowej - wybrane zagadnienia.
20.	Matematyczne modele pola elektromagnetycznego	Analityczne i numeryczne metody obliczeniowe pola elektromagnetycznego. Zależności różniczkowe. Dystrybucja. Funkcje ortogonalne w łączności bezprzewodowej (LTE i 5G) oraz radiolokacji. Propagacja fali w materiałach i metamateriałach. Uprozczone analityczne modele obliczania pola promieniowania. Techniki obliczeń z wykorzystaniem potencjałów. Analiza pola promieniowania. Pole elementarnego dipola Hertza. Morfologia pola elektromagnetycznego. Matematyczno – fizyczne uwarunkowania kryterium strefy dalekiej. Numeryczny elektromagnetyzm obliczeniowy - metody różnicowe.
21.	Metoda elementów skończonych	Podstawy matematyczne MES. Generacja siatek 2D i 3D. Zasady implementacji. Biblioteki wspomagające programowanie MES. Komercyjne narzędzia symulacyjne.
22.	Metody analizy i pomiarów sygnałów losowych	Uogólniona struktura procedur analizy sygnałów losowych. Metody estymacji parametrycznej i nieparametrycznej sygnałów. Warunki realizacji pomiarów minimalizujące błędy estymacji parametrów i charakterystyk. Testy stacjonarności okresowości i normalności. Ocena stopnia skorelowania sygnałów. Metody analizy korelacji i widma wzajemnego sygnałów. Estymacja transmitancji kanału transmisyjnego.
23.	Metody i narzędzia eksploracji danych	Podstawowe pojęcia „data mining”, Metody i algorytmy optymalizacji stosowane w eksploracji danych. Metody regresji liniowej i logistycznej. Klasyfikatory Bayes’a. Drzewa decyzyjne. Sztuczne sieci neuronowe MLP i RBF. Zdolności generalizacyjne sieci neuronowych. Sieć wektorów podtrzymujących SVM i jej zastosowania w eksploracji danych. Zespoły klasyfikatorów i predyktorów. Metody oceny jakości klasyfikatorów i predyktorów. Głębokie sieci neuronowe i metody ich uczenia (deep learning) Transformacje i metody redukcji wymiaru danych. Wybrane metody generacji i selekcji cech diagnostycznych. Metody ostre i rozmyte grupowania danych. Wizualizacja danych wielowymiarowych Przykłady zastosowań metod eksploracji danych.
24.	Metody syntezy logicznej	Zadania syntezy logicznej. Synteza dwu- i wielopoziomowa. Algorytmy metody ESPRESSO. Wybrane procedury programów SIS i Demain. Zasady minimalizacji wielowartościowej i symbolicznej. Dekompozycja funkcjonalna układów kombinacyjnych i jej modele. Dekompozycja układów sekwencyjnych: układy z modyfikacją adresów pamięci ROM i układy z modyfikacją zawartości pamięci

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		ROM. Wykorzystanie uniwersyteckich narzędzi projektowych do zwiększania efektywności systemów firmowych. Omawiane na wykładach zagadnienia zostaną przećwiczone praktycznie w ramach ćwiczeń rachunkowych i laboratoryjnych, a zasadniczym efektem kształcenia, będzie nabycie umiejętności świadomego stosowania metod syntezy logicznej w projektach urządzeń cyfrowych.
25.	Minimalizacja elektromagnetycznej podatności infiltracyjnej urządzeń informatycznych	Zaburzenia elektromagnetyczne jako emisja ujawniająca. Pomiar poziomu emisji zaburzeń elektromagnetycznych. Niepewność pomiaru poziomu emisji zaburzeń elektromagnetycznych. Ocena jakości wyników pomiarów poziomu emisji zaburzeń. Zabezpieczenia urządzeń informatycznych przed elektromagnetycznym przenikaniem informacji w formie ekranowania oraz filtracji. Czynniki mające wpływ na wymaganą skuteczność ekranowania oraz tłumienność wtrąceniową filtrów zasilania. Metodyki pomiaru parametrów wpływających na poziom bezpieczeństwa elektromagnetycznego (skuteczność ekranowania, tłumienność wtrąceniowa filtrów zasilania oraz filtrów sygnałowych, straty absorpcyjne i rozpraszania materiałów). Przykładowe aplikacje zabezpieczeń urządzeń informatycznych przed elektromagnetycznym przenikaniem informacji.
26.	Nieliniowa konwersja promieniowania laserowego	Elementy krystalografii i optyki kryształów. Własności kryształów jedno- i dwuosiowych (KDP, LiNbO ₃ , KTP, BBO, LBO itp.). Fala elektromagnetyczna w kryształach. Mieszanie częstotliwości w ujęciu trójfalowym. Dopasowanie fazowe, synchronizm skalarny i wektorowy. Generacja II harmonicznej światła oraz częstotliwości sumacyjnych i różnicowych w kryształach jedno- i dwuosiowych. Parametryczne generatory i wzmacniacze światła, sposoby przestrajania. Próg generacji i sprawność konwersji. Quasi-dopasowanie fazowe. Kryształy nieliniowe o periodycznej strukturze domenowej. Budowa i zastosowanie układów Optical Parametric Chirped Pulse Amplification
27.	Obliczenia naukowe i inżynierskie	Przegląd podstawowych metod numerycznych w kontekście implementacji. Narzędzia do obliczeń inżynierskich. Programowanie równoległe. Przetwarzanie i prezentacja wyników obliczeń.
28.	Optoelektronika w systemach bezpieczeństwa	Propagacja promieniowania optycznego w atmosferze, reflektancja, bezpieczeństwo wzroku. Dalmierz laserowy, podstawy działania, schemat blokowy, równanie zasięgu Poprawa stosunku sygnał szum, pomiar czasu, prawdopodobieństwo detekcji oraz prawdopodobieństwo fałszywego alarmu. Omówienie zasady działania lidarów: rozproszeniowy, DIAL, fluorescencyjny, ramanowski, dopplerowski. Czujka płomienia, skaner laserowy.
29.	Optyka światła spójnego	Preliminaria z procesów stochastycznych. Statystyki 1. rzędu światła termicznego i laserowego. Promieniowanie częściowo spolaryzowane, macierz spójności, stopień polaryzacji. Statystyki 2. rzędu, funkcja spójności czasowo-przestrzennej. Propagacja funkcji spójności czasowo-przestrzennej, graniczne postaci funkcji czasowo-przestrzennej, tw Van Citterta – Zernike. Spójność czasowa promieniowa, pomiar drogi spójności w interferometrze Michelsona, Spójność przestrzenna promieniowania, pomiar promienia spójności w interferometrze Younga. Pomiary parametrów spójności promieniowania.
30.	Plazma w nauce i technologii	Wprowadzenie do fizyki plazmy, pojęcia podstawowe. Ruchy cząstek naładowanych w polu elektrycznym i magnetycznym. Plazma w ujęciu mechaniki płynów. Procesy atomowe w plazmie. Utrzymanie magnetyczne oraz inercyjne plazmy. Diagnostyka plazmy. Zastosowania plazmy w technologii.
31.	Podstawy teledetekcji	Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego (od mikrofal do promieniowania kosmicznego) oraz promieniowania korpuskularnego i pól akustycznych z materią. Podstawy fizyczne metod spektroskopowych – absorpcja, rozpraszanie, emisja promieniowania. Formy energii atomu i cząsteczki. Jądrowy rezonans magnetyczny NMR (radiospektroskopia). Elektronowy rezonans paramagnetyczny EPR (spektroskopia mikrofalowa). Widma rotacyjne i oscylacyjne (spektroskopia w podczerwieni). Widma elektronowe (spektroskopia VIS-UV). Aktywne i pasywne metody detekcji promieniowania elektromagnetycznego oraz rejestracji i analizy obrazu. Rozdzielczość przestrzenna, czasowa, radiometryczna i spektralna. Teledetekcja multispektralna. Systemy laserowej teledetekcji. Zastosowanie metod spektroskopii laserowej w systemach lidarowych. Metody spektroskopowe w analizie skażeń i zanieczyszczeń środowiska. Sensory do systemów bezpieczeństwa i do zastosowań militarnych.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
32.	Podstawy wiedzy o wirusach i innych patogenach dla inżynierów	Prezentacja wybranych zagadnień mikrobiologii, epidemiologii i zdrowia publicznego w świetle najnowszych odkryć nauki. Wykorzystanie osiągnięć bioinformatyki do opisu świata drobnoustrojów. Omówienie współczesnych zagrożeń dla zdrowia człowieka i zwierząt, podstawowych grup patogenów oraz sposobów zapobiegania zakażeniom i zarażeniom. Choroby odzwierzęce. Inżynieria genów i genomów, biotechnologia, zagrożenia dla ekosystemów. Koncepcja Jednego Zdrowia (ang. One Health). Podstawy immunoprofilaktyki i higieny. Patogeny szczególnie niebezpieczne w stanach wojny i klęsk żywiołowych.
33.	Pomiary podstawowych parametrów promieniowania laserowego	Metody pomiarowe widma promieniowania, mocy i energii promieniowania, czasu trwania impulsu i częstotliwości powtarzania impulsów, kąta rozbieżności wiązki promieniowania. Zapoznanie z podstawowymi zagadnieniami dotyczącymi bezpieczeństwa laserowego
34.	Projektowanie systemów bezpieczeństwa	Strategia ochrony i zasady tworzenia zabezpieczeń technicznych. Zasady normatywne i zbiór dobrych praktyk branżowych. Zakres możliwych do zastosowania środków ochrony technicznej. Specyfika urządzeń ochrony przeznaczonych do zastosowań zewnętrznych i wewnętrznych. Ogólny przegląd stosowanych rozwiązań. Charakterystyka zbioru urządzeń ochrony do zastosowań wewnątrzobektowych i zewnętrznych. Warunki pracy i ograniczeń z tego tytułu. Struktura projektu technicznego wykonawczego. Zakres projektu technicznego wykonawczego w branży zabezpieczeń. Charakterystyka analizy zagrożeń i koncepcji projektu technicznego. Zasady projektu wykonawczego i kosztorysowania. Studium projektowe w zakresie projektu technicznego wykonawczego. Wymagane zasoby określające podstawy realizacji projektu. Analiza zagrożeń. Koncepcja ochrony technicznej systemu bezpieczeństwa. Zasady przeprowadzenia analizy zagrożeń dla przykładowych obiektów. Charakterystyka liczbowego określenia skali zagrożenia obiektu. Zasady opisu terenu obiektu. Scenariusze ataków i weryfikacja możliwości technicznego zabezpieczenia technicznego im przeciwdziałającym. Opis techniczny projektu wykonawczego. Charakterystyka zasad projektowania systemów alarmowych. Sposoby opisu i graficznej reprezentacji projektu technicznego. Sposób organizacji dokumentacji. Przykładowe projekty techniczne wykonawcze obiektów infrastruktury krytycznej. Dokumenty związane z technicznym projektem wykonawczym. Zasad opracowania kosztorysu inwestorskiego i „ślepego”. Potrzeby zestawienia katalogów technicznych oraz kart technicznych urządzeń.
35.	Scalone układy programowalne i specjalizowane	Technologia i sposoby projektowania scalonych układów cyfrowych specjalizowanych (ASIC) oraz programowalnych (FPGA). Zasady projektowania topografii układów cyfrowych, sposoby rozprowadzania zasilania i dystrybucji sygnałów zegarowych, buforów I/O, bloki IP oraz narzędzia projektowe.
36.	Sensory akustyczne	Cechy i parametry współczesnych czujników akustycznych. Konstrukcje mechaniczne. Czujniki piezorezystancyjne. Przetworniki magnetoelektryczne i elektromagnetyczne. Przetworniki pojemnościowe. Przetworniki akustooptyczne. Przetworniki magnetostrykcyjne. Przetworniki piezoelektryczne. Układy z akustycznymi falami powierzchniowymi.
37.	Sensory mikrofalowe w radiolokacji	Sensory mikrofalowe w radiolokacji. Szerokopasmowe sensory mikrofalowe z sygnałami szumowymi. Sensory w diagnostyce medycznej. Sensory antykolizyjne.
38.	Sieci radia inteligentnego	Koncepcja sieci radia inteligentnego. Architektury CR. Semantyczny kontekst CR. Problemy nauczania w systemie CR. Dynamiczne zarządzanie widmem. Problemy odbioru w CR. Sieci ad-hoc CR, kolaboracyjne MIMO. Standardy dla sieci CR. Problemy bezpieczeństwa w CR. Aktualne programy badawcze w obszarze CR.
39.	Spektroskopia optyczna w zastosowaniach biomedycznych	Prawa absorpcji, rozpraszania i emisji. Stany wzbudzone cząsteczek. Orbitale. Zjawiska fotofizyczne i fotochemiczne. Schemat Jabłońskiego. Aparatura spektroskopowa- źródła światła, detektory, monochromatory, metodyki. Biomateriały i badane obiekty w inżynierii biomedycznej. Spektroskopia fourierowska i fotoakustyczna. Spektroskopia cząsteczkowa (UV-VIS, fluorescencja, Ramana, FTIR). Spektroskopia atomowa (ICP, ASA, fotometria płomieniowa). Spektroskopie w innych zakresach promieniowania (NMR, EPR, mikrofa, X)
40.	Systemy cyfrowe w urządzeniach optoelektronicznych	Architektura systemu cyfrowego. Zasady projektowania systemu cyfrowego. Podstawy sterowania i cyfrowego przetwarzania sygnałów. Projektowanie modułów cyfrowych do sterowania i przetwarzania sygnałów. Projektowanie

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		systemów mikroprocesorowych. Projektowanie systemów wbudowanych. Wymiana informacji pomiędzy modułami systemu cyfrowego oraz z systemami zewnętrznymi
41.	Systemy kontrolno-pomiarowe w laboratorium badawczym	Układy kondycjonowania sygnałów. Systemy kontrolno-pomiarowe. Sygnały pomiarowe i ich przetwarzanie. Przyrządy i platformy pomiarowe. Interfejsy systemów pomiarowych. Zautomatyzowane systemy kontrolno-pomiarowe w praktyce.
42.	Technika światłowodowa	Światłowody i elementy optyki. Badania światłowodów i elementów optyki. Lasery i nadajniki optyczne. Fotodetektory i odbiorniki optyczne. Modulatory sygnałów optycznych. Wzmacniacze sygnałów optycznych. Cyfrowe łącza optyczne. Pomiary charakterystyk i parametrów łącz światłowodowych. Multipleksacja i demultipleksacja. Transmisja koherentna. Badania charakterystyk interferometrów światłowodowych. Optyczne łącza analogowe. Systemy radiowo-światłowodowe. Łącza optyczne w wolnej przestrzeni.
43.	Technika terahercowa	Wprowadzenie do promieniowania THz. Źródła promieniowania THz – półprzewodnikowe i fotoniczne. Detektory promieniowania THz. Przełączniki fotoprzewodzące. Spektrometria w dziedzinie czasu. Obrazowanie i tomografia. Czujniki, falowody, metamateriały THz. Zastosowania THz.
44.	Technika ukrywania informacji (steganografia)	Glosarium techniki ukrywania danych. Przegląd zastosowań praktycznych aplikacji do ukrywania danych w multimedialach, sygnałe mowy, sygnałe radiowym oraz w protokołach sieciowych. Rozróżnienie podstawowych typów algorytmów: watermarking i steganografia. Klasyfikacja metod ukrywania danych. Podstawowe algorytmy osadzania i ekstrakcji danych oraz ich właściwości. Opracowanie założeń na projektowany system. Dobór metody osadzania i ekstrakcji skrytych danych. Modele percepcyjne dla Modelu Słuchowego i Wzrokowego Człowieka. Korekcja sygnału dodatkowego. Metody ewaluacji transparentności percepcyjnej. Metody ewaluacji odporności oraz podatności steganograficznej. Przykłady programowej i sprzętowej implementacji systemów ukrywania danych. Nowe metody ukrywania danych – przypadki i scenariusze działania.
45.	Techniques in Biomedical Engineering	Fundamental issues and research techniques in biology and biomedicine will be discussed, including the main points of bioengineering and biotechnology. Thus, the skills necessary to undertake interdisciplinary research in these areas of science will be developed. The principles of construction of essential research equipment will be presented, including measurements based on fluorescence excitation. The possibilities of bioinformatics analysis and international databases will be discussed. In addition, the principles of good laboratory practice and safe work in biomedical laboratories will be presented. Requirements for conducting reliable measurements and elaborating results in biomedical research and medical bioengineering will also be discussed.
46.	Teoria pola	Podstawowe pojęcia i równania teorii pola elektromagnetycznego. Równania Maxwella, Właściwości ośrodków i warunki brzegowe. Pola na granicy rozdziału ośrodków, Energia pola elektromagnetycznego. Rodzaje zjawisk elektromagnetycznych, Elektrostatyka i magneto statyka. Stacjonarne i kwazistacjonarne pola elektromagnetyczne, Równania Maxwella w postaci zespolonej dla przebiegów harmoniczných, Fale elektromagnetyczne. Równanie falowe dla obszaru bez źródeł, Jednorodna fala płaska. Parametry propagacyjne jednorodnej fali płaskiej, Rozchodzenie się jednorodnej fali płaskiej w bezstratnym dielektryku, Rozchodzenie się jednorodnej fali płaskiej w dielektrykach stratnych, Rozchodzenie się jednorodnej fali płaskiej w dobrym przewodniku, Struktura jednorodnej fali płaskiej, Odbicie i załamanie jednorodnej fali płaskiej na płaskiej granicy dwóch różnych ośrodków. Odbicie i załamanie jednorodnej fali płaskiej na granicy dwóch różnych dielektryków, Odbicie jednorodnej fali płaskiej rozchodzącej się w dielektryku od płaskiej powierzchni ośrodka przewodzącego Potencjały elektromagnetyczne i promieniowanie, Potencjały pól zmiennych, potencjały opóźnione. Potencjał wektorowy Hertza, Pole elementarne oscylatora, Pole elektromagnetyczne w małych odległościach od oscylatora, Pole elektromagnetyczne w dużych odległościach od oscylatora elementarnego, Faza fali, typ fali, prędkość fazowa, Rozchodzenie się fal w układach równoległych przewodników i w falowodach, Poprzeczna fala elektromagnetyczna TEM, Poprzeczna fala magnetyczna TM w falowodzie o przekroju prostokątnym, Poprzeczna fala elektryczna TE w falowodzie o przekroju prostokątnym, Rodzaj podstawowy, Prostopadłościenny rezonator wnękowy

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
47.	Termowizja i technika podczerwieni	Metody korekcji niejednorodności charakterystyk detektorów matrycowych w urządzeniach termowizyjnych. Kalibracja radiometryczna kamery termowizyjnej i jej wpływ na dokładność zdalnego pomiaru temperatury i mocy promieniowania. Termowizyjne metody rozpoznawania substancji chemicznych i minerałów na podstawie analizy emisyjności spektralnej. Systemy multi i hiperspektralne w podczerwieni. Termowizja aktywna, możliwości pomiarowe i perspektywy jej zastosowania. Polarymetria obrazowa w podczerwieni.
48.	Układy detekcji promieniowania optycznego	Układy przetwarzania sygnałów do detektorów i matryc. Detekcja fazoczuła (Lock-In). Układy detekcji z synchronicznym całkowaniem sygnału. Układy detekcji z uśrednianiem sygnałów. Detekcja koherentna (heterodynowa, homodynowa). Zaawansowane metody przetwarzania sygnałów optycznych w praktyce.
49.	Wiązki laserowe	Modelowanie wiązek laserowych, Pomiarów parametrów wiązek laserowych. Projektowanie torów optycznych wiązek laserowych. Wybrane układy i systemy generacji wiązek laserowych, kształtowanie profili poprzecznych wiązek laserowych, Składanie wiązek laserowych, propagacja wiązek laserowych w atmosferze. Wybrane zastosowanie wiązek laserowych w nauce, technologii i technice wojskowej.
50.	Współczesne przetworniki pomiarowe wielkości fizycznych	Pojęcie przetwornika pomiarowego i ich klasyfikacje. Właściwości statyczne i dynamiczne przetworników. Tensometry rezystancyjne. Przetworniki pojemnościowe, piezoelektryczne, indukcyjne, magnetosprężyste, termoelektryczne i pehametryczne. Przetworniki konduktywności. Przepływomierze. Przetworniki światłowodowe, ich specyfika i klasyfikacje. Przetworniki optoelektroniczne i akustoelektroniczne. Przetworniki fotoakustyczne i fotoniczne. Przetworniki zintegrowane.
51.	Wybrane zagadnienia eksploatacji systemów antropotechnicznych	Interpretacja pojęcia diagnostyki eksploatacyjnej. Metody i sposoby diagnozowania. Model procesu eksploatacji w ujęciu bezpieczeństwa. Niepewność w procesach diagnozowania i dozoru. Interpretacja pojęcia niezawodności eksploatacyjnej. Wskaźniki niezawodności użytkowej i obsługowej podstawowe struktury niezawodnościowe. Aktywne zwiększanie niezawodności. Wybrane rozkłady czasu zdatności obiektu.
52.	Zaawansowane technologie mikroelektroniki	Współczesne technologie wzrostu monokryształów i formowania warstw monokrystalicznych. Technologia wobec problemów miniaturyzacji. Ultraszybka elektronika nanometrowa. Grafen we współczesnej technologii półprzewodnikowej. Wybrane problemy spintroniki. Inżynieria struktury energetycznej półprzewodników.
53.	Zastosowania laserów w technologii	Rodzaje laserów, elementy i systemy optyczne stosowane w obróbce materiałów – przegląd. Przykłady laserów w makro i mikro obróbce. Oddziaływanie promieniowania z materiałami, model Lorentz'a-Drude'a, parametry optyczne i termiczne materiałów, odbicie, absorpcja, transport energii, zmiany fazy, ekranowanie plazmowe, zakresy oddziaływań, równanie przewodnictwa ciepła. Lasery w inżynierii powierzchni – polerowanie, grawerowanie, teksturowanie, napawanie, utwardzanie uderzeniowe, czyszczenie, bezpośrednia litografia interferencyjna w mikro- i nanotechnologii. Przykłady zastosowań. Lasery w obróbce objętościowej materiałów – hartowanie, spawanie, cięcie, wiercenie i inne zastosowanie laserów w przemyśle. Przykłady zastosowań.
54.	Zaawansowane techniki projektowania systemów cyfrowych w układach FPGA	Kurs zaawansowanych technik projektowania systemów cyfrowych w układach FPGA omawia zagadnienia związane m.in. z opracowywaniem zintegrowanych systemów cyfrowych w układach FPGA, projektu topograficznego, efektywnym wykorzystaniem atrybutów ograniczeń projektowych, przygotowywaniem testów funkcjonalnych oraz dobrymi praktykami projektowymi. Kurs podzielony jest na część teoretyczną (wykłady) i praktyczną (laboratoria oraz projekt), a rezultaty przeprowadzonych prac projektowych są omawiane na seminarium. Przed przystąpieniem do przedmiotu wskazana jest znajomość języków opisu sprzętu (HDL) oraz architektury układów FPGA.

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: informatyka techniczna i telekomunikacja

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Algorytmy kwantowe III	Podstawy matematyczne obliczeń kwantowych: operatory w przestrzeniach Hilberta, iloczyn tensorowy przestrzeni Hilberta oraz wektorów w tej przestrzeni, operatory hermitowskie i unitarne. Opis układu kwantowego i jego stanów. Opis i właściwości pomiaru w układach kwantowych. Formy zapisu informacji. Przetwarzanie informacji. Bramki kwantowe. Ogólna postać algorytmu kwantowego. Zagadnienie Deutsch-Jozsa, algorytm Grovera, algorytm Shora. Kwantowe algorytmy optymalizacji. Jakość obliczeń kwantowych.
2.	Analiza algorytmów III	Algorytmy i problemy algorytmiczne. Pojęcia wstępne. Definicja algorytmu, kryteria jakości algorytmów, złożoność algorytmu i złożoność zadania, stabilność numeryczna algorytmów, zasady projektowania efektywnych algorytmów. Złożoność obliczeniowa algorytmów kombinatorycznych. Rodzaje zadań, sekwencyjne modele obliczeń (DTM i NDTM), transformacje problemów, klasy złożoności obliczeniowej, NP-zupełność, złożoność czasowa i pamięciowa algorytmów (pesymistyczna i oczekiwana), wrażliwość algorytmów (pesymistyczna i oczekiwana), przykłady szacowania złożoności. Algorytmy przybliżone Metody szacowania dokładności algorytmów. Wielomianowe schematy aproksymacyjne (PTAS), w pełni wielomianowe schematy aproksymacyjne (FPTAS), przykłady algorytmów aproksymacyjnych dla problemów trudnych obliczeniowo. Metody przeszukiwania heurystycznego. Techniki projektowania efektywnych algorytmów Rekurencja a iteracja, techniki "dziel i rządź", techniki zrównoleglania, zaawansowane struktury danych a złożoność algorytmów. Zaawansowane modele i metody teorii grafów i sieci. Przykłady wykorzystania metod projektowania efektywnych algorytmów.
3.	Analiza i synteza informacji wizualnej III	Twierdzenie Weierstrassa i rozpięcie ortogonalne przestrzeni stanów sygnału. Podstawy teorii aproksymacji funkcji. Transformaty z rozpięciem ortogonalnym o nośniku nieograniczonym. Transformata Laplace'a i Fouriera. Bazy ortogonalne z nośnikiem ograniczonym. Funkcje Wignera, Wanniera i falki. Transformata falkowa – definicje i przykłady. Zastosowania transformaty falkowej. Osobliwości procesu jako punkty ekstremalne lub/i osobliwe sygnału. Wyszukiwanie punktów ekstremalnych oraz osobliwych sygnału w przestrzeniach falkowych.
4.	Bezprzewodowe systemy nowych generacji (NG)	Trendy rozwojowe. Rozwiązania sieciowe. Techniki interfejsów radiowych. Rozwój usług i aplikacji. Organizacja i zarządzanie w systemach NG. Zastosowania sztucznej inteligencji (AI) i uczenia maszynowego (ML). Systemy masowe, systemy D2D (Device-to-Device), systemy transportowe. Kognitywność sieci NG. Zielona komunikacja.
5.	Diagnostyka systemów teleinformatycznych III	Ogólna teoria testów funkcjonalnych. Rodzaje i własności testów. Błąd oraz skuteczność kontrolna testu. Metody wyznaczania testów. Zastosowanie testów w rozpoznaniu (stanu obiektu), w diagnostyce technicznej oraz w przetwarzaniu danych. Metody wyznaczania testów dla urządzeń cyfrowych oraz sieci logicznych. Drogi propagacji niezdatności. Warunki przenoszenia skutków niezdatności. Maskowanie niezdatności. Algebra Roth'a. Losowe metody testowania urządzeń cyfrowych. Metody kompresji wyników testowania. Widmo kompresji. Analiza sygnatur i jej zastosowanie. Procedury diagnozowania. Wnikliwość diagnozowania. Metody wyznaczania procedur optymalnych. Modele i metody diagnostyki systemowej. Systemy samodiagnozowalne. Diagnozowanie systemu metodą dialogu diagnostycznego między jego elementami. Struktury dialogu diagnostycznego i ich własności. Diagnozowanie systemu metodą opiniowania diagnostycznego jego elementów. Struktury opiniowania diagnostycznego i ich własności. Wyznaczanie struktur diagnostycznych o określonych własnościach. Diagnozowanie oprogramowania. Własności sieci przenoszenia sterowań programu.
6.	Efektywność systemów teleinformatycznych III	Wskaźniki efektywności sieci teleinformatycznych. Stochastyczne modele strumieni zdarzeń. Modele lokalnych i rozległych sieci komputerowych. Modele sieci bezprzewodowych i komórkowych. Stochastyczne i deterministyczne problemy szeregowania zadań.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
7.	Elementy teorii prognozy III	Podstawowe pojęcia teorii prognozy. Liniowe i nieliniowe modele trendu. Modele naiwne, modele średniej ruchomej i wykładniczego. Prognozowanie na podstawie modeli ekonometrycznych. Prognozowanie zjawisk jakościowych.
8.	Ewaluacja oprogramowania III	Istota ewaluacji oprogramowania. Pojęcie jakości oprogramowania. Czynniki kształtujące jakość oprogramowania: jakość projektu, jakość implementacji. Kryteria oceny jakości oprogramowania: złożoność obliczeniowa, niezawodność. Metody oceny złożoności obliczeniowej algorytmów. Złożoność obliczeniowa algorytmów: złożoność czasowa, złożoność pamięciowa. Metody oceny złożoności czasowej algorytmów. Złożoność asymptotyczna algorytmów iteracyjnych rekurencyjnych. Metody oceny niezawodności oprogramowania. Modele niezawodności oprogramowania: modele z dziedziną czasu, modele z dziedziną danych, modele fenomenologiczne. Metody praktycznego wykorzystywania modeli niezawodności oprogramowania. Metody zapewniania jakości oprogramowania. Przeglądy i inspekcje. Zasady przeprowadzania inspekcji i przeglądów w procesie wytwarzania oprogramowania. Testowanie. Rodzaje i metody testowania oprogramowania. Projektowanie zbiorów danych testowych. Kryteria zakończenia procesu testowania. Formalne metody konstruowania i weryfikacji poprawności programów. Logika Hoare'a. Reguły wnioskowania. Opis programu poprzez stany i operacje. Pojęcie niejawnej specyfikacji operacji. Dowodzenie poprawności operacji. Dowodzenie poprawności programów. Rola i znaczenie standardów w procesie zapewniania wymaganej jakości oprogramowania. Charakterystyka standardów w obszarze inżynierii oprogramowania. Standardy dotyczące jakości oprogramowania. Wykorzystanie standardów.
9.	Fizyczne podstawy informatyki kwantowej III	Wprowadzenie do mechaniki kwantowej. Wprowadzenie do elektrodynamiki kwantowej. Przestrzeń Hilberta i przestrzeń L2. Q-bit i jego fizyczne realizacje. Reprezentacje matematyczne q-bitu. Zasada nieoznaczoności i jej konsekwencje. Stany mieszane i stany splątane. Doświadczenie Sterna-Gerlach. Kąt Schrodingera i superpozycja stanów, nierówność Bella. Superpozycja a splątanie stanów. Układ otwarty i układ zamknięty. Holizm stanów EPR. Przestrzeń Foka. Fermiony i bozony a splątanie. Fizyczne realizacje stanów splątanych w optyce – przykłady. Teleportacja stanów.
10.	Grafika komputerowa III	Wprowadzenie do problematyki grafiki komputerowej, podstawowe zastosowania - animacja komputerowa, symulacja wizualna, systemy AR i VR. Grafika wektorowa, grafika rastrowa - reprezentacja danych obrazowych. Podstawowe standardy graficzne - GKS, PHIGS, OpenGL. Algorytmy rastrowe - Bresenhama, antyaliasingu, HLHSR. Modelowanie geometryczne - krzywe i powierzchnie, obiekty 3D. Przekształcenia geometryczne - translacje, obroty, skalowanie, rzutowanie. Modelowanie koloru - percepcja barw, modele koloru CIE, RGB, HLS, HSV(B), przekształcenia w przestrzeni koloru. Modelowanie oświetlenia - modele oświetlenia, algorytmy cieniowania, raytracing, radiosity. Modelowanie tekstury - definiowanie, mapowanie i filtrowanie tekstur.
11.	Inżynieria jakości oprogramowania III	Niezwadność jako miara jakości oprogramowania. Metryki jakości oprogramowania. Pojęcie i wskaźniki niezawadności oprogramowania. Organizacyjne i programowe metody kształtowania niezawadności oprogramowania w procesie jego wytwarzania. Modele niezawadności oprogramowania. Klasyfikacja i ogólna charakterystyka modeli niezawadności oprogramowania. Modele z dziedziną czasu: wskaźniki niezawadności, modele o skończonej liczbie błędów, modele o nieskończonej liczbie błędów. Modele z dziedziną danych: wskaźniki niezawadności, pojęcie profilu operacyjnego programu, model Nelsona. Modele fenomenologiczne: miary złożoności oparte na liczbie linii kodu źródłowego, miary Halsteada, miary cyklomatyczne McCabe'a, miary obiektowe. Kryteria oceny modeli. Metody określania wartości parametrów modeli niezawadności oprogramowania. Metoda maksymalnego prawdopodobieństwa. Metoda najmniejszych kwadratów. Przykłady estymacji wartości parametrów wybranych modeli niezawadności oprogramowania. Modelowanie wzrostu niezawadności programu w procesie jego testowania. Model matematyczny procesu testowania programu. Strategia testowania programu. Wskaźniki niezawadności programu. Koszt realizacji procesu testowania. Wykorzystanie metod optymalizacji do wyznaczania strategii testowania programu. Metody komputerowego wspomagania oceny niezawadności oprogramowania. Ocena możliwości komputerowego wspomagania oceny niezawadności oprogramowania. Pakiet programowy SMERFS^3. Pakiet programowy CASRE. Inżynieria jakości oprogramowania. System zarządzania jakością. Norma ISO 9001:2000. Model dojrzałości CMMI. Wykorzystanie standardów związanych z

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		oceną niezawodności oprogramowania: IEEE/ANSI Std 982.1- 1988, IEEE/ANSI Std 982.2-1988.
12.	Kryptologia III	Podstawowe pojęcia i historia kryptologii. Arytmetyka modularna. Klasyczne kryptosystemy. Kryptoanaliza szyfrów. Szyfry strumieniowe. Szyfry blokowe. Konkurs AES i NESSIE. Kryptosystemy asymetryczne. Funkcje skrótu. Bezpieczeństwo szyfrów. Protokoły kryptograficzne. Zastosowania kryptografii
13.	Matematyczne metody wspomagania decyzji III	Proces i cykl decyzyjny. Modelowanie matematyczne procesów decyzyjnych. Decyzje optymalne i przybliżone. Modelowanie preferencji Decydenta. Analiza wrażliwości rozwiązań optymalnych. Funkcje użyteczności. Podejmowanie decyzji w warunkach niepewności. Metody wyznaczania reprezentacji zbiorów decyzji niepoprawialnych. Metody wyznaczania „przybliżonych zbiorów rozwiązań optymalnych”. Przykłady modelowania procesów wspomagania decyzji.
14.	Matematyka dyskretna III	Relacje i funkcje. Relacja równoważności, porządku, dobrego porządku. Zasada abstrakcji. Element maksymalny, minimalny, największy, najmniejszy, majoranta, minoranta. Surjekcje, injekcje i bijekcje. Permutacje. Działania uogólnione na zbiorach. Rekurencje. Zliczanie zbiorów i funkcji. Techniki zliczania. Współczynniki dwu- i multimianowe. Liczby Stirlinga. Zliczanie surjekcji, injekcji i bijekcji. Liczby Bella. Liczby Eulera. Liczby Catalana. Podział liczby na składniki. Asymptotyka. Funkcje tworzące. Notacje asymptotyczne. Rekursja uniwersalna. Przybliżenia asymptotyczne. Operacje na funkcjach tworzących. Funkcje tworzące dla wybranych ciągów. Wyznaczanie liczby rozwiązań równań diofantycznych. Rozwiązywanie rekurencji. Zbiory z powtórzeniami. Podzielność liczb całkowitych. Działanie moduła. Algorytm dzielenia. Algorytm Euklidesa. Podstawowe twierdzenie arytmetyki. Kongruencje. Małe twierdzenie Fermata. Rozwiązywanie kongruencji i układów kongruencji. Chińskie twierdzenie o resztach. Funkcje i twierdzenie Eulera. Elementy teorii grafów. Zliczanie grafów. Kolorowanie wierzchołków i gałęzi grafów. Skojarzenia w grafach. Transwersale i matroidy. Sieci pojemnościowe.
15.	Metody generatywne i aspekty w wytwarzaniu oprogramowania III	Zaawansowane modelowanie w UML: diagramy klas, przypadków użycia, sekwencji, stanów, aktywności. Metodyka użycia UML: dziedzina zastosowań i reguły spójności. Metaprogramowanie i metamodelowanie. Techniki generatywne: generowanie maszyn stanów i testów. Specyfikacja kontraktowa na przykładzie języka OCL. Elementy programowania aspektowo zorientowanego z użyciem języka AspectJ: punkty złączenia, punkty przecięcia, Rady, zastosowania AOP
16.	Metody numeryczne III	Podstawowe pojęcia analizy numerycznej: wektory, macierze i normy; błędy zaokrągleń w obliczeniach komputerowych; uwarunkowanie zadania obliczeniowego; algorytmy numerycznie poprawne i numerycznie stabilne. Rozwiązywanie układów liniowych równań algebraicznych: uwarunkowanie zadania; metoda Gaussa z pełnym oraz z częściowym wyborem elementu głównego; metoda Cholesky'go-Banachiewicza; metoda Householdera; wpływ błędów zaokrągleń na wynik; zadania źle uwarunkowane. Liniowe zadanie najmniejszych kwadratów: rozkład macierzy według wartości szczególnych; uogólniona macierz odwrotna i rozwiązanie uogólnione układu równań liniowych; algorytm z równaniem normalnym; algorytm z przekształceniem Householdera; uwarunkowanie zadania; regularyzacja. Znajdowanie pierwiastków równań nieliniowych: metoda siecznych i jej właściwości; metoda stycznych, kula i wykładnik zbieżności; metoda połowienia.
17.	Metody optymalizacji wielokryterialnej III	Matematyczne podstawy optymalizacji. Sformułowanie zadania optymalizacji wielokryterialnej. Rozwiązania dominujące i niezdominowane. Optymalizacja w sensie Pareto. Punkt idealny i antyidealny. Rozwiązanie kompromisowe. Metody obiektywizacji rankingów. Optymalizacja hierarchiczna. Optymalizacja przy wielu celach. Przykłady formułowania zadań optymalizacji wielokryterialnej.
18.	Modelowania matematyczne III	Zasady modelowania matematycznego. Model matematyczny. Dane zmienne decyzyjne i wskaźniki. Analiza poziomu informacyjnego. Poprawne dane. Dopuszczalne decyzje. Możliwe wartości wskaźników. Funkcje oceny osiągnięcia celu. Zadanie optymalizacyjne. Zadanie ekstremalizacji. Modele wielokryterialne i growe. Przestrzeń kryterialna. Relacja dominowania w sensie Pareto. Porządek leksykograficzny. Metoda kompromisu. Metoda punktu idealnego i punktu nadir. Rozwiązania satysfakcjonujące. Metody analizy sytuacji growych. Postać ekstensywna gry. Postać normalna gry. Strategie zdominowane. Iterowana eliminacja strategii czystych. Najlepsza odpowiedź. Punkt równowagi w sensie Nasha. Metoda indukcji wstecznej. Gry koalicyjne. Gry wielokrotne. Modele probabilistyczne. Podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka. Zamiana zmiennej losowej jej charakterystykami: wartością oczekiwaną, kwantylem,

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		prawdopodobieństwem zdarzeń korzystnych i niekorzystnych, wariancją. Zasada nieuwzględniania małych prawdopodobieństw. Zastosowanie metod wielokryterialnych. Dominacja efektywności wskaźnika. Drzewa decyzyjne. Loterie. Funkcja użyteczności. Modele rozmyte Zbiory rozmyte. Optymalne decyzje w warunkach rozmytości. Cel, ograniczenia i decyzja rozmyte. Działania na zbiorach rozmytych. Iloczyn kartezjański. Liczby rozmyte. Relacje rozmyte. Elementy logiki rozmytej. Rozmyte: negacja, koniunkcja, alternatywa, implikacja i równoważność. Modele z niepewnością Kryteria maksyminowe, maksimaksowe, Hurwitza, Laplace'a, Savage'a. Wskaźnik pewności. Zmienne niepewne. Podejmowanie decyzji przy niepewnych danych. Relacja nierozróżnialności. Dolna i górna aproksymacja zbioru. Dokładność aproksymacji. Optymalne decyzje w warunkach przybliżonej znajomości danych. Tablice decyzyjne. Reguły deterministyczne i niedeterministyczne. Zmienne niepewne.
19.	Modelowanie i weryfikacja sieci teleinformatycznych III	Podstawy weryfikacji systemów teleinformatycznych (ST) w oparciu o modele formalne: weryfikacja modelu, modele systemów równoległych, własności liniowo-czasowe, bezpieczeństwo i żywotność. Elementy teorii Sieci Petriego (SP): własności modelu, problemy osiągalności znakowania i żywotności sieci, konstruowanie drzewa osiągalności i diagramu stanów. Podstawowe rodzaje sieci Petriego: czasowe, stochastyczne, kolorowane (CPN). Hierarchiczne modele SP. Modelowanie ST uwarunkowanych czasowo: analiza prostych i przedziałowych czasowych SP, analiza czasowych sieci stochastycznych. Elementy teorii automatów czasowych. Modelowanie ST za pomocą automatów czasowych. Przykładowe zadania modelowania i weryfikacji systemów teleinformatycznych: badanie własności systemu na podstawie modelu z wykorzystaniem narzędzi: PIPE-2, CPN Tools, UPPAAL.
20.	Modelowanie sytuacji konfliktowych III	Modelowanie sytuacji konfliktowych. Kryteria jakości w sytuacjach konfliktowych. Modele growe. Gry strategiczne. Punkty równowagi. Równowaga w sensie Nash'a. Gry kooperacyjne. Modelowanie grupowych procesów decyzyjnych. Zadanie optymalizacji przy wielu celach. Rozwiązania kompromisowe w modelach growych.
21.	Modelowanie, symulacja i analiza procesów biznesowych III	Modelowanie funkcji i procesów biznesowych. Zasady projektowania procesów funkcjonowania organizacji. Modele i metody projektowania procesów biznesowych. Diagramy hierarchii funkcji. Diagramy procesów biznesowych. Diagramy procesów obsługi. Systemy WorkFlow. Notacja BPMN. Własności notacji BPMN. Obiekty w notacji BPMN. Zdarzenia, aktywności proste i złożone, bramki logiczne oraz przepływy sterowania w notacji BPMN. Opis ról w notacji BPMN. Wzorce procesowe w notacji BPMN. Środowiska modelowania i analizy systemów WorkFlow. Przegląd środowisk modelowania i analizy systemów WorkFlow zgodnych z notacją BPMN. Środowisko ARIS firmy Software AG. Środowisko WebSphere Business Modeler Advanced firmy IBM. Środowisko Power Designer firmy Sybase wraz z aplikacją Simul 8. Badanie efektywności systemów typu WorkFlow. Sposoby badania własności systemów typu WorkFlow złożonych z diagramów procesów biznesowych. Charakterystyki czasowe i kosztowe procesów biznesowych. Wskaźniki efektywności systemów klasy WorkFlow. Wykorzystanie środowisk modelowania i analizy systemów klasy WorkFlow.
22.	Niezawodność oprogramowania III	Nieawodność jako miara jakości oprogramowania. Metryki jakości oprogramowania. Pojęcie i wskaźniki niezawodności oprogramowania. Organizacyjne i programowe metody kształtowania niezawodności oprogramowania w procesie jego wytwarzania. Modele niezawodności oprogramowania. Klasyfikacja i ogólna charakterystyka modeli niezawodności oprogramowania. Modele z dziedziną czasu: wskaźniki niezawodności, modele o skończonej liczbie błędów, modele o nieskończonej liczbie błędów. Modele z dziedziną danych: wskaźniki niezawodności, pojęcie profilu operacyjnego programu, model Nelsona. Modele fenomenologiczne: miary złożoności oparte na liczbie linii kodu źródłowego, miary Halsteada, miary cyklomatyczne McCabe'a, miary obiektowe. Kryteria oceny modeli. Metody określania wartości parametrów modeli niezawodności oprogramowania. Metoda maksymalnego prawdopodobieństwa. Metoda najmniejszych kwadratów. Przykłady estymacji wartości parametrów wybranych modeli niezawodności oprogramowania. Modelowanie wzrostu niezawodności programu w procesie jego testowania. Model matematyczny procesu testowania programu. Strategia testowania programu. Wskaźniki niezawodności programu. Koszt realizacji procesu testowania. Wykorzystanie metod optymalizacji do wyznaczania strategii testowania programu. Metody komputerowego wspomaganie oceny niezawodności oprogramowania.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		Ocena możliwości komputerowego wspomagania oceny niezawodności oprogramowania. Pakiet programowy SMERFS ³ . Pakiet programowy CASRE. Inżynieria jakości oprogramowania. System zarządzania jakością. Norma ISO 9001:2000. Model dojrzałości CMMI. Wykorzystanie standardów związanych z oceną niezawodności oprogramowania: IEEE/ANSI Std 982.1-1988, IEEE/ANSI Std 982.2-1988.
23.	Niezawodność systemów III	Pojęcia podstawowe teorii niezawodności. Uogólniony stan obiektu. Ocena stanu obiektu. Funkcja strukturalna. Stany niezawodnościowe. Niezawodność obiektu technicznego. Model niezawodnościowy. Wskaźniki niezawodności. Klasyfikacja obiektów z punktu widzenia badań niezawodnościowych. Niezawodność obiektów nieodnawialnych Model niezawodnościowy obiektu nieodnawialnego. Definicje wskaźników niezawodności obiektu nieodnawialnego. Podstawowe własności wskaźników niezawodności obiektu nieodnawialnego. Metody wyznaczania wartości wskaźników niezawodności dla obiektów nieodnawialnych. Wybrane rozkłady czasu zdatności. Niezawodność obiektów odnawialnych z zerową odnową. Model niezawodnościowy obiektu obiektów odnawialnych z zerową odnową. Definicje wskaźników niezawodności obiektów odnawialnych z zerową odnową. Podstawowe własności wskaźników niezawodności obiektów odnawialnych z zerową odnową. Metody wyznaczania wartości wskaźników niezawodności dla obiektów odnawialnych z zerową odnową. Niezawodność obiektów odnawialnych z niezerową odnową. Model niezawodnościowy obiektu odnawialnego z niezerową odnową. Definicje wskaźników niezawodności obiektu odnawialnego z niezerową odnową. Podstawowe własności wskaźników niezawodności obiektu odnawialnego z niezerową odnową. Metody wyznaczania wartości wskaźników niezawodności dla obiektów odnawialnych z niezerową odnową. Niezawodność systemów. Model niezawodnościowy systemu. Struktura niezawodnościowa. Strukturalna funkcja niezawodnościowa systemu. Przykłady struktur niezawodnościowych. Probabilistyczny model niezawodnościowy systemu. Proces zmian stanów niezawodnościowych systemu. Redundancja w systemie.
24.	Optymalizacja III	Ogólne zadanie optymalizacji. Klasyfikacja zadań optymalizacyjnych. Zadania wypukłe. Metody rozwiązywania zadań liniowych. Zadania dyskretne. Relaksacje, restrykcje. Algorytmy rozwiązywania zadań PCL, PCLM, PLB. Algorytmy ewolucyjne optymalizacji dyskretnej. Zadania nieliniowe bez ograniczeń. Metody rozwiązywania zadań nieliniowych z ograniczeniami. Obliczenia równoległe w optymalizacji. Algorytmy probabilistyczne. Ocena jakości algorytmów optymalizacji.
25.	Probabilistyka III	Zmienne losowe wielowymiarowe. Parametry zmiennych losowych wielowymiarowych. Przykłady rozkładów jedno i wielowymiarowych. Funkcje zmiennych losowych. Zastosowanie funkcji charakterystycznych i tworzących. Twierdzenia graniczne. Własności asymptotyczne rozkładów. Estymacja parametryczna i nieparametryczna. Testy parametryczne. Testy nieparametryczne. Badanie losowości. Analiza korelacji cząstkowej i wielorakiej. Analiza regresji wielowymiarowej.
26.	Procesy stochastyczne III	Ciągi losowe i ich własności. Probabilistyczny opis procesu stochastycznego. Przykłady procesów. Procesy Markowa. Ergodyczność. Procesy zliczające. Systemy kolejkowe i charakterystyki. Procesy semimarkowskie.
27.	Rozpoznawanie i przetwarzanie obrazów III	Wprowadzenie do problematyki cyfrowego rozpoznawania i przetwarzania obrazów. Podstawowe problemy związane z akwizycją obrazów cyfrowych oraz sposoby ich rozwiązywania. Metody częstotliwościowe w przetwarzaniu obrazów cyfrowych. Podstawy stosowania transformat w cyfrowym przetwarzaniu i analizie obrazów. Metody przestrzenne w przetwarzaniu obrazów cyfrowych. Poprawa jakości obrazów za pomocą filtrów konwolucyjnych, rankingowych, logicznych - ich wady, zalety, sposoby implementacji. Wprowadzenie do metod cyfrowego rozpoznawania obrazów. Algorytmy segmentacji przy zastosowaniu metod: progowania, wydzielania krawędzi, rozrostu obszarów, dziel i łącz, klasyfikacji punktów. Podstawowe metody identyfikacji obrazów: klasyfikacja w przestrzeni cech, metoda strukturalna.
28.	Sieci neuronowe i logika rozmyta III	Wielowarstwowe sieci neuronowe i algorytmy ich uczenia. Sieć neuronowa jako aproksymator funkcji. Zbiory rozmyte i przybliżone wnioskowanie. Sterowanie i aproksymowanie rozmyto-neuronowe. Sterownie rozmyte z uczeniem reguł. Fuzzy Logic Toolbox w programie Matlab.
29.	Sieci radia inteligentnego	Koncepcja sieci radia inteligentnego. Sieci ad-hoc CRAHN. Architektury sprzętowe i programowe CR. Semantyczny kontekst CR. Problemy nauczania w systemie CR.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		Polityki w sieci CR. Dynamiczne zarządzanie widmem. Sensing i współdzielenie widma. Kolaboracja i rywalizacja w sieciach CR. Problemy bezpieczeństwa w CR. Standardy dla sieci CR i rozwiązania CR w sieciach NG (Nowych Generacji.)
30.	Stochastyczne modele eksploatacji III	Wprowadzenie do modelowania stochastycznego systemów. Złożone systemy techniczne. Stany eksploatacyjne. Cele modelowania. Jednorodność i stacjonarność funkcjonowania i eksploatacji systemów technicznych. Efektywność systemów technicznych. Modele Markowa eksploatacji systemów technicznych. Zastosowanie modeli Markowa klasy DD do modelowania funkcjonowania i eksploatacji systemów. Zastosowanie modeli Markowa klasy DC do modelowania funkcjonowania i eksploatacji systemów. Prawdopodobieństwa chwilowe i graniczne przebywania systemu w stanach. Prawdopodobieństwa graniczne przebywania systemu w podzbiorach stanów. Szacowanie czasów przebywania w podzbiorach stanów. Prezentacja funkcjonowania wybranego systemu komputerowego w postaci modelu Markowa. Modele semimarkowskie eksploatacji systemów technicznych. Zastosowanie modeli semimarkowskich do modelowania funkcjonowania i eksploatacji systemów. Prawdopodobieństwa chwilowe i graniczne przebywania systemu w stanach. Prawdopodobieństwa graniczne przebywania systemu w podzbiorach stanów. Szacowanie czasów przebywania w podzbiorach stanów. Prezentacja funkcjonowania wybranego systemu komputerowego w postaci modelu semimarkowskiego. Modele kolejkowe eksploatacji systemów technicznych. Systemy kolejkowe proste. Systemy otwarte. Systemy zamknięte. Markowskie systemy kolejkowe. Niemarkowskie systemy kolejkowe. Sieci kolejkowe. Modelowanie systemów za pomocą systemów kolejkowych. Modele kolejkowe podstawowych struktur systemów komputerowych. Modele sieci komputerowych. Przykład eksploatacji systemu technicznego. Prezentacja od założeń do realizacji modelu stochastycznego funkcjonowania lub eksploatacji systemu komputerowego. Wpływ rozwinięcia założeń projektowych na postać stochastycznego modelu funkcjonowania i eksploatacji. Badanie własności systemu komputerowego na podstawie badania jego modelu stochastycznego.
31.	Symulacja komputerowa III	Modele i metody opisu formalnego złożonych procesów podlegających eksperymentalnemu badaniu. Określenie modelu symulacyjnego, zalety i wady metod symulacyjnych, typy problemów badawczych. Podstawowe prawa i twierdzenia wykorzystywane w symulacji komputerowej. Metody generowania liczb i procesów losowych, testowanie generatorów losowych. Systemy symulacji ciągłej i dyskretniej, zagadnienie upływu czasu w symulacji komputerowej, podstawowe zasady projektowania eksperymentów symulacyjnych, analiza statystyczna wyników symulacji. Metody badania adekwatności modeli symulacyjnych. Symulacja równoległa i rozproszona, ogólna charakterystyka języków symulacyjnych. Prezentacja systemów i środowisk symulacyjnych. Trendy symulacji komputerowej.
32.	Systemy baz danych III	Podstawowe pojęcia, systemy baz danych a systemy informacyjne. Modele danych: hierarchiczny, sieciowy, relacyjny, obiektowy. Architektura systemu bazy danych, poziomy opis danych, istota centralnego zarządzania danymi i niezależności, języki definiowania i przetwarzania, narzędzia systemu zarządzania bazy danych. Modelowanie i normalizacja danych, praktyczne modelowanie danych. Bezpieczeństwo i ochrona danych, w klasycznych i statystycznych bazach danych. Podstawy metodyczne projektowania baz danych. Zastosowanie baz danych: bazy danych a systemy aplikacyjne, komercyjne systemy baz danych, hurtownie i eksploracja danych. Formułowanie i dyskusja wybranych zadań badawczych w dziedzinie baz danych.
33.	Systemy teleinformatyczne III	Sterowanie dostępnością tras i łączy w środowisku sieci LAN: sterowanie dostępnością łączy LAN z wykorzystaniem protokołu STP, - protokół HSRP i sterowanie dostępnością bram domyślnych, sterowanie obciążeniem łączy z wykorzystaniem list kontroli dostępu. Wysokowydajne protokoły routingu dla sieci LAN: technika VLSM, agregacja tras z wykorzystaniem VLSM, trasy domyślne – rozgłaszanie, problemy z routingiem bezklasowym, charakterystyka protokołów routingu stanu łączy, charakterystyka protokołów EIGRP i OSPF. Translacja adresów NAT i PAT. Protokół DHCP: zasada działania translatora adresów, formy realizacji NAT i PAT. Technologie i protokoły w sieciach WAN: charakterystyka wybranych protokołów stosowanych w sieciach WAN, sieci komutacji pakietów i komutacji kanałów. Pojęcia podstawowe związane z systemami QoS: architektura systemów gwarantowania jakości usług, model DiffServ, model IntServ. Klasyfikowanie pakietów: IP Precedence i DSCP – struktura i interpretacja wartości pól nagłówka

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		IP, oznaczanie i klasyfikowanie pakietów przez urządzenia przełączające w warstwie 2 i 3 modelu odniesienia. Metody zarządzania przepustowością, zatorami i kolejkowaniem pakietów: charakterystyka metod kolejkowania – FIFO, WFQ, PQ, CQ, LLQ, unikanie przeciążenia z wykorzystaniem algorytmu bramki RED i WRED. Protokół MPLS – integrowanie MPLS z systemem QoS: charakterystyka protokołu MPLS, zasady działania routerów granicznych i wewnętrznych domeny MPLS, zarządzanie ruchem i unikanie przeciążeń w sieciach VPN MPLS, konfigurowanie urządzeń przełączających z wykorzystaniem etykiet. Sieci prywatne VPN: pojęcie sieci VPN, metody i protokoły służące realizacji sieci VPN, przykłady realizacji sieci VPN z wykorzystaniem tunelowania GRE i protokołu IPSec, sieci VPN bazujące na protokole MPLS.
34.	Systemy wspomaganie decyzji III	Metody identyfikacji procesów decyzyjnych w systemach zarządzania i kierowania. Podstawowe pojęcia analizy decyzyjnej. Modele procesów decyzyjnych w wybranej klasie systemów, formułowanie zadań decyzyjnych w oparciu o przyjęte modele z wykorzystaniem metod optymalizacji i sztucznej inteligencji. Modele prognostyczne. Wstęp do projektowania systemów wspomagania decyzji. Zasady projektowania systemu wspomagania decyzji dla określonego systemu zarządzania lub kierowania, opracowywanie systemu językowego, systemu wiedzy oraz systemu przetwarzania zadań, formułowanie zadań projektowych dla SWD. Wykorzystanie narzędzi informatycznych do konstrukcji algorytmów i systemów wspomagania decyzji dla wyspecyfikowanych zadań decyzyjnych. Zasady wykorzystania gier symulacyjnych w procesie oceny i wspomagania decyzji. Metody weryfikacji algorytmów wspomagania decyzji. Prezentacje środowisk i narzędzi wspomagania decyzji.
35.	Sztuczna inteligencja III	Paradygmaty sztucznej inteligencji i obszary jej zastosowań, ograniczenia sztucznej inteligencji – twierdzenie Gödla i teza Churcha – Turinga. Systemy formalne – alfabet, formuły, aksjomaty i reguły. Rachunek zdań i predykatów. Twierdzenie Herbranda i Skolema, Wprowadzenie do języków sztucznej inteligencji. Techniki przeszukiwania przestrzeni (klasyczne, ewolucyjne, tabu search, symulowanego wyżarzania). Maszynowe uczenie, zbiory przybliżone, elementy sieci neuronowych. Bazy wiedzy i reprezentacja wiedzy – ontologie i sieci semantyczne. Metody wnioskowania (klasyczne, rozmyte). Algorytmy rozpoznania wzorców w eksploracji danych.
36.	Teoretyczne podstawy informatyki III	Algorytmiczna teoria informacji. Dokładność i poprawność algorytmów. Modele obliczeń, deterministyczne i niedeterministyczne maszyny Turinga, maszyny probabilistyczne, obliczenia niejednostajne. Złożoność algorytmów w sensie Turinga. Rodzaje złożoności. Problemy decyzyjne i optymalizacyjne. Transformacje wielomianowe problemów. Złożoność problemów. Klasyfikacja problemów: klasy P, NP, NP -zupełne i silnie NP -zupełne, Co-NP, PSPACE. Hierarchie złożoności. Modele definiowania i rozpoznawania wzorców znakowych. Język, gramatyka, języki wyznaczone przez gramatyki. Deterministyczne i niedeterministyczne automaty skończone. Języki akceptowane przez automaty skończone. Wyrażenia regularne. Języki generowane przez wyrażenia regularne. Gramatyki bezkontekstowe. Postaci normalne gramatyk. Gramatyki kontekstowe. Moc generacyjna gramatyk, wyrażań regularnych i automatów skończonych. Modele obliczeń równoległych.
37.	Teoria grafów i sieci III	Definicja grafu. Graf jako model systemu. Charakterystyki grafu i elementów jego struktury, miary centralności wierzchołków. Rodzaje grafów. Części grafu, podgrafy i grafy częściowe. Graf złożony jako szczególny rodzaj grafów. Kolorowanie grafów. Stabilne podzbiory wierzchołków grafu. Bazy grafu. Chromatyka grafów. Modele kolorowania grafów. Algorytmy dokładne i przybliżone kolorowania grafów, kolorowanie on-line grafów. Złożoność obliczeniowa algorytmów kolorowania. Marszruty, łańcuchy i drogi w grafach. Definicje marszruty, łańcucha, drogi. Spójność i silna spójność grafu. Cyklomatyka i karkasy grafów. Złożoność obliczeniowa omawianych algorytmów. Grafy Berge'a. Definicja i rodzaje grafów Berge'a. Składowe silnej spójności digrafów. Algorytm Leifmana. Drogi w digrafach. Warstwowa reprezentacja digrafu. Drogi Eulera i Hamiltona w grafie. Złożoność obliczeniowa omawianych algorytmów. Podobieństwo grafów. Miary dokładnego podobieństwa grafów: izomorfizm grafów, homomorfizm grafów, największy wspólny podgraf, najmniejszy wspólny nadgraf. Miary przybliżonego podobieństwa grafów: odległość edycyjna grafów, miary iteracyjne. Metody rozpoznawania wzorców z wykorzystaniem miar podobieństwa grafów. Sieci. Definicja sieci. Karkasy ekonomiczne. Drogi ekstremalne w sieciach cyklicznych i acyklicznych w sensie dróg. Sieciowe metody analizy złożonych przedsięwzięć

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		(CPM, PERT, GERT). Sieci stochastyczne i podstawowe problemy definiowane w nich. Złożoność obliczeniowa omawianych algorytmów. Przepływy w sieciach. Przepływ w sieci standardowej. Przekrój rozdzielający i jego przepustowość. Algorytm wyznaczania przepływu maksymalnego. Spójność krawędziowa i wierzchołkowa. Drogi rozłączne wierzchołkowo i krawędziowo. Twierdzenie Mengera. Przepływ zaspokajający o minimalnym koszcie. Złożoność obliczeniowa omawianych algorytmów. Przydziały optymalne Określenie przydziału jako skojarzenia sieci dwudzielnej. Twierdzenie Halla. Algorytm wyznaczania przydziału najliczniejszego, przydziału najliczniejszego o minimalnym koszcie. Złożoność obliczeniowa omawianych algorytmów.
38.	Zarządzanie projektami i procesami III	Funkcjonalne i procesowe koncepcje zarządzania: definicje i klasy systemów działania, miejsce i klasy procesów, identyfikacja cech systemowych, struktury organizacyjne, istota zarządzania procesowego, strategie zarządzania. Istota i rola projektów w zarządzaniu organizacją: definicje i klasy projektów, funkcje zarządzania i cykl zarządzania projektem, systemowe aspekty przedmiotu projektowania, formalne struktury projektu, podstawowy cykl projektowania, identyfikacja potrzeb projektowych, obszary zarządzania projektem, złożoność procesów i projektów. Identyfikacja cyklu życia projektów i produktów: cykl życia produktu a cykl życia projektu, analiza potrzeb i definiowanie wymagań, definiowanie założeń i ograniczeń projektowych, modele artefaktów wg inżynierii systemów, konstruowanie i prototypowanie, weryfikacja, dokumentowanie i zamknięcie projektu, implementacja i wdrażanie, doskonalenie, unicestwianie projektu, procesu i produktu. Planowanie procesów projektowych: planowanie zakresu i skutków projektu, analiza i planowanie kosztów projektu i procesów, wartościowanie projektów i procesów, analiza wartości projektów i procesów, planowanie użyteczności i funkcjonalności procesów projektowych, planowanie niezawodności działań projektowych, planowanie kontroli i weryfikacji wyników, zarządzanie ryzykiem projektowym. Analiza ilościowo-jakościowa procesów projektowania: analiza i ocena efektywności procesów projektowych, definiowanie jakości projektu, miary i metody szacowania jakości projektu, zarządzanie jakością procesów i projektów, zarządzanie logistyką projektu. Walidacja czasowo-kosztowa procesów projektowania: budżetowanie procesów projektowych, struktury czynnościowo-zadaniowe procesów, ewaluacja czasowa projektu, harmonogramowanie projektu, procesy doskonalenia i rozwoju projektu, zarządzanie zmianami, zarządzanie integracją projektu. Zarządzanie procesami innowacyjnymi: pojęcie innowacji, klasyfikacja procesów innowacyjnych, organizowanie wymagań i planowanie procesów innowacyjnych, ocena procesów i systemów innowacyjnych, projektowanie wyrobów, projektowanie procesów technologicznych, zasady i metody zarządzania innowacjami. Organizacja podmiotu projektującego: miejsce podmiotu w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa, organizowanie i planowanie struktury zespołów projektowych, organizacje hierarchiczne i płaskie, modele sieciowe i modele wirtualne, modele hybrydowe, zadania i dobór zespołów projektowych, instytucjonalne formy zarządzania projektami, kontrola i ocena zespołów projektowych, zarządzanie komunikacją w projekcie, metody i techniki usprawniania procesów, modele rozwoju zarządzania procesowego. Zarządzanie projektami i procesami z wykorzystaniem benchmarkingu: metody, techniki i narzędzia wspomagania projektowania, systemy komputerowego wspomagania projektowania klasy CAD/CAISE, zarządzanie procesem projektowania poprzez repozytorium projektu, strategia X-engineeringu w procesach projektowych na bazie wzorców użytkowych, funkcjonalność pakietów wspomagających zarządzanie procesami projektowymi, uwarunkowania czasowo-przestrzenne i kosztowe. Tendencje rozwojowe zarządzania projektami: istota modelu romboidalnego zarządzania projektami, zasady i podstawy dobrych projektów, innowacyjność, technologia, złożoność i tempo realizacji projektu, wdrażanie modelu romboidalnego w organizacjach projektowych, warunki wdrażania modeli procesowych w organizacjach projektowych, koszty i ograniczenia wdrożeniowe.
39.	Złożone struktury danych III	Struktury listowe. Listy jednokierunkowe i dwukierunkowe. Implementacja list. Podstawowe operacje. Zastosowania struktur listowych. Drzewa binarne. Drzewa BST: własności, implementacja, podstawowe operacje i ich złożoność czasowa. Metody równoważenia drzew BST. Przegląd zastosowań drzew BST. Drzewa AVL: własności, implementacja, podstawowe operacje, zastosowania. Drzewa czerwono czarne: własności, implementacja, podstawowe operacje, zastosowania.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		Drzewa RST: własności, implementacja, podstawowe operacje, zastosowania. Drzewa częściowo uporządkowane. Własności drzew częściowo uporządkowanych. Kopce binarne: własności, rodzaje, podstawowe operacje. Przegląd zastosowań drzew częściowo uporządkowanych. Kopce łączalne. Drzewa i kopce dwumianowe: własności, podstawowe operacje, zastosowania. Kopce Fibonacciego: własności, struktura, podstawowe operacje, zastosowania. Drzewa wielokierunkowe. B-drzewa: własności, implementacja, podstawowe operacje i ich złożoność czasowa. Rodzaje B-drzew. Zastosowania. Struktury danych dla zbiorów rozłącznych. Reprezentacja zbiorów rozłącznych. Podstawowe operacje na zbiorach rozłącznych. Zastosowania.
40.	5G network application for military	5G network technologies. 5G use cases and system concept. 5G Network Architecture. 5G architecture elements and functionalities/roles. Millimeter wave communications. Device-to-device (D2D) communications. The 5G radio-access technologies. Machine-type communications. Massive multiple-input multiple-output (MIMO) systems. 5G Network Military Gaps. Sensors and effectors. Military scenarios (use cases). 5G network Military Application and use cases: 5G network in Spectrum Situation Awareness application (workshop). 5G network Military Application and use cases: (own work/seminar/workshop with teacher support).
41.	Zaawansowane narzędzia kryptoanalizy	Krzywe eliptyczne, hipereliptyczne oraz pojęcie dywizora. Ataki na krzywe eliptyczne z wykorzystaniem metod transferu. Ataki z wykorzystaniem krzywych niewłaściwych i zdegenerowanych: przykład praktycznego ataku na TLS-ECDH. Metoda indeksu na krzywych eliptycznych nad ciałami rozszerzonymi oraz prostymi. Ataki kwantowe: algorytm Shora i Grovera. Ataki algebraiczne. Przekształcenie problemu faktoryzacji, logarytmu dyskretnego oraz ataków algebraicznych do problemu QUBO. Zastosowanie wyrażania kwantowego w kryptoanalizie. Kryptografia oparta na izogeniach. Praktyczne ataki na schemat postkwantowy SIDH. Kryptoanaliza wybranych problemów kryptologicznych.
42.	Probabilistyczne modele grafowe: reprezentacja	Podstawy – probabilistyka, grafy, teoria informacji, optymalizacja; sieci bayesowskie i grafy skierowane; sieci markowskie i grafy nieskierowane; lokalne modele probabilistyczne.
43.	Probabilistyczne modele grafowe: podstawy wnioskowania	Wnioskowanie ścisłe, eliminacja zmiennych; wnioskowanie przybliżone: aproksymacja z propagacją prawdopodobieństwa, próbkowanie progresywne, łańcuchy Markowa i metody Monte Carlo; algorytmy wnioskowania, wnioskowanie w modelach przestrzeni stanów.
44.	Probabilistyczne modele grafowe: metody wnioskowania	Entropia informacyjna; przesyłanie komunikatów z oceną ufności; wnioskowanie: wariacyjne, metodami Monte Carlo, za pomocą łańcuchów Markowa.
45.	Probabilistyczne modele grafowe: szacowanie parametrów	Uczenie maszynowe modeli graficznych; modele liniowe; estymacja parametrów modeli; modele z niepełnymi danymi; uczenie modeli nieskierowanych; modele predykcyjne; głębokie sieci neuronowe, bayesowskie sieci neuronowe.
46.	Probabilistyczne modele grafowe i modele hybrydowe	Przyczynowość, złożone model decyzyjne; modele z ukrytymi zmiennymi; modele z przestrzenią stanów; głębokie uczenie maszynowe z modelami grafowymi; decyzje w warunkach niepewności – wybrane algorytmy przybliżonego wnioskowania i uczenia.
47.	GNSS – Systems and signals” (GNSS)	The state of the art of GNSS - the introduction to GNSS, the classification of systems, and areas of implementation of GNSS. The architecture of systems and elements – structures, description & characterization of physical processes, technical parameters, and areas of application. Signals in GNSS – classification, mathematical models of signals, propagation of signals, interferences of signals, methods of protection of signals. Modeling and simulation of systems and signals. Modeling and simulation of jamming and spoofing.
48.	Wielowymiarowe przetwarzanie danych (WDP)	Podstawy teorii rozpoznawania wzorców w danych. Definicja wzorca, klasy wzorców oraz proces rozpoznawania wzorców w danych. Wykorzystywane techniki rozpoznawania wzorców. Podział metod klasyfikacji i grupowania danych. Kryteria i metody grupowania. Kryteria progowe (najbliższego i najdalszego sąsiada). Odległość Euklidesa, Sebestyena, Mahalanobisa, Hamminga, Cannbera oraz wybrane funkcje podobieństwa. Metody grupowania bazujące na algorytmach grupowania hierarchicznego. Budowa dendrogramów. Ekstrakcja cech dystynktywnych przy wykorzystaniu interpolacji wielomianowej (Analiza Lagrange'a).

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
49.	Systemy baz danych zautomatyzowanego pola walki (SBD-ZPW)	Podstawowa terminologia oraz charakterystyka baz danych. Wymagania dla baz danych. Technologia baz danych, modele danych, struktury danych, operatory modelu danych, ograniczenia integralnościowe. Narzędzia programistyczne. System zarządzania bazą danych (oprogramowanie, funkcjonalność). Architektura systemu bazy danych (ANSI/SPARC). Użytkownicy systemu baz danych. Technologie implementacyjne. Architektura komunikacyjna. Podział systemów baz danych. Model związków encji, modelowanie związków, hierarchia encji. Transformacja, reguły transformacji encji, reguły transformacji związku. Normalizacja i jej proces oraz pojęcia podstawowe. Pierwsza (1NF), druga (2NF), trzecia (3NF) i czwarta (4NF) postać normalna. Współbieżny dostęp do danych, utrata danych po wykonaniu awarii. Własności transakcji ACID, diagram stanów transakcji, transakcja logiczna a fizyczna, model i klasyfikacja transakcji, realizacje transakcji. Struktury danych operacyjnych w bazie danych modelu JC3IEDM programu MIP. Replikacja, transformacja i wymiana danych na bazie protokołu DEM. Bazy danych w analityce pola walki

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych
Dyscyplina naukowa: inżynieria lądowa, geodezja i transport

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Safety and reliability of building structures	Knowledge in the field of safety and reliability of building structures. Classifications and rules for shaping the load-bearing structures of buildings and the conditions for assessing their safety. Methods of description and distribution of random variables. Functions of reliability and damage intensity. Methodology for conducting reliability tests, risk assessment, the safety of building maintenance and their effectiveness.
2.	Dynamiczna interakcja konstrukcji budowlanych z ośrodkiem gruntowym	Metody formułowania modeli obliczeniowych dynamiki elementów i ustrojów konstrukcyjnych oraz gruntowego ośrodka posadowienia budowli. Określanie cech fizycznych ośrodka gruntowego pod obciążenia statyczne i dynamiczne. Wpływ zawartości faz na parametry podłoża.
3.	Fizyka środowiska	Prawa ciała doskonale czarnego. Atmosfera jako gaz doskonały. Procesy termodynamiczne w atmosferze ziemskiej. Efekt cieplarniany i dziury ozonowe. Gazy cieplarniane – przypomnienie. Katastrofy przyrodnicze (trzęsienia Ziemi, wybuchy wulkanów, tsunami). Zanieczyszczenia atmosfery, hydrosfery i litosfery, Hałas i choroby cywilizacyjne. Odnawialne źródła energii – stosunek Polski to protokołów Szczytów Klimatycznych. Rodzaje źródeł światła do oświetlania. Oświetlenie wewnętrzne i zewnętrzne, strumień świetlny, natężenie oświetlenia, skuteczność świetlna, widmo źródła światła, obserwator standardowy, obiektywne określanie barwy źródła.
4.	Modelowanie procesów ciepło-wilgotnościowych	Modelowanie procesów ciepło-wilgotnościowych. Bilanse energetyczne zapotrzebowania ciepła i klimatyzacji budynku. Przewodzenia ciepła i wilgoci poprzez przegrody warstwowe budynku – ściany, stropy i podłogi na gruncie, w warunkach różnych ośrodków przyległych do przegród. Równania przewodzenia i metody ich rozwiązywania. Zastosowanie metody funkcji początkowych w interpretacji strumienia ciepła i wilgoci w modelowaniu procesów ciepło-wilgotnościowych w elementach budynku. Rozwiązania równania Laplace’a za pomocą pojęć teorii pola. (gradient, dywergencja, rotacja). Opis rozwiązań równania Laplace’a i Poissona metodą rozdzielania zmiennych. Główne potencjały w teorii dyfuzji wilgoci i przewodzenia ciepła w ośrodku porowatym. Równania dyfuzji wilgoci i przewodzenia ciepła w ośrodku porowatym. Określanie funkcji potencjału i strumienia w płynie i w ośrodku porowatym Funkcje strumienia i potencjału, Zagadnienia ich wyznaczania.
5.	Identyfikacja obciążeń i układów konstrukcyjnych	Identyfikacja intensywności obciążeń, ich masy i sztywności. Grawitacyjne i dynamiczne obciążenie układów konstrukcyjnych wraz z analizą ich zasadnej schematyzacji statycznej lub ustalenia modelu dynamicznego. Podstawą identyfikacji są wyniki inicjujących reakcji układów nośnych obiektów ujawniające się statycznymi czy dynamicznymi przemieszczeniami lub częstotliwościami drgań.
6.	Proces inwestycyjny w budownictwie	Organizacja inwestycji budowlanych w szczególności metody analizy, badania i projektowania budowy, montażu, przebudowy, remontu i eksploatacji obiektów budowlanych w konkretnym miejscu, czasie, otoczeniu systemowym i środowisku naturalnym. Zasady badania efektywności, technologii i organizacji robót budowlanych, przygotowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych, struktury oraz procesu eksploatacji obiektów budowlanych.
7.	Mechanics of road and airport runway soil foundations	Modeling of the soil as a single-phase or three-phase continuum depending on the type of soil (cohesive or no-cohesive). Stiffness and load carrying capacity of the ground as the problem of an elastic half-space. Dynamic effects generated by moving loads.
8.	Metody badań sztywności i nośności nawierzchni drogowych i lotniskowych	Badanie sztywności i nośności nawierzchni dróg i lotnisk umożliwia weryfikację wykonania i dopuszczenie do bezpiecznego użytkowania, Techniki badawcze zakładają się na wykorzystaniu falowej teorii półprzestrzeni sprężystej, która jest wyposażona w warstwy podbudowy i samej nawierzchni. Stosowane są wymuszenia reakcji półprzestrzeni za pomocą uderów płytą dynamiczną oraz rejestracją ugięć nawierzchni pod obciążeniami ruchomymi. Czynniki wpływające na wyniki badań - parametry gruntowo- materiałowe i klimatyczne.
9.	Metody obliczeniowe konstrukcji mostów składanych	Konstrukcja mostów składanych z określeniem ich parametrów techniczno-eksploatacyjnych. Teoria obliczania mostów składanych z uwzględnieniem luzów montażowych dla obiektów w układzie statycznym i dynamicznym.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
10.	Design methods of the experiment	The essence of experimental research. Resistance extensometry. Measurements and analysis of measurement errors. Organization of the measurement line. Experimental methods of testing materials in simple stress conditions - tensile, compression, shear, bend, torsion tests. Materials testing in complex stress states. Assessment of rheological properties of materials - creep and relaxation. Optical research methods in mechanics – elastooptics, optical, mesh and holographic interferometry.
11.	Modelowanie zachowania elementów i konstrukcji żelbetowych	Konstrukcje żelbetowe jako kompozycje materiałowe betonu i materiałów wzmacniających. Modelowanie statycznego i dynamicznego zachowania materiałów konstrukcyjnych: betonu i stali zbrojeniowej. Modelowanie współpracy składowych materiałów konstrukcyjnych w elementach. Metoda homogenizacji żelbetu: modele zastępczego, jednorodnego materiału konstrukcyjnego z uwzględnieniem właściwości składowych materiałów konstrukcyjnych. Modelowanie mechanizmów zniszczenia elementów i konstrukcji żelbetowych: zarysowanie i zmiażdżenie betonu. Zastosowanie MES w modelowaniu zachowania konstrukcji żelbetowych.
12.	Nieliniowości geometryczne i fizyczne w mechanice konstrukcji	Deformacje wiotkich konstrukcji i ciał o małej sztywności, wykorzystanie związków geometrycznych z wyrazami liniowymi oraz nieliniowymi. Konsekwencje deformacji w równaniach równowagi zapisanych w konfiguracji odkształconej. Rozważane jest pełne spektrum nieliniowości związków fizycznych materiału wraz ze stowarzyszonymi i niestowarzyszonymi prawami odkształcania.
13.	Oddziaływania wybuchowe na budowle obronne	Fizyka zjawisk generowanych wybuchem ładunków i mieszanek paliwowo-powietrznych. Sposoby określania parametrów obciążeń wybuchowych. Rodzaje mechanizmów niszczących elementy i ustroje nośne budowli.
14.	Systemy harmonogramowania i kosztorysowania robót budowlanych	Zasady harmonogramowania i kosztorysowania z wykorzystaniem współcześnie dostępnych specjalistycznych technik informatycznych i oprogramowania. Idea technologii BIM i jej możliwości na wszystkich etapach realizacji przedsięwzięcia budowlanego i eksploatacji obiektu. Formuły optymalizacji i metody rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych w budownictwie.
15.	Engineering of building materials	Contemporary trends in the modification of building, construction and finishing materials. Technologies of preparation, implementation and optimal procedures for incorporating materials and products under building conditions. Structure and material considerations of composites used in construction. The role of additives and admixtures in buildings technologies.
16.	Kartograficzne metody badań	Wykorzystanie map do opisu, analizy i poznania naukowego zjawisk, w tym badania kartometryczne, analizę matematyczno-statystyczną oraz metody matematycznej teorii informacji. Zagadnienia związane m. in. z analizami rozmieszczenia (mapy potencjału, analizy koncentracji), dynamiki zjawisk, a także metody korelacji i metody tendencji.
17.	Eksploracja danych przestrzennych	Przegląd metod eksploracyjnej analizy danych ze szczególnym uwzględnieniem danych geoprzestrzennych, w tym zagadnienia klasyfikacji i grupowania, redukcji liczby zmiennych, odnajdywania wzorców przestrzennych. Klasyfikacja z użyciem drzew decyzyjnych i klasyfikatora Bayesowskiego, grupowanie hierarchiczne oraz ocena jakości klasyfikatorów i weryfikacji modeli.
18.	Data science w badaniach geoprzestrzennych	Zaawansowane przetwarzanie, analiza i modelowanie danych geoprzestrzennych. Wyszukiwanie trendów i zależności z wykorzystaniem technik eksploracyjnej analizy danych, uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji m.in.: rynku nieruchomości, zmian pokrycia terenu, rozmieszczenia ludności. Jakość danych i ich wpływ na efekt prognozowania i modelowania, a także efektywnego raportowania i wizualizacji wyników.
19.	Zaawansowane metody realizacji opracowań fotogrametrycznych	Problematyka filtracji obrazów radarowych. Wykorzystanie analizy falkowej w filtracji obrazów. Operacje morfologiczne na obrazach cyfrowych. Wyznaczenie MTF. Zasadnicze problemy współczesnej fotogrametrii cyfrowej. Systemy akwizycji obrazów cyfrowych – fotogrametryczne kamery cyfrowe oraz systemy satelitarne VHRS i Nano. Metody teledetekcyjne i fotogrametryczne pozyskiwania danych. Współczesne technologie fotogrametryczne – ich zastosowania w opracowaniach map sytuacyjno- wysokościowych, numerycznego modelu terenu oraz ortofotomap, a także map przestrzennych 3D. Zastosowanie Algorytmów Inteligencji Obliczeniowej we współczesnych opracowaniach fotogrametrycznych. Charakterystyka nowych metod dopasowania wieloobrazowego. Metodyka opracowania gęstych chmur punktów na podstawie obrazów.
20.	Programowanie w systemach informacji przestrzennej	Wykorzystywanie środowiska programistycznego, pojęcie procedury, funkcji oraz instrukcji przetwarzania danych. Sposób dostępu i przetwarzania danych przestrzennych bezpośrednio przy wykorzystaniu kodu programistycznego. Biblioteki umożliwiające przetwarzanie danych przestrzennych w środowisku .NET,

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		możliwości automatyzowania środowiska ArcGIS przy wykorzystaniu języka Python.
21.	Reference systems in geosciences	We live on a dynamic planet in constant motion that requires long-term continuous quantification of its changes in a truly stable frame of reference. To be understood in context, when the motion of the Earth's crust is observed, it must be referenced. The global geodetic frame of reference is the fundamental basis for measuring worldwide processes and is crucial for its proper interpretation especially for climatic studies. A terrestrial reference frame provides a set of coordinates of some points located on the Earth's surface. It can be used to measure plate tectonics, regional subsidence or loading and/or used to represent the Earth when measuring its rotation in space. This rotation is assessed with respect to a frame tied to stellar objects, called a celestial reference frame. The Earth Orientation Parameters (EOPs) connect these two frames together. Nowadays, four main geodetic techniques are used to compute accurate coordinates: the GPS (Global Positioning System), VLBI (Very Long Baseline Interferometry), SLR (Satellite Laser Ranging), and DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite). They all use networks of stations located on sites covering the whole Earth. Modern realizations are of kinematic type, which means that they include station positions and velocities. They model secular Earth's crust changes that is why they can be used to compare observations from different epochs. The Ph.D. students will learn about advancements of the International Terrestrial Reference System (ITRS) which is a World spatial reference system co-rotating with the Earth in its diurnal motion in space for the geodetic, but also astronomical, and geophysical communities.
22.	Global Geodetic Observing System	Global Geodetic Observing System (GGOS) is the Observing System of the International Association of Geodesy (IAG). GGOS and its related research and services address the relevant science issues related to geodesy, geodynamics and geophysics in the 21 st century, but also issues relevant to society, like global risk management, geo-hazards, natural resources, climate change, severe storm forecasting, sea level estimations and ocean forecasting, or the space weather. The Global Geodetic Observing System works with the IAG components to provide the geodetic infrastructure necessary for monitoring the Earth system and global change research. GGOS mission is to: (i) provide the observations needed to monitor, map, and understand changes in the Earth's shape, rotation, and mass distribution, (ii) provide the global geodetic frame of reference that is the fundamental backbone for measuring and consistently interpreting key global change processes and for many other scientific and societal applications, and (iii) benefit science and society by providing the foundation upon which advances in Earth and planetary system science and applications are built. Within this subject Ph.D. students will advance their understanding of the dynamic Earth system by quantifying our planet's changes in space and time and learn about the integration within the geodetic, geodynamic and geophysical communities at the highest level, in service to the technical community and society as a whole.
23.	Współczesne techniki fotogrametryczne	Nowoczesne podejście do opracowań fotogrametrycznych bazujące na wykorzystaniu najnowszych technik przetwarzania obrazów pozyskiwanych z różnych pułapów oraz wykorzystania ich zależności geometrycznych w zakresie pomiaru sytuacyjno-wysokościowego w obszarach obejmujących: opracowanie i aktualizację map, zasilanie topograficznych baz danych, wspomaganie budowy katastru 3D, a także współpracę z systemami mobilnymi w zakresie budowy wirtualnej rzeczywistości na różnych poziomach szczegółowości.
24.	Wybrane metody numeryczne w geodezji	Praktyczne wykorzystanie metod numerycznych do rozwiązywania problemów naukowo-technicznych (geodezji), idee i pojęcia metod numerycznych, algorytmy numeryczne, elementy programowania - skrypty obliczeniowe. Wykorzystanie wybranych bibliotek narzędziowych języków skryptowych typu Matlab, Octave i Scilab.
25.	Metody równoległego przetwarzania danych	Metody równoległego przetwarzania danych do rozwiązywania problemów naukowo-technicznych w geodezji. Idee i pojęcia metod przetwarzania równoległego danych. Wybrane algorytmy przetwarzania równoległego. Przykłady programów zrównoleglających obliczenia numeryczne. Metody przetwarzania równoległego języków skryptowych: Octave, Scilab. Metody i funkcje modułów Parallel Computing oraz MATLAB Distributed Computing Server Toolbox.
26.	Matematyczne podstawy	Tworzenie masek filtrów gradientowych i krawędziowych na podstawie schematów różnicowych konstruowanych metodą różnic skończonych (FDM) oraz metodą

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
	przetwarzania obrazów cyfrowych	elementu skończonego (FEM) (zbieżność, zgodność, rząd dokładności, π - jako pierwsza forma przybliżenia różniczkowego). Własności spektralne masek (macierze trzeciego i piątego stopnia), w tym widmowa funkcja przenoszenia i jej prezentacja graficzna. Dobroć maski określana jako iloraz widmowej funkcji przenoszenia badanego filtra i wid-mowej funkcji przenoszenia różniczkowego operatora Laplace'a. Działania na maskach (dodawanie, odejmowanie, obrót o 45°), określanie postaci operatora różniczkowego związanego z wynikami tych przekształceń (Laplasjan, bi-Laplasjan itp.). Filtry identyfikujące wyłącznie naroża (wierzchołki). Maska bi-Laplasjan kontra Harris corner detector.
27.	Metody numeryczne z algebrą liniową	Norma wektora, norma macierzy, norma indukowana. Norma 1, 2 i maksimum. Wskaźnik uwarunkowania macierzy. Wykorzystanie metod algebry liniowej w numerycznym (różnicowym) rozwiązywaniu zagadnień fizyki matematycznej (równanie adwekcji, dyfuzji, zagadnienie dyfuzji z adwekcją). Zbieżność i stabilność metody różnicowej. Widmowy operator przenoszenia. π - forma pierwszego przybliżenia różniczkowego. Dyfuzja numeryczna, kreacja. Analiza wybranych schematów różnicowych pod kątem własności spektralnych – schemat jawny, niejawny, pół-niejawny, Crank-Nicholson, Crank-Nicholson-Galerkin. Dyssypacja i dyspersja w schematach Laxa-Wendroffa oraz Beam-Warminga wykorzystywanych w inżynierii lądowej oraz w transporcie.

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: inżynieria materiałowa

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Badania strukturalne metodami dyfrakcji rentgenowskiej	Podstawowe pojęcia i prawa krystalografii. Translacja, sieć przestrzenna a sieć krystaliczna. Teoria sieci krystalicznej, Odległości międzypłaszczyznowe. Sieć odwrotna. Projektacja stereograficzna. Siatka Wulfa. Klasyfikacja ciał krystalicznych. Typy struktur. Dyfrakcja promieniowa rentgenowskiego na sieci krystalicznej. Budowa, zasada działania i możliwości analityczne dyfraktometru rentgenowskiego. Rentgenowska analiza jakościowa i ilościowa. Pomiary naprężeń i tekstury.
2.	Badania strukturalne metodami mikroskopii skaningowej	Pojęcia stosowanych w mikroskopii elektronowej. Zasady działania mikroskopów elektronowych (skaningowego i transmisyjnego). Podstawowe metody badawcze stosowane w mikroskopii elektronowej. Preparatyka stosowana w mikroskopii elektronowej odbiciowej i elektronowej transmisyjnej. Wybrane metodami zaawansowanych badań mikroskopowych (mikroanaliza składu chemicznego, dyfrakcyjna orientacja krystalitów, ilościowa analiza obrazu i przełomów).
3.	Badania właściwości mechanicznych tworzyw konstrukcyjnych	Ogólna charakterystyka prób technologicznych i wytrzymałościowych. Relacja naprężenie – odkształcenie w materiale konstrukcyjnym. Prawo Hooke'a, stałe materiałowe. Podział metod badań wytrzymałościowych w zależności od charakteru obciążenia. Charakterystyka wskaźników wytrzymałościowych wyznaczanych w testach laboratoryjnych. Statyczne metody pomiaru twardości i mikrotwardości. Statyczne testy wytrzymałościowe. Badania realizowane w podwyższonej temperaturze. Badania zmęczeniowe i udarowe. Podstawy mechaniki pękania.
4.	Fizyczne podstawy efektów elektrooptycznych w ciekłych kryształach	Fizyczne podstawy efektów elektrooptycznych w Ciekłych Kryształach (CK). Wybrane właściwości optyczne, dielektryczne, fleksoelektryczne, sprężyste i lepkościowe CK, oddziaływania uporządkowanej warstwy CK z zewnętrznym polem elektrycznym. Podstawowe efekty elektrooptyczne w CK takie jak: efekt rozpraszania dynamicznego, efekt Freedericksza, efekt TN (Twisted Nematic), efekt STN (Super Twisted Nematic). Przełączenia dwustabilne w Ferroelektrycznych Ciekłych Kryształach i trójstabilne w AntyFerroelektrycznych Ciekłych Kryształach.
5.	Kalorymetryczne, termogravimetryczne i wolumetryczne metody badania właściwości materiałów	Badanie materiałów, w szczególności materiałów do magazynowania wodoru w fazie stałej, z wykorzystaniem: kalorymetrii różnicowej, termogravimetrii oraz analiz metodami wolumetrycznymi. Rodzaje aparatury, zasady działania, metody kalibracji, dobre praktyki użytkowania, wady, zalety, możliwości i ograniczenia. Podstawy analizy wyników badań, korekcji wyników i doboru parametrów badania w celu uzyskania najlepszych rezultatów.
6.	Materiały półprzewodnikowe dla zastosowań optoelektronicznych	Podstawowe właściwości materiałów półprzewodnikowych stosowanych do konstrukcji przyrządów optoelektronicznych: struktury pasmowe, współczynnik absorpcji, mechanizmy generacji i rekombinacji nośników, ruchliwość nośników. Związki półprzewodnikowe materiałów grupy III-V stosowane w laserach półprzewodnikowych. Azotki grupy III-V stosowane w optoelektronice niebieskiej. Roztwory stałe II-VI w detekcji promieniowania podczerwonego. Niskowymiarowe struktury kwantowe (supersieci, studnie kwantowe, kropki kwantowe) w detekcji i generacji promieniowania elektromagnetycznego. Materiały dla fotowoltaiki I, II i III generacji (krzem, CdTe, CIS, CIGS, półprzewodniki organiczne).
7.	Nano i ultrakrystaliczne materiały konstrukcyjne	Nano i ultrakrystaliczne materiały inżynierskie – definicje i podstawowe pojęcia. Strukturalne uwarunkowania właściwości materiałów nano i ultrakrystalicznych. Metody otrzymywania materiałów o skrajnie rozdrobionej strukturze. Metody badań struktury materiałów nano i ultrakrystalicznych. Charakterystyka wybranych grup materiałów o strukturze nano i ultrakrystalicznej.
8.	Nanoporowaty anodowy tlenek aluminium: synteza, projektowanie i zastosowania	Mechanizm wzrostu anodowego tlenku aluminium (przewodnictwo jonowe, podstawowe reakcje chemiczne, transport jonowy indukowany naprężeniem sieci, itp.). Parametry geometryczne matrycy z anodowego tlenku aluminium (średnica porów, odległości między porami, itp.) oraz ich związek z zastosowanymi parametrami elektrochemicznej syntezy (temperatura, napięcie, czas). Proces samoorganizacji porów matrycy w układ heksagonalny. Anodyzacja miękka. Anodyzacja twarda. Anodyzacja pulsacyjna. Synteza nanostruktur za pomocą metod wspomaganych matrycą z anodowego tlenku aluminium (osadzanie elektrochemiczne, metody sol-gel, CVD, ALD). Zastosowania matrycy z anodowego tlenku aluminium (biosensory, filtry,

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		elementy optoelektroniczne, inżynieria tkankowa, itp.). Nowe perspektywy i tendencje rozwojowe związane z wytwarzaniem i zastosowaniem anodowego tlenku aluminium.
9.	Nietelekomunikacyjne zastosowania światłowodów	Technika interferencyjnych (fazowych) czujników światłowodowych. Terminologia stosowana w opisie czujników, ideologia matematycznego formalizmu opisu czujnika wraz z określeniem roli przetwornika jak i przetwarzania optycznego i elektronicznego sygnału. Metody budowy czujników punktową oraz o rozłożonym polu detekcji. Zwiększenie czułości czujników punktowych.
10.	Pomiary elementów części maszyn i urządzeń z wykorzystaniem współrzędnościowych technik pomiarowych	Wykorzystanie współrzędnościowych technik pomiarowych i profilometrii stykowej na różnych etapach procesu produkcyjnego. Właściwości metrologiczne współrzędnościowych maszyn pomiarowych i profilometrów stykowych. Programowanie wieloczujnikowej maszyny pomiarowej do przeprowadzenia pomiarów w ramach odbioru końcowego elementów części maszyn i urządzeń wytwarzanych w warunkach produkcji masowej.
11.	Planowanie eksperymentu i analiza danych przy wykorzystaniu programów Origin i Statistica	Zastosowanie programów komputerowych do planowania eksperymentu. Metody statystyczne. Możliwości programów Origin i Statistica w zakresie planowania eksperymentu i analizy danych.
12.	Podstawowe właściwości ciekłych kryształów	Ciekłe kryształy jako oddzielny stan skupienia materii. Klasyfikacja ciekłych kryształów. Struktura chemiczna mezogenów. Opis fazy ciekłokrystalicznej, pojęcia директора i parametru uporządkowania. Ciekłe kryształy jako ośrodki lepkosprężyste. Energia swobodna deformacji ciekłego kryształu. Uporządkowanie ciekłych kryształów. Anizotropia właściwości fizykochemicznych ciekłych kryształów. Elektrooptyka i magnetooptyka ciekłych kryształów. Optyka nieliniowa i akustooptyka ciekłych kryształów. Zastosowania.
13.	Programy Keysight Vee oraz Lab View w sterowaniu i obróbce danych	Podstawy programowania w języku LabView, w tym logika tzw. języka graficznego. Podstawowe struktury programistyczne - bloki sekwencyjne, pętle (for loop, while), struktury wyboru, feedback itp. Sposoby użycia obiektów różnych typów (numeric, string, bool) w tym w postaci macierzy i klastrów. Metody obróbki i przesyłania danych. Tworzenie algorytmu programu do sterowania zadaniem urządzeniem wg określonych założeń. Wykonanie programu sterującego urządzeniem w postaci „urządzenia wirtualnego”. Rozbudowa wykonanego programu o zadane elementy takie jak np. przyciski menu. Podstawy programowania w języku Keysight Vee, w tym logiki tzw. języka graficznego. Podstawowe struktury programistyczne - bloki sekwencyjne, pętle, struktury wyboru, instrukcje warunkowych, itp. Sposób użycia obiektów różnych typów w tym w postaci macierzy i zmiennych zespolonych. Podstawowe metody obróbki i przesyłania danych. Współpraca Keysight Vee – MS Excel. Opracowanie własnego algorytmu programu do sterowania zadaniem urządzeniem wg określonych założeń. Rozbudowa wykonanego programu o zadane elementy takie jak np. panel.
14.	Projektowanie procesów technologicznych dla metod przyrostowych typu Direct Deposition	Projektowanie elementów części maszyn i urządzeń z wykorzystaniem modelowania bryłowego i powierzchniowego. Zasady tworzenia i edycji oraz możliwości naprawy plików wymiany danych dedykowanych dla technik przyrostowych. Wstępna ocena funkcjonalności wyrobów we współbieżnym procesie produkcyjnym - definiowanie materiału, okna procesowego oraz generowanie plików źródłowych dla technik typu Rapid Prototyping. Projektowanie procesu technologicznego typu Direct Deposition - wytwarzanie docelowej serii produkcyjnej
15.	Spektroskopia dielektryczna	Spektroskopia dielektryczna (spektroskopia impedancyjna/spektroskopia zakresu radiowego) jako metoda eksperymentalna w inżynierii materiałowej oraz chemii a także w elektronice przy analizie właściwości materiałów stosowanych w elektronice. Zjawiska elektryczne na poziomie atomowym, molekularnym oraz makroskopowym (ośrodka). Podstawy teoretyczne (aparatury matematycznej) zjawisk relaksacyjnych w materii skondensowanej. Efekty pasywności w pomiarach impedancyjnych. Sprzęt badawczy (analizatory impedancyjne), eksperyment oraz analiza danych doświadczalnych w kontekście właściwości różnych materiałów.
16.	Strukturalne uwarunkowania właściwości materiałów	Terminologia, metodyka, krytyczny odbiór danych zewnętrznych, krytyczna ocena wyników rozwiązywania problemów naukowych w obszarze materiałowo-technologicznym. Doskonalenie w formułowaniu założeń badawczych, celów naukowych, analizy wyników i wnioskowania.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
17.	Współczesne metody charakteryzacji materiałów	Podstawy metod charakteryzacji materiałów. Oczyszczanie materiałów. Densytometria. Metody badania właściwości cieplnych, elektrycznych, magnetycznych i optycznych. Spektroskopia UV, IR, Ramana i Mossbauera. Wybrane specjalistyczne metody spektroskopowe. Mikroskopia elektronowa TEM i SEM. Mikroskopia sił atomowych i skaningowa mikroskopia tunelowa. Rentgenografia, elektronografia i neutronografia. Metody badania materiałów fotonicznych, nanomateriałów i meta materiałów. Ścieżka charakteryzacji materiału.
18.	Współczesne systemy zobrazowania informacji i kierunki ich rozwoju	Współczesne systemy zobrazowania do obserwacji bezpośredniej: ciekłokrystaliczne, organiczne LED, mikroled, wyświetlacze elastyczne i zwijane. Omówienie wykorzystywanych efektów, materiałów. Poziom osiągniętych rozwiązań, ograniczenia wynikające z fizyki efektów, możliwości materiałowych, dostępnej technologii. Systemy projekcyjne wykorzystywane efekty, rozwiązania poczynając od systemów kinowych poprzez dydaktyczne na mikro-projektorach skończywszy. Kierunki rozwoju wyświetlaczy i systemów projekcyjnych. Szczególny nacisk zostanie położony na powiązanie wiedzy o efektach fizycznych wykorzystywanych w budowie wyświetlaczy, nowych materiałach (łącznie z strukturami nano- wykorzystywanymi w LCD, OLED-ach i mikroLEDach), i możliwości współczesnej technologii z zachowaniem wymagań względem ochrony środowiska.
19.	Wysokoenergetyczne mielenie kulowe i mechaniczna synteza	Zagadnienia związane wysokoenergetycznym rozdrabnianiem materiałów w młynkach kulowych jak również stopowaniem mechanicznym. Rodzaje młynków kulowych, zasada ich działania, możliwości i uzyskiwane efektami mielenia. W ramach zajęć zostaną przeprowadzone próby syntezy mechanicznej stopów wybranych metali oraz rozdrabniania wysokoenergetycznego czystych metali i ich stopów a także wybranych materiałów ceramicznych.
20.	Zaawansowane materiały do magazynowania wodoru	Założenia idei gospodarki wodorowej wraz z jej ograniczeniami. Charakterystyka metod magazynowania wodoru z uwzględnieniem materiałów do magazynowania w formie stałej. Materiały do magazynowania wodoru w oparciu o adsorpcję. Niskopojemnościowe materiały do magazynowania wodoru w temperaturze pokojowej. Materiały do magazynowania wodoru na bazie magnezu. Wodorki kompleksowe jako wysokopojemnościowe materiały do magazynowania wodoru. Metody poprawy zdolności materiałów do wodorowania. Metody badania materiałów do magazynowania wodoru.
21.	Podstawy plazmoniki i metamateriałów	Podstawowe definicje dotyczące plazmoniki i metamateriałów. Podstawy fizyczne, oddziaływanie fal elektromagnetycznych o różnej częstotliwości z metamateriałami w różnych zakresach długości fal, plazmony powierzchniowe, metapowierzchnie. Uwarunkowania technologiczne realizacji metamateriałowych struktur jedno-, dwu- i trójwymiarowych. Wymagania i ograniczenia fizyczne oraz technologiczne dla różnych typów metamateriałów, a także wykorzystanie klasycznych technologii do wytwarzania nano- i metamateriałów. Metody symulacji właściwości wybranych struktur metamateriałowych i plazmonicznych oraz metodami charakteryzacji metamateriałów i struktur o rozmiarach nanometrowych przy zastosowaniu mikroskopii AFM, STM itp. do oceny właściwości i kształtowania SRR. Zastosowanie struktur metamateriałowych w urządzeniach fotonicznych oraz perspektywy rozwoju nano- i metamateriałów ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań wojskowych.
22.	Optoelektroniczne Techniki Zobrazowania i Przetwarzania Informacji	Barwne widzenie, postrzeganie informacji czarno-białej i barwnej oraz współzależnością człowiek – wyświetlacz – zobrazowanie, wymagania wyświetlaczy i ergonomią różnych typów zobrazowań. Podstawy fizyczne i teoretyczne efektów wykorzystywanych w wyświetlaczach i ich uwarunkowania. Wyświetlacze aktywne - fluorescencyjne, plazmowe, elektroluminescencyjne, budowa, parametry charakterystyczne, przeznaczenie oraz wyświetlacze pasywne - ciekłokrystaliczne, elektroforetyczne, budowa, parametry i uwarunkowanie zastosowań. Wyświetlacze ciekłokrystaliczne segmentowe i multipleksowe oraz wyświetlacze ciekłokrystaliczne sterowane matrycą aktywną. Systemy projekcyjne, wyświetlacze wielkoformatowe, przeznaczenie, wady, zalety. Materiały organiczne i nieorganiczne dla wyświetlaczy oraz charakterystyka ich właściwości i elementy technologii wykonania wyświetlaczy oraz charakterystyka procesów technologicznych, metody kontroli i oceny parametrów użytkowych wyświetlaczy. Sposoby realizacji zobrazowań trójwymiarowych, metody realizacji i zastosowania, teleimersja.
23.	Wybrane materiały i struktury funkcjonalne	Właściwości i zastosowania takich materiałów i struktur jak: optyczne podłoża szklane i polimerowe do budowy przetworników elektrooptycznych, warstwy

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
	dla zastosowań fotonicznych	funkcyjne tlenkowe i organiczne wykorzystane jako warstwy antyrefleksyjne, filtry pasmowe i krawędziowe, transparentne warstwy przewodzące organiczne i nieorganiczne, nanomateriały do zastosowań organicznych, polimery fotoniczne i ciekłe kryształy tym struktury kompozytowe. Budowa, konstrukcja i działanie wybranych elementów fotonicznych, wykonywanych w oparciu o min. ww. materiały funkcyjne; przestrzenny modulator światła, dynamiczne płytki falowe, dynamiczne elementy optyki dyfrakcyjnej (siatki dyfrakcyjna.), wiry optyczne, mikrolasery oparte o struktury samoorganizujące się, komórki Kerra i Pockelsa, materiały i elementy optyczne dla zobrazowania przestrzennego i inne.
24.	Komputerowa analiza obrazu w inżynierii materiałowej	Podstawy stereologii, w tym podstawowymi założeniami i realizacji stereologicznymi. Metody detekcji i procedury binaryzacji niezbędne do ilościowej analizy obrazu. Podstawy akwizycji i przetwarzania obrazów (m.in. przekształcenia morfologiczne, operacje logiczne i arytmetyczne). Procedury realizowane w trakcie komputerowej analizy obrazu w badaniach rzeczywistych materiałów inżynierskich.
25.	Wytwarzanie przyrostowe materiałów funkcjonalnych	Praktyczne aspekty wytwarzania przyrostowego funkcjonalnych materiałów metalicznych przy pomocy techniki laserowej LMD/LENS. Wpływ parametrów wytwarzania na możliwość kształtowania mikrostruktury, struktury i właściwości materiałów funkcjonalnych.
26.	Metody wzmacniania emisji światła z nanostruktur półprzewodników szerokopasmowych	Podstawowe rodzaje półprzewodników szerokopasmowych. Właściwości luminescencyjnych półprzewodników szerokopasmowych na konkretnych przykładach (np. GaN, ZnO, SnO ₂). Metody syntezy nanostruktur. Modulowanie właściwości optycznych nanostruktur na etapie syntezy. Post-syntetyczne metody wzmacniania luminescencji. Domieszkowanie intencjonalne półprzewodników szerokopasmowych. Zjawisko przeniesienia ładunku i energii. Zjawisko powierzchniowego rezonansu plazmonowego (SPR) oraz zlokalizowanego rezonansu plazmonów powierzchniowych (LSPR). Plazmonowe wzmocnienie świecenia z nanostruktur półprzewodników – podstawowe kryteria sprzężenia SPR lub LSPR z częstotliwością przejść optycznych w półprzewodnikach na granicy metal/półprzewodnik.
27.	Elektrochemiczna synteza powłok antyrefleksyjnych, super-hydrofobowych oraz kryształów fotonicznych	Podstawowe wiadomości dotyczące wytwarzania porowatego anodowego tlenku aluminium (AAO). Parametry elektrochemicznej syntezy. Zjawisko interferencji konstruktywnej i destrukcyjnej. Interferencja jednowarstwowa i wielowarstwowa. Cechy idealnej powłoki antyodbiciowej. Powłoki antyrefleksyjne o stopniowanym współczynniku załamania światła. Mikrostruktura oka śmy. Zwilżalność powierzchni. Powierzchnie wysokoenergetyczne a niskoenergetyczne. Histereza kąta zwilżania. Zwilżanie teksturowanych powierzchni: model Wenzela a model Cassie-Baxtera. Ogólna charakterystyka kryształów fotonicznych 1D, 2D i 3D. Ubarwienie strukturalne. Inspiracje czerpane z natury, czyli co to jest biomimetyka. Wieloetapowa elektrochemiczna synteza AAO o stożkowych kształcie porów. Elektrochemiczne wytwarzanie kryształów 1D metodą pulsacyjną. Projektowanie sekwencji impulsów napięciowych lub prądowych z uwzględnieniem procesów limitowanych dyfuzją oraz szybkością transportu jonów przez warstwę barierową. Sterowanie parametrami elektrochemicznej syntezy w celu uzyskania żądanych właściwości fotonicznych kryształów fotonicznych na bazie AAO.
28.	Modelowanie przyrządów półprzewodnikowych.	Geneza równań transportu wyprowadzonych w oparciu o zasady zachowania i postulaty termodynamiki procesów nieodwracalnych. Mechanizmy generacyjno-rekombinacyjne odpowiedzialne za wielkość koncentracji nośników ładunku. Wkład procesów międzypasmowych oraz mechanizmów SHR z udziałem defektów punktowych, dyslokacji i stanów powierzchniowych. Modelowanie procesów i określanie przekrojów czynnych. Mechanizm absorpcji międzypasmowej promieniowania. Konstrukcja schematów iteracyjnych umożliwiających numeryczne rozwiązywanie układu równań transportu. Zapis na siatce numerycznej. Problemy związane z rozwiązywaniem numerycznym równań nieliniowych. Będzie mógł napisać fragment programu jako zadanie zaliczające przedmiot. Fragment ten będzie można implementować do mojego programu w celu zaprojektowania konkretnego przyrządu lub zbadania parametrów fizycznych struktury.
29.	Stopy o wysokiej entropii – synteza, struktura, badania i właściwości	Najnowsza grupa materiałów – tzw. stopy o wysokiej entropii. Teoretyczne aspekty ich powstawania i stabilności, właściwości, struktura, metody syntezy oraz obróbka cieplna. Praktyczne próby syntezy i badania właściwości stopów z tej grupy.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
30.	Wytwarzanie przyrostowe stopów na osnowie faz międzymetalicznych	Specyficzne aspekty związane z wytwarzaniem przyrostowym stopów na osnowie faz międzymetalicznych (w szczególności FeAl). Wpływ parametrów wytwarzania na możliwość kształtowania mikrostruktury, struktury i właściwości tych materiałów.
31.	Kombinatoryjne wytwarzanie i badania materiałów inżynierskich	Możliwości wykorzystanie laserowych technik przyrostowych typu DED do kombinatorycznego poszukiwania nowych materiałów inżynierskich. W ramach zajęć zostaną przeprowadzone próby syntezy zarówno ciągłych jak i dyskretnych bibliotek stopów oraz możliwości ich szybkiego badania.
32.	Reaktywne mechaniczne mielenie jako metoda syntezy nowoczesnych materiałów do magazynowania wodoru w fazie stałej.	Synteza materiałów do magazynowania wodoru w fazie stałej z wykorzystaniem reaktywnego mielenia w atmosferze wodoru w młynkach kulowych. Próby syntezy wybranych wodorków metali oraz wodorków kompleksowych oraz badania wpływu warunków syntezy na jej rezultat oraz właściwości wytworzonego materiału.
33.	Techniki przyrostowe z elementami inżynierii odwrotnej	Urządzenia wykorzystywane w inżynierii odwrotnej. Edycja i obróbka chmury punktów oraz generowanie plików STL z uwzględnieniem specyfiki technologicznej. Przygotowanie do druku 3D (pozycjonowanie modelu, wybór materiału, stopnia wypełnienia, podział na warstwy, generowanie kodu źródłowego). Wielowariantowe wytwarzanie modeli o złożonej geometrii technikami FDM i SLA. „Post-processing” i ocena jakości uzyskanych wydruków z wykorzystaniem skanera 3D i mikrotomografu komputerowego.
34.	Przegląd technik przyrostowych wykorzystywanych we współczesnej technice	Idea, rozwiązania techniczne i tendencje rozwojowe druku 3D. Przegląd metod przyrostowych wykorzystywanych w strategicznych gałęziach przemysłu – uwarunkowania materiałowe, technologiczne i ekonomiczne. Specyfika przetwarzania wysokowytrzymałych tworzyw termoplastycznych wykorzystywanych w lotnictwie i medycynie – urządzenia, parametry technologiczne druku 3D. Ocena jakości geometrycznej i metalurgicznej przykładowych części maszyn drukowanych z wykorzystaniem różnych technik przyrostowych. Technologie przyrostowe a Przemysł 4.0.
35.	Wybrane zagadnienia z druku 3D	Analiza możliwości wytwarzania elementów konstrukcyjnych z wykorzystaniem technik typu Rapid Manufacturing. Specyfika przetwarzania zaawansowanych materiałów konstrukcyjnych z wykorzystaniem laserowych metod kształtowania przyrostowego. Badania materiałowe i ocena jakości geometrycznej wydruków. Tradycyjne a laserowe metody regeneracji elementów części maszyn i urządzeń. Analiza możliwości odtwarzania wskaźników eksploatacyjnych elementów części maszyn i urządzeń z wykorzystaniem półprzemysłowego systemu LENS – wielokryterialna ocena jakości.
36.	Warsztat pracy badacza 1 – narzędzia do pisania tekstów naukowych	Przedmiot wprowadza doktoranta w zagadnienia związane z podstawowymi metodami tworzenia tekstów opisujących wyniki prac badawczych w tym zaawansowane wykorzystanie funkcji programów: MS Word, LATEX, ENDNOTE, MENDELEY oraz praktyczne sposoby tworzenia rysunków tabel i cytowania. Dodatkowo doktoranci zapoznawani są z metodyką doboru właściwego czasopisma i praktycznymi wskazówkami podczas wysyłania manuskryptów do publikacji w prestiżowych czasopismach.
37.	Warsztat pracy badacza 2 – pisanie artykułów naukowych	Przedmiot wprowadza doktoranta w zagadnienia związane z podstawowymi metodami projektowania zawartości artykułów naukowych, wykorzystywanym słownictwem, metodami opracowania graficznego wyników i wykorzystywania software u pomocnego podczas tworzenia tekstów naukowych. Dodatkowo przedstawione zostaną sposoby analizy literatury, etyka tworzenia tekstów naukowych i doboru składu autorskiego podstawy metodologii opracowania wyników jak również możliwości wykorzystania oprogramowania i usług korygujących językowo teksty naukowe.
38.	Warsztat pracy badacza 3 – pisanie artykułów naukowych	Przedmiot wprowadza doktoranta w zagadnienia związane z szacowaniem niepewności pomiarów w pracach naukowych. Zagadnienia poruszane na zajęciach ukierunkowane są na poznanie praktycznych metod wyznaczania niepewności w realnych pomiarach. Teoretyczne aspekty tj. aparat matematyczny wykorzystywany w szacowaniu niepewności jest zredukowany do niezbędnego minimum. Część zajęć jest przeznaczona na rozwiązanie zagadnień zgłoszonych przez doktorantów.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
39.	Mechanika kwantowa w przykładach	Przedmiot ma na celu szczegółowe rozwiązanie i przeanalizowanie najważniejszych przykładów opisujących zachowanie się cząstek w mikroświecie w języku mechaniki kwantowej. Po wprowadzeniu do mechaniki falowej zostaną przeanalizowane następujące przykłady: cząstka swobodna; transmisja(odbicie) przez próg potencjału; transmisja(odbicie) przez barierę potencjału (efekt tunelowy); nieskończona jama potencjału; skończona jama potencjału; oscylator harmoniczny; model Kröniga-Penneya; rozwiązanie zagadnienia potencjału kulombowskiego.

Załącznik VI.5
do Programu kształcenia w Szkole Doktorskiej WAT

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: inżynieria mechaniczna

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Analizy numeryczne w konstrukcjach nośnych	Podstawy teoretyczne metod numerycznych analizy konstrukcji nośnych z uwzględnieniem analiz wieloetapowych, strategia komputerowej symulacji MES zagadnień dwu- i trójwymiarowych w dziedzinie mechaniki i wytrzymałości materiałów oraz metodyka uproszczeń (redukcji schematów statycznych) rzeczywistych konstrukcji umożliwiającą utworzenie poprawnego i efektywnego modelu numerycznego. Metody modelowania konstrukcji mechanicznych ze szczególnym uwzględnieniem konstrukcji nośnych za pomocą preprocesorów graficznych. Budowa modeli 2D i 3D do analizy w zakresie wybranych zagadnień inżynierskich, wykonanie obliczeń ze zwróceniem uwagi na dobór optymalnych parametrów analizy oraz ocena poprawności wyników obliczeń z zastosowaniem metod analitycznych i dostępnych wyników badań eksperymentalnych, na przykładzie elementów i podzespołów pojazdów, konstrukcji specjalnych i nośnych.
2.	Autonomia robotów mobilnych	Wstęp, definicje, elementy składowe konstrukcji robotów mobilnych. Układy napędowe robotów kołowych. Nawigacja i samolokalizacja robotów. Nawigacja z wykorzystaniem znaczników. Odometria, metody poprawy wyników samolokalizacji. Określanie pozycji robota na podstawie mapy. Metody planowania ścieżki robota mobilnego. Planowanie lokalne, metody probabilistyczne. Zadania, budowa, architektura systemów sterowania Systemy wizyjne w robotyce mobilnej. Roboty kroczące. Zastosowania autonomicznych robotów mobilnych.
3.	Badania nieniszczące statków powietrznych	Rodzaje wad, defektów i uszkodzeń zagrażających bezpieczeństwu eksploatacji obiektów technicznych. Metody badań nieniszczących – podstawy fizyczne. Metody wizualne i penetracyjne. Metoda ultrasonograficzna. Metody akustyczne. Metoda prądowirowa. Metoda termograficzna. Metoda prześwietlania. Shearography i DSight. Metody badań nieniszczących – zalety, wady i ograniczenia w stosowaniu. Certyfikacja badań nieniszczących.
4.	Biomechanika ruchu ciała człowieka podczas wypadku drogowego	Biomechanika ciała człowieka. Analiza antropometryczna człowieka. Obciążenia dynamiczne a proces powstawania obrażeń. Podstawy budowy manekinów pomiarowych. Podstawy modelowania ciała człowieka. Symulacja komputerowa ruchu modelu ciała człowieka i badania eksperymentalne. Obliczanie ryzyka obrażenia głowy, torsu i ud. Modele prognozy ryzyka obrażeń.
5.	Budowa i eksploatacja robotów przemysłowych	Budowa i zasada eksploatacji robotów przemysłowych. Zasady robotyzacji linii produkcyjnych. Środowiska i języki do programowania robotów przemysłowych
6.	Cyfrowe przetwarzanie sygnałów	Modele matematyczne sygnałów deterministycznych. Zaawansowane techniki próbkowania sygnału. Wybrane problemy analizy sygnałów dyskretnych w dziedzinie czasu i częstotliwości. Rozdzielczość częstotliwościowa cyfrowych algorytmów analizy widmowej. Algorytm szybkiego spłotu. Wybrane specjalizowane implementacje filtrów cyfrowych. Podstawy projektowania filtrów cyfrowych. Decymacja i interpolacja sygnałów cyfrowych. Cyfrowa konwersja widma sygnału. Bezpośrednia cyfrowa metoda generacji sygnałów (DDS). Odbiornik programowy.
7.	Dynamika konstrukcji układów mechatronicznych	Zagadnienia modelowania układów mechatronicznych. Elementy analizy ruchu i drgań układów liniowych o jednym i wielu stopniach swobody. Elementy analizy ruchu nieliniowych układów mechatronicznych. Badanie stateczności układów mechatronicznych liniowych i nieliniowych. Drgania samowzbudne. Metody pomiaru drgań układów mechatronicznych.
8.	Dynamika ruchu samochodu	Modelowanie ruchu samochodu. Modelowanie ruchu na podłożu twardym, zaśnieżonym i na podłożu odkształcalnym. Analiza dynamiki ruchu prostoliniowego i krzywoliniowego. Sterowność i stateczność. Pokonywanie przeszkód terenowych. Kołowy i gąsienicowy układ jezdny. Modelowanie procesu zderzenia samochodu z przeszkodą. Analiza drgań i komfortu jazdy samochodu.
9.	Dynamika i modelowanie układów hydrostatycznych	Zasady dynamiki układów hydrostatycznych. Opis dynamiki zespołów i układów napędowych. Stany ustalone i nieustalone, procesy rozruchowe. Analiza dynamiczna i jej opis. Modelowanie zespołów, podzespołów, elementów i układów napędowych hydrostatycznych. Układy otwarte i zamknięte. Modelowanie układów hydrostatycznych w programie MATLAB-SIMULINK.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
10.	Dynamika układów wielocłonowych	Podstawy teoretyczne metod numerycznych analizy z zastosowaniem brył sztywnych i strategia komputerowej symulacji multibody z zastosowaniem różnych algorytmów formułowania równań ruchu i ich całkowania. Przegląd środowisk programów do analiz multibody i przykładowe rozwiązania w dziedzinie inżynierii mechanicznej. Metody modelowania konstrukcji mechanicznych za pomocą brył sztywnych w układach płaskich i przestrzennych. Budowa modeli płaskich i przestrzennych z zastosowaniem różnych aplikacji do analizy kinematyki i dynamiki układów wielocłonowych w zakresie wybranych zagadnień inżynierii mechanicznej. Wielowariantowe analizy numeryczne ze zwróceniem uwagi na dobór optymalnych parametrów obliczeń oraz ocenę poprawności otrzymanych wyników z zastosowaniem metod analitycznych i eksperymentalnych.
11.	Impulsowe obciążenia pojazdów mechanicznych – wybrane zagadnienia	Warunki eksploatacji pojazdów mechanicznych, obciążenia dynamiczne – źródła. Obciążenia impulsowe – charakterystyka. Badania eksperymentalne i modelowe obciążeń impulsowych działających na pojazdy, metody i rozwiązania konstrukcyjne zmniejszające skutki tych oddziaływań.
12.	Komputerowe wspomaganie eksploatacji maszyn	Potrzeby informacyjne systemu eksploatacji. Zarządzanie informacjami – system informacyjny. Charakterystyka oprogramowania komputerów. Projektowanie i eksploatacja systemów informatycznych zarządzania. Cechy systemów informatycznych wspomagania zarządzania eksploatacją. Usługi teleinformatyczne w zarządzaniu.
13.	Kształtowanie bezpiecznego nadwozia samochodu	Budowa nadwozia - kształtowanie stref energochłonnych i stref przeżycia; budowa płyty podłogowej. Szacowanie energii rozproszonej przez nadwozie podczas zderzenia. Materiały stosowane w budowie nadwozi. Wyposażenie nadwozia - elementy bezpieczeństwa biernego i prewencyjnego. Powłoki lakiernicze. Testy zderzeniowe.
14.	Materiały kompozytowe w budowie i eksploatacji maszyn	Definicja i klasyfikacja materiałów kompozytowych. Właściwości wytrzymałościowe i użytkowe materiałów kompozytowych. Technologie wytwarzania materiałów kompozytowych. Badania wykorzystywane w doświadczalnej analizie właściwości mechanicznych kompozytów. Łączenie materiałów kompozytowych. Połączenia typu metal-kompozyt. Eksploatacja materiałów kompozytowych. Naprawy struktur kompozytowych.
15.	Metoda elementów skończonych	Wybrane przykłady zastosowań MES. MES w ujęciu przemieszczeniowym. Konstrukcje prętowe. Elementy trójkątne i czworokątne. Płaski stan naprężenia i odkształcenia. Zagadnienia osiowo-symetryczne. Elementy płytowe i powłokowe w ujęciu MES. Elementy trójwymiarowe. Parametry doboru przy tworzeniu siatki MES – kryteria. Sformułowanie izoparametryczne elementów skończonych. Funkcje kształtu. Definicja warunków początkowo-brzegowych. Modele materiałowe w ujęciu MES. Budowa macierzy sztywności. Agregacja macierzy globalnej. Transformacje wielkości pomiędzy układami współrzędnych. Macierzowe równanie równowagi. Metody rozwiązywania układów równań. Analiza modelu i wyników. Podstawy metod adaptacyjnych wraz z kryteriami. Określenie i miary błędów.
16.	Metody analizy wyników badań numeryczno – eksperymentalnych	Wybrane przykłady deterministyczne oraz stochastyczne w metodyce badań pozwalającej wykorzystać wyniki badań eksperymentalnych zarówno w procesie walidacji modeli numerycznych jak i weryfikacji otrzymanych wyników za pomocą nieliniowej metody najmniejszych kwadratów, weryfikacji hipotez statystycznych, czy też analizy wariancji ANOVA.
17.	Metody badania stanu maszyn	Podstawowe pojęcia i definicje. Stan obiektu. Model obiektu. Metody analizy i rozpoznawania stanu obiektu. Klasyfikacja i rozpoznawanie stanów awaryjnych obiektów. Kryteria i zasady wyboru zmiennych decyzyjnych. Procedury i metody badania stanu maszyny. Wybrane aspekty budowy systemów pomiarowo-diagnostycznych. Wibroakustyczne systemy badania stanu maszyn. Tomografia komputerowa maszyn. Wykorzystanie sztucznej inteligencji w badaniach stanu maszyn.
18.	Metody eksperymentalne badania właściwości termofizycznych ciał stałych	Właściwości termofizyczne ciał stałych, przewodność cieplna, ciepło właściwe, dyfuzyjność cieplna, rozszerzalność cieplna. Właściwości mechaniczne ciał stałych – dynamiczna analiza mechaniczna (DMA).
19.	Metody i techniki badań właściwości	Metody badań właściwości mechanicznych w warunkach quasi-statycznego obciążenia. Próby udarnościowe. Metody wyznaczania stałych materiałowych. Metody statycznych badań wytrzymałościowych materiałów elastomerowych i ceramicznych. Metody pomiarów twardości i mikrotwardości. Metody pomiaru

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
	mechanicznych materiałów	odkształceń podczas prób wytrzymałościowych. Metody badań właściwości mechanicznych materiałów w warunkach uderowego obciążenia. (test Hopkinsona, test Taylora, test pierścieniowy).
20.	Metody numeryczne w zastosowaniach inżynierskich	Podstawowe pojęcia związane z obliczeniami numerycznymi, źródła błędów. Interpolacja i aproksymacja. Różniczkowanie i kwadratury. Układy równań liniowych. Algebraiczne zagadnienie własne. Metody rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych. Liniowe zagadnienie najmniejszych kwadratów. Analiza fourierowska. Elementy optymalizacji. Informacja o innych obszarach analizy numerycznej (równania różniczkowe cząstkowe, metody stochastyczne itd.).
21.	Metody numeryczne w inżynierii mechanicznej	Podstawy metod numerycznych. Wielomiany interpolacyjne. Metody aproksymacji. Metody całkowania. Metody rozwiązywania układów równań. Metody rozwiązywania równań nieliniowych. Metody rozwiązywania równań różniczkowych. Zastosowanie metod numerycznych w inżynierii mechanicznej w tym w systemach CAD/CAE.
22.	Metody projektowania i optymalizacji struktur lotniczych	Parametryzacja geometrii struktur aerodynamicznych, bezwymiarowe współczynniki kształtu. Metody optymalizacji w zastosowaniach aplikacyjnych. Numeryczne metody optymalizacji: modelowanie strukturalne, optymalizacja kształtowo-wymiarowa. Etapy procesu optymalizacji. Wskaźniki jakości samolotów, modelowanie zadań i misji w zadaniach optymalnego projektowania statków powietrznych. Zbieżna i rozbieżna spirala projektowania. Systemy i układy podlegające procesowi optymalizacji: geometria, aerodynamika, zespół napędowy, misja, osiągi, struktura i własności masowe. Język programowania GRIP dla systemu Siemens NX. Zastosowanie języka GRIP do procesów poszukiwania optymalnej geometrii projektowanego obiektu optymalizacji z wykorzystaniem zintegrowanych systemów projektowania.
23.	Modele konstytutywne materiałów w analizie MES	Opis matematyczny modeli konstytutywnych materiałów takich jak stałe, stopy, gumy, elastomery, piany, ceramika itd. Badania eksperymentalne służące wyznaczeniu parametrów modeli. Analizy numeryczne z wykorzystaniem poznanych modeli materiałów.
24.	Modelling of heat transfer processes	The subject prepares to formulate mathematical models of heat and mass transfer processes, which require solution of the boundary-value problems for systems of partial differential equations. Within the framework of lectures mechanisms of complex and coupled (conductive-radiative) heat and mass transfer, constitutive equations of Cattaneo-Vernotte and Tzou dual-phase lag models, selected analytical as well as numerical methods of solution both the direct (including phase transitions) and the inverse heat conduction problems are discussed. During tutorials and laboratory practices PhD students use practically knowledge gained in lectures to find analytical solution of simple radiative heat transfer problems and they are searching for numerical solutions of coupled heat and mass transfer problems by using their own numerical codes as well as commercial software
25.	Modelowanie i symulacja zagadnień mechatroniki	Zasady modelowania fizycznego, matematycznego i identyfikacji parametrycznej modelu. Zastosowanie środowiska Matlab/Simulink w symulacji zagadnień mechatroniki
26.	Modelowanie i symulacja nieliniowych zagadnień mechaniki	Opis realizacji deformacji ciał stałych charakteryzujących się nieliniowością fizyczną w zakresie małych i dużych odkształceń. Zapoznanie się z metodami numerycznymi do rozwiązywania zagadnień nieliniowych oraz metodami udokładniającymi rozwiązanie.
27.	Modelowanie parametryczne i optymalizacja konstrukcji z zastosowaniem MES	Podstawy teoretyczne procedury optymalizacji. Algorytmy optymalizacyjne. Metody optymalizacji konstrukcji z wykorzystaniem analiz strukturalnych MES. Metody tworzenia modeli parametrycznych MES przy użyciu skryptów preprocesorów. Analiza wyników optymalizacji. Optymalizacja topologiczna.
28.	Modelowanie przepływów	Metody komputerowego modelowania procesów przepływowych w podstawowych i stosowanych zagadnieniach dynamiki ruchu płynu. Symulacyjne metody badań zagadnień opływowych. Podstawy modelowania procesów przepływowych. Sformułowania zachowawcze podstawowych równań mechaniki płynów, warunki brzegowe w zagadnieniach obliczeniowych, podstawowe schematy numeryczne i podstawowy solver obliczeniowy CFD - Fluent. Modelowanie turbulencji przepływów, w tym uśrednione równania Naviera-Stokesa, tensor naprężeń turbulentnych, możliwości i problemy modelowania turbulencji. Bezpośrednie metody rozwiązywania ruchów turbulentnych (tzw. metoda DNS), metoda dużych wirów (LES). Odwzorowanie złożonych obiektów badań symulacyjnych, budowa

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		i wykonywanie podstawowych operacji na siatkach obliczeniowych, analiza wiarygodności i dokładności wyników modelowania numerycznego.
29.	Modelowanie ruchu maszyn	Ogólne zasady modelowania układów mechanicznych, hydrostatycznych, elektromechanicznych. Procesy deterministyczne i losowe. Budowa modeli symulacyjnych. Identyfikacja parametrów modeli i ich walidacja. Charakterystyki podstawowych członów dynamicznych. Podstawy dynamiki układów o zmiennej masie.
30.	Modelowanie struktur kompozytowych	Zastosowanie laminatów. Konfiguracja laminatu. Mikromechanika i makromechanika laminatów. Modelowanie na poziomie laminy i laminatu. Wyznaczanie parametrów materiałowych. Sztywność i wytrzymałość laminatów. Hipotezy wytrzymałościowe. Elementy projektowania i modelowanie struktur kompozytowych (laminatowych). Analiza wytrzymałości struktury kompozytowej dla wybranych stanów obciążenia.
31.	Modelowanie zjawiska kontaktu w mechanice konstrukcji	Ogólny podział zjawisk kontaktowych. Podstawy matematyczne opisu i rozwiązania zagadnienie kontaktu. Algorytmy definiowania i rozwiązywania zagadnienia kontaktu w środowisku komputerowego wspomaganie obliczeń inżynierskich. Zastosowanie podejścia wielkoskalowego.
32.	Modelowanie i badania procesów współpracy koła z jezdnią	Zagadnienia modelowania i badań procesów współpracy koła z jezdnią w zakresie niezbędnym do modelowania dynamiki ruchu pojazdu (wybrane modele matematyczne, metody i techniki badań kół ogumionych na stanowisku bębnowym oraz przy pomocy przyczepy badawczej).
33.	Modelowanie ruchu i sterowania samochodu	Przegląd modeli dynamiki ruchu pojazdu oraz z modeli opisujących układ: kierowca-pojazd-droga (modele dynamiki poprzecznej samochodu w różnych konfiguracjach sterowania).
34.	Nowoczesne technologie spajania materiałów konstrukcyjnych	Zgrzewanie tarciove z przemieszanie (FSW), spawania wiązką lasera (LBW), obszary zastosowania i właściwości wytrzymałościowe uzyskiwanych połączeń spójnościowych. Wpływ procesów spajania na mikrostrukturę wybranych materiałów konstrukcyjnych. Obróbka cieplna i mechaniczna połączeń spójnościowych FSW i LBW.
35.	Nowoczesne systemy projektowania i wytwarzania CAD\CAM\Additive Manufacturing	Systemy komputerowego wspomaganie procesów projektowania, konstruowania i wytwarzania CAx. Systemy wspomaganie procesów technologicznych CAM. Technologia wytwarzania przyrostowego – Techniki Rapid-prototyping, Rapid-manufacturing i inżynieria odwrotna.
36.	Odnawialne źródła energii	Znaczenie energii w rozwoju współczesnej cywilizacji. Współczesne źródła energii oparte na surowcach kopalnych i czynniki ekologiczne. Źródła energii odnawialnej. Energia słoneczna. Energia wiatrowa. Energia wodna. Energia geotermalna. Bioenergia. Energia z wykorzystania wodoru jako paliwa przyszłości. Systemy akumulowania energii.
37.	Oprogramowanie inżynierskie CAE	Przegląd systemów do wspomaganie prac inżynierskich CAE z wskazaniem ich przeznaczenia oraz możliwości wykorzystania w analizach konstrukcji. Przygotowanie modeli numerycznych do obliczeń w zakresie statycznym oraz dynamicznym. Uruchamianie obliczeń oraz prezentacja i obróbka uzyskanych wyników.
38.	Planowanie eksperymentu i optymalizacja obiektów mechanicznych	Wprowadzenie do planowania eksperymentu. Błędy i niepewności pomiarowe. Charakterystyki zmiennych losowych. Hipotezy statystyczne i ich weryfikacja. Analiza korelacji i regresji. Planowanie eksperymentu. Plany dwupoziomowe. Plany trójpoziomowe. Plany wielopoziomowe. Plany sympleksowe do analizy skład – właściwość. Kryteria optymalności planów. Optymalizacja w technologii maszyn Ekstrema funkcji statystycznych i ich ograniczenia. Metody wyznaczania ekstremum funkcji statystycznych. Przykłady optymalizacji eksperymentu w inżynierii mechanicznej.
39.	Podstawy bezpieczeństwa ruchu drogowego	Podstawy analizy bezpieczeństwa ruchu drogowego. Modelowanie przebiegu wypadku drogowego. Modele działania kierowcy. Metody analizy wypadków drogowych. Bezpieczeństwo w ruchu pojazdów autonomicznych. Statystyki wypadków drogowych i ich interpretacja.
40.	Podstawy filtracji powietrza wlotowego do silników spalinowych w filtrach przegrodowych	Klasyfikacja filtrów powietrza wlotowego silników spalinowych. Wymagania eksploatacyjne stawiane filtrom powietrza. Porowate materiały filtracyjne. Mechanizmy filtracji aerozoli w złożu włóknistym. Modele skuteczności filtracji i oporów przepływu aerozolu w złożu włóknistym. Właściwości papierów i filtracyjnych materiałów kompozytowych z dodatkiem nanowłókien. Rodzaje i sposoby kształtowania przegród filtracyjnych. Wkłady panelowe, cylindryczne

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		irrdzeniowe. Kryteria doboru filtrów powietrza do silnika pojazdu. Zasady użytkowania i obsługiowania filtrów powietrza.
41.	Podstawy filtracji powietrza wlotowego do silników spalinowych w filtrach bezwładnościowych	Klasyfikacja i wielkości charakterystyczne filtrów bezwładnościowych. Rodzaje cyklonów. Charakterystyczne wymiary cyklonu. Parametry geometryczne cyklonów. Czynniki decydujące o efektywności działania cyklonów i multicyklonów. Proces filtracji aerozolu w cyklonach. Siły działające na cząstkę w cyklonie. Warunek separacji cząstki z gazu. Formuły określające średnicę ziarna granicznego. Modele skuteczności filtracji i oporów przepływu gazu w cyklonie. Wpływ odsysania pyłu z osadnika na efektywność działania multicyklonu. Kryteria doboru filtrów bezwładnościowych do silników pojazdów mechanicznych. Istota filtracji powietrza wlotowego do silników w filtrach dwustopniowych.
42.	Podstawy mechaniki ośrodków ciągłych	Mechanika płynów w zakresie statyki i hydrodynamiki, mechanika ciała stałego odkształcalnego w zakresie teorii sprężystości i plastyczności, modelowanie materiałów.
43.	Środowisko LabVIEW w badaniach eksperymentalnych	Proces tworzenia programów w środowisku LABVIEW z wykorzystaniem aparatury kontrolno-pomiarowej (myRIO, sbRIO, DAQmx). Typy danych w LABVIEW. Złożone typy danych w LABVIEW, Komunikacja z urządzeniami pomiarowymi w LABVIEW. Analiza wyników pomiarów.
44.	Procesy rozruchowe silników spalinowych	Charakterystyka rozruchu silnika. Charakterystyki napędzania wału korbowego silników. Procesy zapłonowe i spalanie paliwa w warunkach rozruchu. Charakterystyki i modele procesów rozruchu. Metody i urządzenia wspomagania rozruchu. Aspekty diagnostyczne procesu rozruchu.
45.	Programowanie systemów sterowania bezzałogowych maszyn roboczych i robotów	Wprowadzenie do standardu UML. Budowa schematów relacyjnych i schematów przypadków użycia. Tworzenie algorytmów sterowania. Wstęp do programowania, programowanie urządzeń dla zastosowań hydrotronicznych. Projektowanie pętli sprzężenia zwrotnego. Implementacja pętli sprzężenia zwrotnego w systemach sterowania.
46.	Sensory mechatroniczne	Modele matematyczne sensorów mechatronicznych. Ogólne zasady działania sensorów mechatronicznych. Sposoby pomiaru, uchyby i metody wzorcowania sensorów.
47.	Systemy monitorowania stanu technicznego	Czujniki stosowane w monitorowaniu stanu technicznego. Tensometria oporowa. Czujniki światłowodowe. Czujniki Pęknięć. Transmisja danych. Rejestracja i analiza danych pomiarowych. Wnioskowanie. Sprzężenie systemów monitorowania stanu technicznego z systemem obsługowym i systemem eksploatacji.
48.	Systemy eksploatacji statków powietrznych	Zasady eksploatacji i remontu wojskowych statków powietrznych w RP. Zharmonizowane europejskie wojskowe przepisy zdatności do lotu (EMAR). Europejskie przepisy określające zdatność do lotu (PART). Rola EASA oraz Urzędu Lotnictwa Cywilnego w nadzorowaniu eksploatacji statków powietrznych. Biuletyny i inne dokumenty normujące eksploatację.
49.	Systemy sterowania w budowie maszyn	Zaawansowane systemy sterowania maszynami mobilnymi. Funkcje systemów sterowania maszynami. Rodzaje systemów sterowania. Tendencje rozwojowe czujników stosowanych w maszynach mobilnych. Wizyjne i lidarowe systemy lokalizowania i nawigacji. Systemy satelitarne w sterowaniu maszynami. Sterowanie scentralizowane i rozproszone. Inteligentne sieci komunikacyjne. Sterowanie PLC. Logika rozmyta w sterowaniu maszynami
50.	Technologie wytwarzania i obróbki materiałów kompozytowych	Kompozyty, sposoby ich definiowania, rodzaje komponentów je tworzących, ważniejsze metody ich wytwarzania i obróbki, znaczenie tej klasy materiałów w inżynierii mechanicznej. Struktura współczesnych materiałów kompozytowych w zależności od metody wytwarzania i zastosowanej obróbki np. cieplnej, cieplno-plastycznej. Wytwarzanie kompozytów o osnowie ceramicznej i kompozytów metalicznych wielowarstwowych oraz osiągnięcia w zakresie stosowania kompozytów.
51.	Wybrane rozwiązania w zakresie techniki samochodowej i ruchu samochodu	Problemy rozwoju techniki samochodowej i ruchu drogowego. Koncepcje inteligentnych systemów transportowych. Wybrane zagadnienia współczesnej techniki samochodowej (postęp w budowie silników, rozwój układów napędowych-rozwiązania stosowane we współczesnych skrzyniach biegów, napęd na wszystkie koła, zawieszenia regulowane i aktywne, piasty kół, nowe konstrukcje ogumienia, systemy oświetlenia). Układy wspomagające pracę kierowcy. Samochody autonomiczne.
52.	Teoria i organizacja eksploatacji maszyn	Procesy eksploatacja maszyn. Pomiar i analiza sygnałów diagnostycznych. Procedury diagnozowania maszyn. Cechy i miary niezawodności maszyn. Niezawodność obiektów naprawialnych i systemów. Planowanie użytkowania

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		i odnowy maszyn. Projektowanie procesów i systemu eksploatacji. Zasady racjonalnej eksploatacji maszyn.
53.	Termomechanika materiałów i badania właściwości termofizycznych	Opis fenomenologiczny procesów związanych z gromadzeniem i transportem energii na sposób ciepła w substancjach oraz przedstawienie wybranych zagadnień opisu statystycznego tych zjawisk do wyjaśnienia natury właściwości cieplnofizycznych. Zjawiska wymiany ciepła w materiałach i strukturach materiałowych. Właściwości materiałów a właściwości wypadkowe i pozorne struktur materiałowych. Metodyka badań właściwości cieplnofizycznych. Metody analizy termicznej. Metody wyznaczanie ciepłą właściwego, przewodności cieplnej, dyfuzyjności cieplnej, rozszerzalności cieplnej materiałów i struktur materiałowych.
54.	Tribologia	Tribologia-nauka interdyscyplinarna i multidyscyplinarna. Systemy tribologiczne maszyn i urządzeń technicznych. Ciała stałe i ciecze jako elementy konstrukcyjne systemów tribologicznych. Procesy tarcia w systemach tribologicznych maszyn. Procesy zużywania tribologicznego elementów maszyn. Smarowanie w systemach tribologicznych elementów maszyn. Wybrane metody badań tarcia i zużycia elementów maszyn. Współczesne problemy tribologiczne - od nano do tera tribologii. Mikrosystemy i nano systemy tribologiczne. Wybrane techniki badawcze mikrosystemów tribologicznych. Badania mikro/nanomechaniczne. Badania mikro/nanotribologiczne. Zastosowanie wyników badań mikro/nanotribologicznych. Wybrane problemy biotribologii i ekotribologii.
55.	Trwałość struktur statków powietrznych	Metody określania i badania trwałości statków powietrznych. Koncepcje eksploatacji statków powietrznych, czynniki limitujące trwałość statków powietrznych, wpływ eksploatacji na trwałość, pomiar i monitorowanie obciążeń, metody szacowania trwałości statków powietrznych, pełnoskalowe próby zmęczeniowe, techniki badań nieniszczących w eksploatacji statków powietrznych. Korozja statków powietrznych.
56.	Wprowadzenie do równań fizyki matematycznej	Formułowanie modeli matematycznych procesów fizycznych, które wymagają rozwiązania zagadnień granicznych dla układów równań różniczkowych cząstkowych. Ogólne zasady formułowania zagadnień granicznych dla równań różniczkowych cząstkowych. Omawiany jest sposób wyprowadzania równań opisujących transport konwekcyjny, dyfuzyjny i falowy. Ogólne podejście do budowy modeli matematycznych na bazie równań fizyki matematycznej. Omawiany jest sposób sprowadzania zagadnień granicznych do postaci bezwymiarowej. Formułowanie modeli matematycznych na bazie równań fizyki matematycznej.
57.	Współczesne układy napędowe maszyn i pojazdów	Silniki stosowane do napędu maszyn i pojazdów. Tłokowe silniki spalinowe. Turbinowe silniki spalinowe. Silniki elektryczne. Hybrydowe układy napędowe. Systemy akumulacji energii. Inne źródła energii do napędu maszyn i pojazdów. Ekologiczne aspekty stosowania różnych układów napędowych. Kierunki rozwoju układów napędowych maszyn i pojazdów.
58.	Współczesne metody badań silników spalinowych i pojazdów	Identyfikacja celu badań. Dobór metody badania. Walidacja metod i procedur badawczych. Procedura badań homologacyjnych. Wybrane metody badań homologacyjnych, wyposażenie pomiarowe. Opracowanie wyników pomiarów. Analiza danych odstających, szacowanie niepewności pomiarów Analiza i przedstawienie wyników badań. Wzorcowanie układów pomiarowych. Praktyczne realizacja wybranych metod badania.
59.	Wybrane metody i techniki pomiaru temperatury	Podstawy teoretyczne pomiaru temperatury, stykowe i bezstykowe czujniki temperatury (budowa, zasada działania), ich właściwości dynamiczne i związane z nimi błędy pomiaru oraz procedury wzorcowania. Typy termometrów: cieczowe, termoelektryczne, rezystancyjne, termistorowe, kwarcowe, bimetaliczne, radiacyjne, światłowodowe oraz kamery termowizyjne. Opracowanie statystyczne wyników pomiarów
60.	Wybrane problemy techniki raketowej	Modele matematyczne procesów fizycznych związanych z dynamiką ruchu rakiet. Ogólne zasady budowy rakiet. Budowa przedziałów rakiet wraz z modelami matematycznymi. Symulacja komputerowa i wizualizacja toru lotu rakiet. Przeciążenia rakiet na torze lotu.
61.	Wybrane zagadnienia oczyszczania gazów odlotowych z pojazdów silnikowych	Wpływ motoryzacji na środowisko naturalne. Charakterystyka substancji szkodliwych. Układy i metody oczyszczania gazów odlotowych pojazdów silnikowych. Tendencje rozwojowe metod oczyszczania gazów spalinowych. Metody badań i wyposażenie do badania gazów odlotowych z silników spalinowych i pojazdów. Badania wpływu warunków pracy silnika spalinowego na emisję poszczególnych składników spalin i skład granulometryczny cząstek stałych.
62.	Wybrane zagadnienia symulacji procesów	Zadania symulacji. Wybór metody symulacji. Wybrane modele cyklu roboczego silnika spalinowego. Oprogramowanie do symulacji procesów roboczych.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
	spalania i procesów roboczych silników spalinowych.	Procedura symulacji wybranych procesów roboczych. Analiza i przedstawienie wyników symulacji. Ocena wyników symulacji. Symulacja wybranych procesów roboczych silników spalinowych.
63.	Wybrane zagadnienia współczesnego programowania - wstęp do nowoczesnych języków programowania.	Wprowadzenie do programowania z wykorzystaniem języków wysokiego poziomu. Zagadnienie programowania strukturalnego i obiektowego. Wprowadzenie do języka Python wraz z podstawowymi bibliotekami oraz środowiska PyCharm. Tworzenie programów konsolowych z użyciem języka Python. Wstęp do tworzenia programów z graficznym interfejsem użytkownika.
64.	Wytrzymałość zmęczeniowa i mechanika pękania materiałów i konstrukcji	Zjawiska zmęczenia materiału i wielkości opisujących proces zmęczenia. Podstawy projektowania i obliczeń wytrzymałościowych konstrukcji w zakresie nieograniczonej i ograniczonej trwałości zmęczeniowej. Stosowanie zasad wytrzymałości zmęczeniowej materiałów i mechaniki pękania. Metodyki badań zmęczeniowych oraz urządzenia do badań zmęczeniowych. Rozwój pęknięć na skutek obciążeń cyklicznych. Charakterystyki zmęczeniowego wzrostu pęknięć. Metody oceny wytrzymałości elementów zawierających pęknięcia
65.	Zaawansowane metody wytwarzania wyrobów z proszków spiekanych	Procesy wytwarzania części maszyn z wykorzystaniem nowoczesnych metod inżynierii wytwarzania z uwzględnieniem metalurgii proszków.
66.	Zaawansowane działy balistyki, modelowanie i symulacja	Tendencje rozwojowe w zakresie stałych materiałów miotających i układów miotających (podstawy teoretyczne do modelowania działania nietypowych układów miotających z punktu widzenia balistyki wewnętrznej). Wyływ gazów prochowych z lufy podczas strzału oraz ich przepływ przez hamulec wylotowy (opis zjawisk zachodzących podczas wpływu gazów prochowych z lufy podczas strzału - balistyka przejściowa). Charakterystyki geometryczne, masowo-bezwładnościowe oraz aerodynamiczne pocisków i rakiet (podstawy teoretyczne do modelowania ruchu obiektów latających z punktu widzenia balistyki zewnętrznej). Modelowanie uderzeniowego oddziaływania obiektów (podstawy teoretyczne do analitycznego i numerycznego modelowania zjawisk będących domeną balistyki końcowej).
67.	Zaawansowane działy matematyki	Podstawy rachunku tensorowego. Przestrzeń wektorowa i euklidesowa. Działania w przestrzeni euklidesowej. Baza i wyznaczanie macierzy zmiany bazy. Pojęcie tensora. Przestrzeń tensorowa. Baza i polibaza. Podstawowe działania i operacje tensorowe. Tensory euklidesowe o walencji 2. Rodzaje i własności tensorów, rozkład tensora. Niezmienniki tensora. Wartości i kierunki główne. Pola skalarne, wektorowe i tensorowe. Pochodna funkcji tensorowej, gradient pola tensorowego, dywergencja i rotacja pola wektorowego. Tensory naprężenia i odkształcenia. Gęstość energii odkształcenia. Równania konstytutywne. Podstawy rachunku wariacyjnego. Funkcjonał. Wariacja funkcyjna. Warunki minimum funkcyjna – równania Eulera. Sformułowanie lokalne i globalne zagadnienia równowagi
68.	Zaawansowane modelowanie w dynamice konstrukcji	Metody rozwiązywania zagadnień dynamicznych w ujęciu komputerowym. Modelowanie konstytutywne dla przypadków konstrukcji obciążonych impulsowo. Realizacja wymuszeń o charakterze impulsowym – ujęcie analityczne i sprzężeniowe. Badanie odpowiedzi konstrukcji. Opis oddziaływania dynamicznego dwóch ciał dla zagadnienia kontaktu.
69.	Zaawansowane systemy pomiarowe	Struktura i organizacja sterowanych komputerowo systemów pomiarowych oraz z procedurami i wybranymi „narzędziami” programowania sterowników kontrolera systemu. pojęciami i podstawowymi metodami obliczeń numerycznych. Podstawy programowania i sposoby wykorzystania przyrządów wirtualnych do zbierania, gromadzenia i opracowywania danych pomiarowych.
70.	Zaawansowane metody badania materiałów	Metody badania materiałów, możliwości i ograniczenia różnych metod badawczych opartych na wykorzystaniu specjalistycznej aparatury. Współczesna mikroskopia elektronowa, konfokalna i mikroanaliza rentgenowska (jakościowa i ilościowa) oraz praktyczne ich wykorzystanie w inżynierii mechanicznej. Metody badania makro- i mikrostruktury metali, ich stopów i materiałów ceramicznych oraz interpretacja wyników badań uzyskiwanych za pomocą różnych metod badania materiałów. Kontrast topograficzny i jego wykorzystanie do badań fraktograficznych, ocena zmian mikrostruktury materiałów w wyniku obróbek, badania proszków i cienkich warstw powierzchniowych. Mikroanaliza faz i wtrąceń w badaniach materiałów. Badania niejednorodności materiałów. Analiza śladowa pierwiastków. Mikroskopia świetlna w badaniach materiałów. Metalografia. Analiza obrazu. Wiązka elektronowa i jej właściwości. Dyfrakcja elektronów. Budowa mikroskopu elektronowego skaningowego i transmisyjnego.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
71.	Zastosowanie mechaniki eksperymentalnej w badaniach naukowych 1	Właściwości mechaniczne materiałów inżynierskich. Badanie właściwości mechanicznych materiałów w badaniach statycznych. Opracowanie wyników badań eksperymentalnych.
72.	Zastosowanie mechaniki eksperymentalnej w badaniach naukowych 2	Badania reologiczne. Określenie charakterystyk materiałów w badaniach przy obciążeniach cyklicznych. Określenie charakterystyk materiałów w badaniach przy obciążeniach uderzeniowych. Badania materiałów przy dużych i bardzo dużych prędkościach odkształcenia. Badania nieniszczące.
73.	Zastosowanie metody elementów skończonych w analizie propagacji fal mechanicznych	Zagadnienia związane z propagacją fal (sprężystych, plastycznych). Opis matematyczny zjawiska propagacji fal mechanicznych. Warunki brzegowe. Metody pozwalające rozwiązać przedstawione zagadnienie. Analiza numeryczna propagacji fal.
74.	Wybrane zagadnienia teorii drgań	Równania ruchu układów o jednym i dwóch stopniach swobody. Drgania swobodne układów zachowawczych. Drgania swobodne układów niezachowawczych. Metoda sił. Drgania wymuszone, analiza rezonansowa. Drgania wymuszone siłą dowolną. Drgania swobodne układów dyskretnych o dowolnej skończonej liczbie stopni swobody. Częstotliwości i postacie drgań. Drgania układów ciągłych.
75.	Wybrane zagadnienia z akustoelektroniki	Fizyczne podstawy akustoelektroniki. Własności fal objętościowych i powierzchniowych. Wzbudzenie i propagacja fal powierzchniowych w materiałach piezoelektrycznych. Modele analityczne przetworników akustycznej fali powierzchniowej. Klasyfikacja podzespołów akustoelektronicznych. Technika generacji i przetwarzania sygnałów złożonych. Wybrane metody przetwarzania sygnału, odbiornik kompresyjny, generator. Czujniki wielkości fizycznych. Nieliniowe podzespoły z akustyczną falą powierzchniową i ich zastosowania. Elementy technologii podzespołów z akustyczną falą powierzchniową.
76.	Metody numeryczne	Wybrane elementy algebry liniowej. Układy równań liniowych, normy wektorów i macierzy. Wyznaczanie rozwiązań układu równań liniowych - wskaźnik uwarunkowania. Metoda Gaussa numerycznego rozwiązywania układu równań liniowych. Metody bezpośrednie numerycznego rozwiązywania układu równań liniowych (metoda rozkładu LU, metoda macierzy odwrotnej). Metody iteracyjne numerycznego rozwiązywania układu równań liniowych (metody Jacobiego i Gaussa-Seidlera). Liniowe zadanie najmniejszych kwadratów. Metody przybliżonego rozwiązywania nieliniowych równań algebraicznych. Interpolacja wielomianami. Funkcje sklejane. Aproksymacja funkcji. Całkowanie i różniczkowanie numeryczne funkcji. Metody numerycznego rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych.
77.	Teoria pola elektromagnetycznego	Równania Maxwella; Różniczkowa postać równań Maxwella w ośrodkach materialnych; Równania Maxwella dla pól harmonicznie zmiennych; Postać całkowa równań Maxwella. Fale elektromagnetyczne w dielektryku idealnym; Fala płaska typu TEM; Impedancja falowa i impedancja właściwa. Fale elektromagnetyczne w ośrodku stratnym. Warunki brzegowe i zależności energetyczne w polu elektromagnetycznym. Bilans mocy w polu elektromagnetycznym w opisie rzeczywistym i zespolonym. Rzeczywisty, zespolony i średni w czasie wektor Poyntinga. Fala padająca ukośnie na granicę dielektryk-dielektryk; Wzory Fresnela dla fali płaskiej padającej ukośnie na granicę dwóch ośrodków dielektrycznych. Współczynniki odbicia i transmisji mocy. Fala padająca prostopadłe na granicę dielektryk-dielektryk. Wyznaczanie współczynników odbicia i transmisji mocy dla fali płaskiej padającej prostopadłe na granicę dwóch ośrodków dielektrycznych. Fale elektromagnetyczne w falowodach. Mody falowe. Potencjały w elektrodynamice i promieniowanie od źródeł prądowych; Potencjał wektorowy i skalarny. Potencjały elektromagnetyczne opóźnione. Potencjały generowane przez źródła zlokalizowane. Dipol Hertza.
78.	Mechanika kwantowa	Funkcja falowa i równanie Schrödingera. Interpretacja probabilistyczna funkcji falowej. Gęstość prądu prawdopodobieństwa. Wartość oczekiwana. Separacja równania falowego. Formalizm mechaniki kwantowej; Przestrzeń wektorowa n-wymiarowa; Baza przestrzeni; Iloczyn skalarny; Przestrzeń Hilberta; Ortogonalność wektorów i układów. Bazy ortonormalne; Operatory liniowe; Równania operatorowe; Reprezentacja macierzowa operatora; Operatory hermitowskie i unitarne; Notacja Diraca.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		Wybrane rozwiązania równania Schrödingera w 1D; Cząstka kwantowa w nieskończonej studni potencjału. Cząstka kwantowa swobodna. Nieoznaczoność obserwacji - Zasady nieoznaczoności Heisenberga. Wartości i funkcje własne kwantowego oscylatora harmonicznego. Operatory kreacji i anihilacji. Separacja równania Schrödingera w 3D. Cząstka kwantowa w sferycznej studni potencjału w 3D. Wartości i funkcje własne operatora momentu pędu. Teoria spinowa elektronu. - Macierze Pauliego. Wzajemna nieoznaczoność składowych spinu. Stany splątane i nielokalność. - Pojęcie stanów splątanych i kubitów. Ich rola w nowych technologiach kwantowych.

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: nauki chemiczne

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Analiza bojowych środków trujących	Ogólna charakterystyka i podział bojowych środków trujących. Ogólne właściwości fizyko-chemiczne BST. Klasyfikacja toksykologiczna, taktyczna, chemiczna. Podstawowe pojęcia toksykologii. Możliwe zagrożenia i wymagane zasady BHP przy pracy z bojowymi środkami trującymi. Fosforoorganiczne środki trujące. Środki trujące o działaniu nekrozuującym. Metody przygotowania próbek zawierających BST i produkty ich rozkładu do analizy. Metody analityczne stosowane podczas analizy BST, ich prekursorów i produktów ich rozkładu. Metody analityczne stosowane podczas analizy BST, ich prekursorów i produktów ich rozkładu. Nowoczesne przyrządy analizy skażeń w warunkach polowych. Wykorzystanie chromatografii do analizy BST. Oznaczanie iperytu siarkowego i produktów jego rozkładu za pomocą chromatografii gazowej (GC-MS/MS). Identyfikacja BST z grupy FOST i produktów ich rozkładu za pomocą cieczowej chromatografii (LC-MS/MS).
2.	Chemia i technologia materiałów ciekłokrystalicznych	Budowa molekularna, struktury i tekstury CK. Elementy budowy cząsteczki i syntezy związków CK o właściwościach termotropowych. Właściwości optyczne i dielektryczne, lepkość i stałe elastyczności CK. Efekty elektrooptyczne i zasady działania LCD. Chiralne związki CK, ich właściwości i zastosowania.
3.	Chemia i technologia materiałów wysokoenergetycznych	Aktualny stan wiedzy z zakresu chemii i technologii nowoczesnych materiałów wybuchowych, prochów i paliw rakietowych: strukturalne uwarunkowania stabilności i wrażliwości związków wybuchowych; projektowanie, wytwarzanie i charakteryzacja nanostrukturalnych mieszanin wybuchowych; zasady i sposoby zmiany kształtu, wymiarów i morfologii powierzchni cząstek związków wybuchowych; nowe sposoby wytwarzania kompozycji wybuchowych i formowania ich w ładunki; projektowanie, wytwarzanie i charakteryzacja termobarycznych materiałów wybuchowych; projektowanie, synteza i właściwości wybuchowe związków kompleksowych; projektowanie, synteza i właściwości wysokoenergetycznych i wysokoazotowych soli i cieczy jonowych oraz nowe składniki złożonych prochów i paliw rakietowych (polimerów i utleniaczy).
4.	Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska	Podstawy ekologii. Człowiek a środowisko. Zasoby przyrodnicze i czynniki ekologiczne: temperatura, promieniowanie, powietrze, woda i gleba. Ludzkość w obliczu globalnych wyzwań. Paradygmat zrównoważonego rozwoju. Zasady zielonej chemii. Zanieczyszczenie powietrza (kwaśny strumień, niszczenie warstwy ozonowej, efekt cieplarniany, smog londyński i Los Angeles). Źródła zanieczyszczania wody (zanieczyszczenia komunalne, przemysłowe i rolnicze). Najważniejsze zanieczyszczenia występujące w ściekach. Zanieczyszczanie wody morskiej. Uzdatanianie wody. Zanieczyszczenie gleby. Typy szkodliwego wpływu działalności człowieka na glebę: przekształcenia geomechaniczne, hydrologiczne i chemiczne, degradacja fizyczna i biologiczna. Metale ciężkie, ich charakterystyka, źródła oraz wpływ na środowisko i zdrowie człowieka. Charakterystyka środków czyszczących i piorących (mydła, detergenty). Negatywne skutki stosowania środków czyszczących i piorących. Związki chloroorganiczne w środowisku (chlorofenole, polichlorowane bifenyle, dioksyny). Pestycydy. Podział pestycydów i ich właściwości. Struktura chemiczna pestycydów. Formy użytkowe pestycydów. Korzyści i problemy wynikające z zastosowania pestycydów. Materiały budowlane (farby, kleje, azbest, wyroby zawierające formaldehyd, oleje) oraz ich wpływ na środowisko i zdrowie człowieka. Lotne związki organiczne (VOC). Źródła VOC. Szkodliwe oddziaływanie VOC w stratosferze. Farmaceutyki oraz środki ochrony osobistej w wodzie. Klasyfikacja, źródła pochodzenia, występowanie oraz wpływ pozostałości leków na środowisko. Chemia żywności. Klasyfikacja i charakterystyka dodatków do żywności (konserwanty, polepszacze, przeciwutleniacze, wzmacniacze smaku, substancje słodzące, barwniki). Suplementy diety.
5.	Fizyka i chemia materiałów węglowych	Węgiel - pierwiastek chemiczny i makrocząsteczka - materiał o unikalnych właściwościach fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych. Struktura i właściwości materiałów węglowych (MWeg): monokrystalicznego grafitu, grafenu, grafitu naturalnego i przemysłowego, węgla szkłopodobnego, sadzy i węgla aktywnych, włókien węglowych i grafitowych, fullerenu, nanorurek węglowych, diamentów i warstw diamentowych. Kompozyty węglowe. Węglowe kropki kwantowe, ich otrzymywanie i zastosowanie. Otrzymywanie MWeg, modyfikacja

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		ich właściwości i metody badania. Funkcjonalizacja powierzchni ZMWęg. Reaktywność i bioaktywność materiałów węglowych. Perspektywy rozwoju nowych struktur węglowych i ich zastosowań.
6.	Fizykochemiczne aspekty wybuchu	Procesy wybuchu i detonacji. Klasyczna teoria. Teoria detonacji Zeldowicza- von Neumana-Doringa. Idealna i nieidealna detonacja. Parametry detonacji w gazach i stałych materiałach wybuchowych. Termochemia materiałów wybuchowych – kody do obliczania parametrów detonacji i wybuchu. Parametry początkowe fal uderzeniowych na granicy produkty detonacji-ośrodek zewnętrzny. Czynniki rażące wybuchu. Fale podmuchowe w powietrzu. Oddziaływanie fal podmuchowych na ludzi i obiekty – kryteria, strefy zagrożenia. Kruszące i miotające działanie wybuchu. Ocena zdolności kruszącej materiału wybuchowego. Napędzania ciał produktami detonacji. Zjawisko kumulacji, wyznaczanie stref zagrożenia odłamkami. Zagrożenie wybuchowe mieszanin gazowych.
7.	Historia chemii	Synteza pierwiastków we wszechświecie, pierwsze obserwacje i osiągnięcia chemiczne starożytności (alchemia). Historia odkryć chemicznych na świecie: chemia fizyczna, analityczne, analiza chemiczna, synteza organiczna, chemia żywności. Zdobywcze chemii po roku 1661 (R. Boyle). Rozwój technik rozdzielania substancji i analizy oraz ich wpływ na rozwój poglądów dot. chemizmu oraz budowy związków chemicznych. Ewolucja nomenklatury oraz symboli pierwiastków i związków chemicznych. Historia układu okresowego Mendelejewa, badań kinetycznych i termodynamicznych. Rozwój chemii i syntezy organicznej w XX w oraz jej wpływ na powstanie biologii molekularnej.
8.	Metody jonizacyjne w analityce	Klasyfikacja metod jonizacji substancji chemicznych. Źródła jonizacji i metody wytwarzania jonów pierwotnych. Bezpośrednia jonizacja analitu. Jonizacja chemiczna w trybie dodatnim i ujemnym. Wychwyt elektronów. Proste detektory jonizacyjne. Ruch jonów w gazach. Bilans jonów. Spektrometria ruchliwości jonów. Jonizacja analitu w spektrometrii mas. Sprzężenie spektrometrów mas z układami do jonizacji chemicznej – układy PTR-MS. Badania kinetyki i termodynamiki procesów jonizacji. Przegląd zastosowań metod jonizacyjnych w analityce.
9.	Metody przygotowania próbek do analizy	Metody przygotowania próbek do oznaczania ich technikami chromatografii gazowej – ogólny podział i wstępne omówienie. Tradycyjne metody przygotowania próbek do analiz w porównaniu do nowoczesnych technik separacyjnych. Próbkę stałą: ekstrakcja w aparacie Soxhleta, ultradźwiękowa, nadkrytyczna SFE, przyspieszona rozpuszczalnikami ASE. Próbkę ciekłą: ekstrakcja w układzie ciecz-ciecz, ekstrakcja do fazy stałej (SPE), mikroekstrakcja SPME, metoda rugowania i wylapywania, metoda analizy fazy nadpowierzchniowej. Próbkę gazową: metody wzbogacania technikami sorpcji, wymrażania i desorpcji. Nowe aspekty analizy próbek środowiskowych. Kalibracja. Certyfikowane materiały referencyjne. Omówienie źródeł błędów systematycznych i przypadkowych, najczęściej popełnianych podczas pobierania i przygotowania próbek. Sposoby uniknięcia ich wystąpienia.
10.	Metody spektroskopowe	Rozszerzenie wiadomości na temat metod spektroskopowych dla doktorantów dyscypliny nauki chemiczne. Spektroskopia elektronowa (UV-Vis). Spektroskopia oscylacyjna (IR i Raman). Spektroskopia jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR) jednowymiarowa i dwuwymiarowa. Spektrometria mas (MS). Nowoczesne metody spektroskopowe.
11.	Nowoczesne materiały nanoporowate	Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie nanostruktur. Przegląd technik badania struktury, morfologii, składu chemicznego oraz powierzchniowych i termicznych właściwości nanomateriałów. Adsorpcja azotu i argonu jako kompletna metoda wyznaczania powierzchni właściwej, porowatości i powierzchniowych właściwości materiałów nanoporowatych. Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie otrzymywania nanoporowatych materiałów krzemionkowych. Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie otrzymywania nanoporowatych materiałów węglowych. Właściwości i zastosowanie węgla aktywnych otrzymanych z polimerów. Sieci metaloorganiczne (MOF). Otrzymywanie i badanie adsorpcyjnych właściwości grafenowych materiałów kompozytowych. Wyznaczanie parametrów struktury porowatej materiałów na podstawie izoterm adsorpcji.
12.	Nowoczesne metody syntezy funkcjonalnych związków organicznych	Wprowadzenie do materiałów funkcjonalnych –podział, zastosowania. Ciekłe kryształy, właściwości, zastosowania, ciekłe kryształy – typowe klasy – korelacja struktura – właściwości. Synteza LC – synteza wczoraj i dziś oraz synteza kluczowych półproduktów. Synteza materiałów superfluorowanych. Synteza dodatnich nematyków oraz s ujemnych nematyków. Synteza chiralnych związków ciekłokrystalicznych. Materiały OLED, OSC, OFET – budowa, właściwości, zastosowania. Organiczne materiały emisyjne – rodzaje i właściwości. Synteza

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		organicznych materiałów typu p oraz materiałów typu n. Synteza półprzewodnikowych materiałów polimerowych oraz innych organicznych materiałów funkcjonalnych
13.	Przetwarzanie sygnału w chemii analitycznej	Podstawowe metody obróbki sygnału analitycznego. Widma otrzymywane z przyrządów pomiarowych stosowanych w analityce. Obróbka dużych zbiorów danych. Dane wielowymiarowe uzyskiwane z łączonych technik pomiarowych. Poszukiwanie informacji analitycznej zawartej w dużych zbiorach danych. Elementy chemometrii. Metoda składowych głównych. Analiza podobieństwa. Prezentacja danych pomiarowych w publikacjach naukowych.
14.	Synteza ciekłych kryształów	Wprowadzenie do ciekłych kryształów, struktura i właściwości anizotropowe. Zastosowania materiałów ciekłokrystalicznych, z obszaru displejowego oraz fotonicznego. Metody określania faz ciekłokrystalicznych. Mieszanki ciekłokrystaliczne dwuskładnikowe oraz wieloskładnikowe, zachowania nieaddytywne. Superfluorowane materiały ciekłokrystaliczne, synteza materiałów fluorowanych - przegląd metod syntezy. Projektowanie syntezy materiałów ciekłokrystalicznych, analiza retrosyntetyczna w syntezie LCs, przegląd metod sprzęgania katalizowanych metalami przejściowymi, typowe ścieżki syntezy LC. Procesy oczyszczania i planowania syntez wieloetapowych. Synteza chiralnych materiałów ciekłokrystalicznych.
15.	Wprowadzenie do spektroskopii	Podstawowe wiadomości na temat metod spektroskopowych dla doktoratów innych dyscyplin niż nauki chemiczne. Możliwe dwie wersje realizacji przedmiotu. Wersja standardowa: Spektroskopia elektronowa (UV-Vis). Spektroskopia oscylacyjna (IR i Raman). Spektroskopia jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR) jednowymiarowa i dwuwymiarowa. Spektrometria mas (MS). Wersja indywidualna zgodnie z zainteresowaniami doktoranta, rozszerzająca wybrane metody spektroskopowe z podanej grypy metod: Spektroskopia elektronowa (UV-Vis). Spektroskopia oscylacyjna (IR i Raman). Spektroskopia oscylacyjno-rotacyjna i rotacyjna. Spektroskopia jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR) jednowymiarowa i dwuwymiarowa. Spektroskopia dichroizmu kołowego (ECD i VCD). Spektrometria mas (MS).
16.	Współczesna chemia analityczna	Znaczenie chemii analitycznej. Zastosowanie chemii analitycznej w ochronie środowiska i w dziedzinach ważnych dla życia człowieka. Podstawowe właściwości aparatury analitycznej. Miniaturyzacja i mobilność aparatury analitycznej – lab on chip. Przyrządy hybrydowe. Metody analityczne w Polskich Normach. Tendencje rozwoju technik przygotowania próbek do analizy. Chromatografia jako metoda analizy związków organicznych. Chromatograficzne kolumny matrycowe. Biochromatografia. Zdalne metody analizy.
17.	Zaawansowana pirotechnika	Najnowsze rozwiązania stosowane w pirotechnice wojskowej i cywilnej. Współcześnie stosowane reduktory, utleniacze, lepiszcza i modyfikatory. Pirotechniczne zastosowania związków wysokoazotowych. Nowoczesne kompozycje dymów zasłonowych aktywnych w zakresie podczerwieni. Współczesne wielobazowymi stałymi paliwami rakietowymi. Rozwiązania stosowane w inflatorach poduszek powietrznych. Perspektywiczne zastosowania mieszanin pirotechnicznych w medycynie. Podstawowe algorytmy stosowane podczas modelowania procesów spalania oraz analitycznej optymalizacji składu kompozycji pirotechnicznych.
18.	Zastosowanie chromatografii gazowej w badaniach fizykochemicznych	Istota oddziaływań w chromatografii. Mechanizmy chromatografowania się substancji testowych. Podstawowe wielkości chromatograficzne. Funkcje stanu – metody obliczeń i interpretacji. Badanie fizycznych przemian czystych substancji. Stabilność fazy i przejścia fazowe. Badanie właściwości powierzchni i podstawowych zjawisk powierzchniowych. Metody wyznaczania i analizy powierzchni.
19.	Chemia polimerów	Polimery otrzymywane w procesie polireakcji łańcuchowej. Polimery kondensacyjne, poliaddukty. Polimery nieorganiczno-organiczne. Polimery pochodzenia naturalnego. Polimery specjalnego przeznaczenia.
20.	Modelowanie i symulacyjne programy komputerowe w chemii	Podstawy chemii obliczeniowej: założenia i metody obliczeniowe. Organizacja programu CHEMCAD i podstawy użytkowania. Zastosowanie programu CHEMCAD w technologii chemicznej i inżynierii materiałowej. Realizacja projektu z zakresu technologii chemicznej z wykorzystaniem systemu CHEMCAD. Organizacja programu SCIGRESS i podstawy użytkowania. Optymalizacja geometrii i obliczanie właściwości fizykochemicznych cząsteczek. Modelowanie reakcji chemicznych w fazie gazowej i roztworze. Modelowanie właściwości spektroskopowych cząsteczek.

Załącznik VI.7
do Programu kształcenia w Szkole Doktorskiej WAT

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: nauki o bezpieczeństwie

L.p.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Badania społeczne w naukach o bezpieczeństwie	Podejście naukowe w badaniach społecznych. Implikacje usytuowania dyscypliny nauki o bezpieczeństwie w dziedzinie nauk społecznych. Logiczno-empiryczny charakter nauk społecznych. Podstawowe podejścia badawcze w zakresie budowy teorii, gromadzenia danych i ich analizy. Zasadnicze pojęcia i elementy procesu badawczego. Teoria i praktyka operacjonalizacji problemu badawczego. Metody oraz techniki badań ilościowych i jakościowych. Metody niereaktywne. Badania <i>desk research</i>
2.	Metody statystyczne w badaniach społecznych	Populacja i próba. Cechy statystyczne. Skale pomiaru. Zmienne losowe. Rozkład normalny. Charakterystyki cech jakościowych i ilościowych. Estymacja nieparametryczna. Estymacja parametryczna (punktowa i przedziałowa). Weryfikacja hipotez statystycznych. Schemat budowy testu istotności. Testowanie normalności rozkładu. Problemy analizy współzależności zjawisk. Proces badawczy w naukach społecznych a typowa struktura pracy naukowej. Przebieg zbierania, analizy i oceny danych.
3.	Zarządzanie ryzykiem w bezpieczeństwie	Koncepcja ryzyka i proces zarządzania ryzykiem. Pojęcie ryzyka i zarządzania ryzykiem. Rozwój dziedziny zarządzania ryzykiem. Proces zarządzania ryzykiem. Miary ryzyka. Rodzaje ryzyka w sektorze bezpieczeństwa. Pomiar ryzyka w jednostkach sektora publicznego. Pomiar ryzyka w kontekście zapewniania ciągłości działania systemu.
4.	Zarządzanie projektami systemów bezpieczeństwa	Identyfikacja systemów bezpieczeństwa. Identyfikacja istoty, struktur i atrybutów projektu. Złożoność projektów i procesów. Kryteria analizy i oceny procesów. Kreowanie struktur procesowych. Wartościowanie i walidacja procesów. Efektywność i jakość procesów. Niezawodność struktur procesowych. Ryzyko w ewaluacji projektów i procesów. Holistyczne modele ewaluacji i walidacji procesów oraz projektów systemów bezpieczeństwa.
5.	Inżynieria systemów bezpieczeństwa	Miejsce teorii bezpieczeństwa systemów w rodzinie nauk. Podstawowe pojęcia bezpieczeństwa systemu (stan systemu, opis stanów związanych z bezpieczeństwem systemu, wskaźniki bezpieczeństwa systemu). Zasady matematycznego modelowania bezpieczeństwa systemów. Bezpieczeństwo elementu i podsystemu. Modele bezpieczeństwa systemów. Badania bezpieczeństwa systemów. Analiza bezpieczeństwa systemów. Sterowanie bezpieczeństwa, systemów.
6.	Propedeutyka bezpieczeństwa	Charakterystyka trzech wymiarów współczesnego bezpieczeństwa. Rozwój studiów nad bezpieczeństwem. Realizm i neorealizm. Analiza komparatystyczna nurtów realistycznych. Teoria liberalizmu w wyjaśnianiu wyzwań i zagrożeń bezpieczeństwa. Teoria konstruktywizmu. Główne szkoły studiów nad bezpieczeństwem „Stare” i „nowe” wojny w interpretacjach realizmu i konstruktywizmu.
7.	Strategie i koncepcje zarządzania bezpieczeństwem państwa	Proces tworzenia pojęć i wyrażanie istoty bezpieczeństwa. Niejednoznaczność pojmowania bezpieczeństwa międzynarodowego. Względność bezpieczeństwa w ujęciu funkcjonalnym (świadomość, względność, środowisko). Czynniki werbalnofunkcyjne i sposoby definiowania bezpieczeństwa w doktrynach i strategiach (analiza komparatystyczna).
8.	Zarządzanie kryzysowe w administracji publicznej	Współczesne koncepcje zarządzania kryzysowego (koncepcja podatności, koncepcja odporności, koncepcja adaptacji). Przedmiot zarządzania kryzysowego. Podstawy prawne zarządzania kryzysowego w Polsce. Proces zarządzania kryzysowego. Podstawowe rodzaje zagrożeń – źródła sytuacji kryzysowych. Sytuacja kryzysowa. System zarządzania kryzysowego w Polsce. Skuteczność w zarządzaniu kryzysowym.
9.	Bezpieczeństwo powszechne	Istota bezpieczeństwa powszechnego. Bezpieczeństwo powszechne a bezpieczeństwo narodowe. Mechanizmy kształtujące bezpieczeństwo powszechne. Ratownictwo. Ochrona ludności. Obrona cywilna. Ochrona przeciwpożarowa. Ochrona infrastruktury krytycznej. Organizacja ochrony życia i zdrowia ludzi, dóbr materialnych i kulturalnych oraz środowiska naturalnego. Metody i narzędzia stosowane do zapewnienia bezpieczeństwa powszechnego w Polsce i UE.
10.	Bezpieczeństwo wewnętrzne	Postrzeganie bezpieczeństwa. Polityczne uwarunkowania bezpieczeństwa wewnętrznego. Instytucjonalny system bezpieczeństwa wewnętrznego. Policje administracyjne w systemie bezpieczeństwa wewnętrznego. Prywatne podmioty w organizacji bezpieczeństwa wewnętrznego. Organizacja bezpieczeństwa w

L.p.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		regionie. Organizacja bezpieczeństwa w powiecie. Organizacja bezpieczeństwa w powiecie.
11.	Analiza danych ankietowych	Tworzenie narzędzi pomiaru. Dobór próby. Analiza wstępna. Analiza rozkładów. Tabele kontyngencji, rozkłady brzegowe i warunkowe. Analiza pytań z jednokrotnym i wielokrotnym wyborem. Istotność i siła związku między zmiennymi nominalnymi i porządkowymi. Testowanie hipotez.
12.	Analizy wielowymiarowe	Metody graficznej prezentacji danych wielowymiarowych. Analiza regresji wielorakiej. Analiza korelacji kanonicznych. Analiza składowych głównych. Eksploracyjna analiza czynnikowa (EFA). Skalowanie wielowymiarowe. Porządkowanie liniowe. Analiza skupień.
13.	Procedury badań ewaluacyjnych	Koncepcja badań ewaluacyjnych. Historia i instytucjonalizacja badań ewaluacyjnych. Typy badań ewaluacyjnych – koncepcje „impact assessment”, „action research”. Zróżnicowanie badań ewaluacyjnych pod kątem ich funkcji społecznych. Schematy eksperymentalne w badaniach ewaluacyjnych. Koncepcja społeczeństwa eksperymentalnego A. Etioniego. Monitoring i ewaluacja. Elementy analizy kosztów i korzyści w badaniach ewaluacyjnych. Problemy pomiaru w badaniach ewaluacyjnych.
14.	Logika i teoria argumentacji	Argumentacja logiczna. Wnioskowania dedukcyjne, redukcyjne i indukcyjne. Diagramy i schematy argumentacji. Rozpoznawanie argumentacji. Sporządzanie diagramu. Niejawne przesłanki i wnioski. Elementy oceny argumentacji. Akceptowalność przesłanek. Wiarygodność źródeł. Relewancja.
15.	Prognozowanie i symulacje w bezpieczeństwie	Prognozowanie a praktyka społeczna. Społeczne przesłanki przewidywania zachowań. Prognoza a podejmowanie decyzji. Metody modelowe. Ekstrapolacja trendów. Trafność, dopuszczalność i błąd prognozy. Prognozowanie na podstawie szeregów czasowych. Prognozowanie na podstawie modeli ekonometrycznych. Heurystyczne modele prognostyczne. Symulacje społeczne.
16.	Nowoczesne technologie w bezpieczeństwie	Know-how, nowoczesne technologie i ich znaczenie w zapewnianiu bezpieczeństwa. Nowoczesne technologie w systemie obronnym i ochronnym. Nowoczesne technologie w systemie bezpieczeństwa gospodarczego państwa. Nowoczesne technologie w systemie bezpieczeństwa społecznego. Zastosowanie nowoczesnych technologii bezpieczeństwa w wytwarzaniu energii elektrycznej, w systemie transportowym, w ochronie infrastruktury krytycznej, w ochronie środowiska naturalnego.
17.	Filozofia nauk o bezpieczeństwie	Geneza, przedmiot i działy filozofii oraz filozofii bezpieczeństwa jako najogólniejszej wiedzy o bezpieczeństwie. Geneza i rodzaje ludzkiej wiedzy w dyskursie filozoficznym (źródła: mistyczne, intuicyjne, filozoficzne i naukowe; rodzaje: naukowe, teoretyczne i praktyczne oraz intuicyjne). Logika odkrycia naukowego, rewolucji w nauce i postępu wiedzy w spojrzeniu epistemologii współczesnej. Analityka semantyczna nazwy bezpieczeństwo i rodzaje jego pojmowania – istota bezpieczeństwa w ujęciu filozoficznym. Naturalne i konwencjonalne pojęcie bezpieczeństwa. Koncepcje materialistyczne, idealistyczne i realistyczne w umocowaniu hermeneutycznym bezpieczeństwa. Prakseologiczna koncepcja czterech czynów prostych i uniwersalne metody kształtowania bezpieczeństwa. Tendencje w poszerzaniu, pogłębianiu i pogrubianiu badań bezpieczeństwa. Metoda wojenna, pokojowa, niepokojowa i niewojenna w ujęciu prakseologicznym. Filozoficzne problemy bezpieczeństwa we współczesnych społeczeństwach kontroli i nadzoru z perspektywy dataizmu oraz technohumanizmu.
18.	Współczesny terroryzm	Podstawowe pojęcia i ich znaczenie. Geneza terroryzmu. Przyczyny współczesnego terroryzmu. Główne czynniki generujące i eskalujące terroryzm. Systematyzacja przyczyn terroryzmu. Triada terrorystycznej motywacji. Kluczowe elementy i rodzaje terrorystycznego zagrożenia. Zakres i charakter terroryzmu na początku XXI wieku. Skutki terroryzmu. Zapobieganie i zwalczanie terroryzmu.
19.	Morale i kultura bezpieczeństwa w relacjach narodowych i międzynarodowych	Istota oraz znaczenie kultury bezpieczeństwa (KB) i morale (M) podmiotów fizycznych i prawnych w relacjach wewnętrznych i międzynarodowych. Psychospołeczne i prakseologiczne modele i „mechanizmy” funkcjonowania KB i M – relacje między nimi. Kultura bezpieczeństwa (KB) i morale jako rodzaje kluczowych zasobów i czynniki przewagi konkurencyjnej w sytuacjach „normalnych” i kryzysowych. Kultura bezpieczeństwa jako interfejs integrujący przedmiotowe obszary bezpieczeństwa i system bezpieczeństwa narodowego (SBN). Intuicyjne i naukowe sposoby diagnozowania i doskonalenia KB i M. Kultura bezpieczeństwa i morale w czasach wojen informacyjnych i konfliktów asymetrycznych

L.p.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
20.	Historia bezpieczeństwa	Bezpieczeństwo militarne, polityczne i ekonomiczne średniowiecznej Polski i Rzeczypospolitej Obojga Narodów do jej upadku. Główne problemy bezpieczeństwa europejskiego w XIX wieku. Polskie powstania narodowe XIX wieku. I wojna światowa. Determinanty bezpieczeństwa międzynarodowego w okresie międzywojennym. Bezpieczeństwo militarne, polityczne, ekonomiczne i społeczne RP (1918–1939). II wojna światowa. Bezpieczeństwo międzynarodowe w drugiej połowie XX wieku. Stosunki USA – ZSRR i ich wpływ na bezpieczeństwo międzynarodowe. Bezpieczeństwo militarne, polityczne i ekonomiczne Polski po II wojnie światowej.
21.	Komunikacja strategiczna	Charakterystyka komunikacji strategicznej (terminologia, istota, odpowiedzialność w NATO). Dyplomacja publiczna (terminologia, istota, struktury). Informowanie opinii publicznej (terminologia, istota, struktury). Operacje informacyjne (metody, poglądy NATO, poglądy i struktury USA, polskie poglądy). Operacje psychologiczne (metody i techniki działań, struktury USA, struktury niemieckie, struktury polskie, struktury Wielkiej Brytanii).
22.	Polityczny sektor bezpieczeństwa	Bezpieczeństwo polityczne. Pojęcia. Bezpieczeństwo polityczne w naukach o bezpieczeństwie. Formy i rodzaje zagrożeń politycznych oraz uwarunkowania i badania bezpieczeństwa politycznego. Model instytucjonalizacji bezpieczeństwa politycznego. Potrzeba bezpieczeństwa obywatela a zadania demokratycznego państwa. Kryzys obywatelskiej tożsamości. Władza jako czynnik bezpieczeństwa. Strategia bezpieczeństwa jako instrument bezpieczeństwa politycznego. Wpływ grup interesu na decyzje polityczne. Media – kształtowanie opinii publicznej. Podstawowy dylemat bezpieczeństwa politycznego.
23.	Kształtowanie bezpieczeństwa militarnego w XXI wieku	Charakterystyka bezpieczeństwa militarnego wybranych państw i związków państw w odniesieniu do metodyki identyfikacji i opisu wyzwań, a tym samym potencjalnych szans i zagrożeń dla istnienia i rozwoju poszczególnych społeczeństw. Terminologia bezpieczeństwa militarnego, elementy składowe tego bezpieczeństwa, wpływ tych elementów na stan i proces bezpieczeństwa militarnego wobec zidentyfikowanych i opisanych wyzwań (szans i zagrożeń) w perspektywie bieżącego stulecia.
24.	Bezpieczeństwo informacyjne	Definicje i interpretacja podstawowych pojęć: zagrożenie, podatność, zabezpieczenie, incydent, bezpieczeństwo informacji. Podstawowe procesy ochrony zasobów informacyjnych: uwierzytelnianie, autoryzacja, rozliczanie. Modele formalne: Bella-LaPauduli, Biby, Ciarka-Wilsons, Brewera-Nasha. Podstawowe twierdzenia bezpieczeństwa. Polityka bezpieczeństwa, główne cele i wyzwania. Zarządzanie ryzykiem oraz ocena stanu ochrony zasobów informacyjnych.
25.	Ekonomiczny wymiar bezpieczeństwa	Definiowanie bezpieczeństwa ekonomicznego i jego wymiarów. Ekonomizacja bezpieczeństwa państw. Typologia zagrożeń bezpieczeństwa ekonomicznego. Państwo i gospodarka narodowa w obliczu współczesnych przemian kulturowo - cywilizacyjnych. Agresja ekonomiczna w stosunkach międzynarodowych. Kryzysy finansowe. Działalność korporacji transnarodowych. Szpiegostwo technologiczne jako zagrożenie bezpieczeństwa ekonomicznego. Działalność państwa na rzecz zapewnienia bezpieczeństwa ekonomicznego.
26.	Bezpieczeństwo energetyczne w obliczu transformacji społeczno-gospodarczej	Wpływ transformacji społeczno-gospodarczej na funkcjonowanie branży energetycznej państw rozwijających się i rozwiniętych, a zatem również bezpieczeństwa energetycznego tychże państw. Równoległy proces wpływu na sposób działania branży energetycznej, jak również na funkcjonowanie sektora bezpieczeństwa energetycznego mającego chronić tę branżę przed zagrożeniami (zarówno starymi, jak i nowymi, generowanymi przez aktualne przemiany społeczno- gospodarcze).
27.	Społeczne uwarunkowania bezpieczeństwa współczesnych państw	Istota bezpieczeństwa społecznego. Bezpieczeństwo społeczne a model ustroju państwa. Mechanizmy kształtujące bezpieczeństwo społeczne. Koncepcje bezpieczeństwa społecznego. Modele bezpieczeństwa społecznego w UE. Problemy bezpieczeństwa społecznego w Polsce i sposoby ich przewyżczania. Działalność UE na rzecz bezpieczeństwa społecznego.
28.	Zwalczanie i zapobieganie korupcji	Zajęcia seminaryjne. Zagrożenia bezpieczeństwa państwa wywołane zrachowaniami korupcyjnymi. Formy korupcji oraz przestępstwa im towarzyszące. Działania legislacyjne i służb odpowiedzialnych za zwalczanie i ograniczanie korupcji oraz zasady budowania skutecznych rozwiązań antykorupcyjnych w organizacjach publicznych oraz w sektorze prywatnym.

L.p.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
29.	Operacyjne metody zwalczania poważnej przestępczości kryminalnej	Zajęcia seminaryjne. Ustawowe metody operacyjne tj. kontrola operacyjna, przesyłka niejawnie nadzorowana, kontrolowany zakup oraz kontrolowane wręczenie/przyjęcie korzyści majątkowej, służących do zwalczania i zapobiegania poważnej przestępczości kryminalnej. Zasady udzielania zgody na stosowanie wskazanych narzędzi zwalczania tego rodzaju przestępczości oraz wykorzystania uzyskanych w ten sposób dowodów w procesie karnym. Metody kontroli stosowania tego rodzaju poza procesowych środków służących zapewnieniu bezpieczeństwa państwa.
30.	Bezpieczeństwo ekologiczne w skali globalnej regionalnej i krajowej	Rodzaje wyzwań (szans i zagrożeń) generowanych przez zachodzące zmiany klimatyczne w obszarze bezpieczeństwa ekologicznego. Identyfikacja oddziaływań zachodzących zmian klimatycznych na bezpieczeństwo narodowego wybranych społeczeństw zarówno w skali krajowej, regionalnej, jak i globalnej.
31.	Kulturowe czynniki bezpieczeństwa	Kultura: pojęcie, kategorie, tożsamość. Bezpieczeństwo kulturowe: aspekty pojęciowe, bezpieczeństwo kulturowe w obszarze kultury duchowej, bezpieczeństwo w obszarze kultury materialnej. Kulturowe zagrożenia bezpieczeństwa Rzeczypospolitej Polskiej. System bezpieczeństwa kulturowego Rzeczypospolitej Polskiej. Aspekty kulturowe stosunków międzynarodowych. Kulturowe podłoże konfliktów międzynarodowych. Kultura bezpieczeństwa - aspekty narodowe i międzynarodowe