



**Wojskowa
Akademia
Techniczna**

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

nr 36/WAT/2019 z dnia 30 maja 2019 r.

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

Na podstawie art. 201 ust. 4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1668, z późn. zm.), w związku z art. 291 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) uchwała 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 2019/2020.

§ 3

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

(-) gen. bryg. dr hab. inż. Tadeusz SZCZUREK

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

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 i elektrotechnika** - dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych;
 - 2) **informatyka techniczna i telekomunikacja** - dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych;
 - 3) **inżynieria lądowa 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. Łączny wymiar zajęć dydaktycznych wynosi co najmniej 300 godzin i odpowiada co najmniej 30 punktom ECTS.
5. Język prowadzenia: **polski**
6. Program obowiązuje od: **naboru 2019/2020**
7. 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 przygotowanie doktorantów gotowych służyć Państwu Polskiemu – w szeroko pojętych aspektach zarówno wojskowych jak i cywilnych w myśl zasady „Omnia Pro Patria” – „Wszystko dla Ojczyzny”.
8. Wymagania wstępne w stosunku do kandydata do Szkoły Doktorskiej

Kandydat posiada kwalifikacje na poziomie 7. Polskiej Ramy Kwalifikacji (tytuł zawodowy magistra, magistra inżyniera lub równorzędny) i ukończył studia na kierunku związanym z dyscypliną naukową prowadzona w Szkole Doktorskiej. Szczegółowe wymagania określają ustalone 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 modułów, dla których obowiązują uczelniane efekty uczenia się;
- 2) w kolumnie *kod* - 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 8 PRK
	Wiedza: absolwent zna i rozumie	
D_W WAT01	<i>metody i techniki prowadzenia zajęć dydaktycznych.</i>	P8S_WG
D_W01	<i>światowy dorobek naukowy i technologiczny w danej dyscyplinie naukowej oraz wynikające z niego implikacje dla praktyki</i>	P8U_WG
D_W02	<i>światowy dorobek naukowy i technologiczny obejmujący podstawy teoretyczne oraz zagadnienia ogólne i wybrane zagadnienia szczegółowe – właściwe dla danej dyscypliny naukowej</i>	P8S_WG
D_W03	<i>tendencje rozwojowe w dyscyplinie naukowej</i>	P8S_WG
D_W04	<i>metodologię badań naukowych</i>	P8S_WG
D_W05	<i>zasady upowszechniania wyników działalności naukowej, także w trybie otwartego dostępu</i>	P8S_WG
D_W06	<i>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</i>	P8S_WK
	Umiejętności: absolwent potrafi	
D_U WAT01	<i>przygotować i przeprowadzić w nowoczesny sposób zajęcia dydaktyczne związane z dyscypliną naukową</i>	P8S_UK P8S_UU
D_U WAT02	<i>pozyskiwać niezbędne informacje związane z prowadzonymi badaniami, korzystając ze źródeł, w tym anglojęzycznych</i>	P8S_UK P8S_UO
D_U01	<i>dokonywać analizy i twórczej syntezy dorobku naukowego i twórczego w celu identyfikowania i rozwiązywania problemów badawczych oraz związanych z działalnością innowacyjną i twórczą;</i>	P8S_UW
D_U02	<i>tworzyć nowe elementy dorobku naukowego i twórczego</i>	P8S_UW
D_U03	<i>samodzielnie planować własny rozwój oraz inspirować rozwój innych osób uczestniczyć w wymianie doświadczeń i idei, także w środowisku międzynarodowym</i>	P8S_UW
D_U04	<i>wykorzystywać wiedzę do twórczego identyfikowania, formułowania i innowacyjnego rozwiązywania złożonych problemów lub wykonywania zadań o charakterze badawczym, a w szczególności:</i> – 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

symbol i numer efektu	zakładane efekty uczenia się	kod 8 PRK
D_U05	<i>dokonywać krytycznej analizy i oceny wyników badań naukowych, działalności eksperckiej i innych prac o charakterze twórczym oraz ich wkładu w rozwój wiedzy</i>	P8S_UW
D_U06	<i>transferować wyniki działalności naukowej do sfery gospodarczej i społecznej</i>	P8S_UW
D_U07	<i>komunikować się na tematy specjalistyczne w stopniu umożliwiającym aktywne uczestnictwo w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym</i>	P8S_UK
D_U08	<i>upowszechniać wyniki działalności naukowej, także w formach popularnych</i>	P8S_UK
D_U09	<i>inicjować debatę</i>	P8S_UK
D_U10	<i>uczestniczyć w dyskursie naukowym</i>	P8S_UK
D_U11	<i>posługiwać się językiem obcym na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego w stopniu umożliwiającym uczestnictwo w międzynarodowym środowisku naukowym i zawodowym</i>	P8S_UK
D_U12	<i>planować i realizować indywidualne i zespołowe przedsięwzięcia badawcze lub twórcze, także w środowisku międzynarodowym</i>	P8S_UO
D_U13	<i>samodzielnie planować i działać na rzecz własnego rozwoju oraz inspirować i organizować rozwój innych osób</i>	P8S_UU
D_U14	<i>planować zajęcia lub grupy zajęć i realizować je z wykorzystaniem nowoczesnych metod i narzędzi</i>	P8S_UU
	Kompetencje społeczne: absolwent jest gotów do	
D_K01	<i>niezależnego badania powiększającego istniejący dorobek naukowy i twórczy</i>	P8U_KK
D_K02	<i>podejmowania wyzwań w sferze zawodowej i publicznej z uwzględnieniem:</i> – <i>ich etycznego wymiaru,</i> – <i>odpowiedzialności za ich skutki oraz kształtowania wzorów właściwego postępowania w takich sytuacjach</i>	P8U_KK
D_K03	<i>krytycznej oceny dorobku w ramach danej dyscypliny naukowej</i>	P8S_KK
D_K04	<i>krytycznej oceny własnego wkładu w rozwój danej dyscypliny naukowej</i>	P8S_KK
D_K05	<i>uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych</i>	P8S_KK
D_K06	<i>wypełniania zobowiązań społecznych badaczy i twórców</i>	P8S_KO
D_K07	<i>inicjowania działań na rzecz interesu publicznego</i>	P8S_KO
D_K08	<i>myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy</i>	P8S_KO
D_K09	<i>podtrzymywania i rozwijania etosu środowisk badawczych i twórczych, w tym:</i> – <i>prowadzenia działalności naukowej w sposób niezależny,</i> – <i>respektowania zasady publicznej własności wyników działalności naukowej, z uwzględnieniem zasad ochrony własności intelektualnej</i>	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 przedmiotu, którego formę określa koordynator przedmiotu, lub opinii po ukończeniu stażu, praktyki krajowej lub zagranicznej;
- seminarium doktoranckiego na którym doktorant przedstawia analizę obszaru badawczego któremu ma poświęcić swoje badania;
- opinii po ukończeniu praktyki zawodowej, o ile ją przewiduje indywidualny program kształcenia;
- zredagowanej 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 dydaktycznych i do 180 godzin praktyk zawodowych - łącznie co najmniej 30 punktów ECTS.
4. Program kształcenia składa się z:
 - 1) modułu podstawowego dla wszystkich dyscyplin naukowych prowadzonych w Szkole Doktorskiej, w wymiarze 100 godzin o łącznej liczbie 10 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;
 - 3) praktyk zawodowych w wymiarze do 180 godzin – max. 60 godzin rocznie od trzeciego semestru (o ile przewiduje ją indywidualny program kształcenia).
5. Doktorant obowiązkowo realizuje moduł podstawowy. 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.
6. W terminie do końca pierwszego semestru kształcenia doktorant składa dyrektorowi Szkoły Doktorskiej, uzgodniony z promotorem, indywidualny program kształcenia w zakresie przedmiotów modułu fakultatywnego.
7. Zajęcia z przedmiotów modułu podstawowego są planowane centralnie dla wszystkich doktorantów pierwszego rocznika.
8. Zajęcia z przedmiotów modułu fakultatywnego, w przypadku, gdy liczba doktorantów zapisanych na dany przedmiot jest mniejsza od 5, są planowane w trybie indywidualnym według indywidualnych programów kształcenia.
9. W przypadku realizacji stażu, praktyki krajowej lub zagranicznej promotor ustala liczbę punktów ECTS, zaliczaną doktorantowi w ramach modułu fakultatywnego, nie większą niż 5 punktów za semestr trwania stażu lub praktyki.
10. Zajęcia dydaktyczne odbywają się zgodnie z planem kształcenia (ogólnym i indywidualnym) i są realizowane według semestralnych rozkładów obowiązujących w Akademii.

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 (I-II sem.)				
1.	Dydaktyka szkoły wyższej	20	2	D_WWAT01, D_W05, D_W06, D_UWAT01, D_U13, D_K01, D_K02
2.	Zasady prowadzenia zajęć dydaktycznych i techniki autoprezentacji	10	1	D_WWAT01, D_UWAT01, D_U13, D_U14, D_K01, D_K06
3.	Proces wnioskowania o finansowanie badań naukowych	10	1	P8U_U, P8S_UW, P8S_UO, P8S_UU, D_K01, P8U_K, D_K03, P8S_KK, D_K04
4.	Organizacyjne, prawne i etyczne aspekty pracy naukowej	10	1	D_W06, D_U12, D_U13
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.	Zasady pisania pracy naukowej	10	1	D_W05, D_W06, D_U07
8.	Analiza obszaru badawczego - seminarium	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_W4, D_U08
Moduły fakultatywne związane z dyscypliną naukową (III-VIII sem.):				
1	Automatyka, elektronika i elektrotechnika	min. 200 godz.	min. 20 pkt ECTS	załącznik V.1 - str. 11
2	Informatyka techniczna i telekomunikacja			załącznik V.2- str. 13
3	Inżynieria lądowa i transport			załącznik V.3- str. 15
4	Inżynieria materiałowa			załącznik V.4- str. 16
5	Inżynieria mechaniczna			załącznik V.5- str. 17
6	Nauki chemiczne			załącznik V.6- str. 20
7	Nauki o bezpieczeństwie			załącznik V.7- str. 21
Praktyki zawodowe (III-VIII sem.) - zgodnie z indywidualnym programem kształcenia				
1	w formie prowadzenia zajęć lub uczestniczenia w ich prowadzeniu	0-180 godz.	0	D_WWAT01, D_UWAT01 D_K01

Uwaga: szczegółowy wykaz przedmiotów modułów fakultatywnych przedstawiono w załącznikach V.1-V.7

VI. Program ramowy

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

lp.	Nazwa przedmiotu/modułu	Treści programowe/uwagi
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 Wojskowej Akademii Technicznej.
2.	Zasady prowadzenia zajęć dydaktycznych i techniki autoprezentacji	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	Zajęcia poświęcone procesom wnioskowania o finansowanie badań naukowych podstawowych oraz związanych z działalnością statutową, finansowanie staży naukowych krajowych i zagranicznych, skierowanych szczególnie dla młodych naukowców rozpoczynających karierę naukową. Ogólna charakterystyka zasad ubiegania się o środki finansowe w instytucjach krajowych (MNiSW, NCBiR, NCN, FNP) oraz zagranicznych (Unia Europejska i inne).
4.	Organizacyjne, prawne i etyczne aspekty pracy naukowej	Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (konstytucja nauki). Organizacja działalności badawczej w uczelni na przykładzie WAT. Model kariery naukowej w Polsce. Ocena parametryczna nauczyciela akademickiego i jednostki naukowej (dyscypliny). Staże zagraniczne i stypendia naukowe jako element kariery naukowej. Czynności formalne i merytoryczne do realizacji rozprawy doktorskiej. Zasady etyki w badaniach naukowych i w karierze naukowej.
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/technologiczno/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	Program zajęć przewiduje zapoznanie doktorantów z podstawowymi informacjami na temat sposobów ochrony własności intelektualnej (w szczególności: prawa autorskie, wynalazki, wzory użytkowe, wzory przemysłowe, znaki towarowe z zakresu ochrony własności intelektualnej). W trakcie zajęć omówiona również zostanie problematyka komercjalizacji wyników badań naukowych i prac rozwojowych.
7.	Zasady pisanie pracy naukowej	Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (konstytucja nauki). typy rozpraw doktorskich, wymagania stawiane rozprawom doktorskim, struktura rozprawy doktorskiej, edycja rozprawy doktorskiej, przykłady rozpraw doktorskich, przykłady recenzji rozpraw doktorskich.

lp.	Nazwa przedmiotu/modułu	Treści programowe/uwagi
8.	Analiza obszaru badawczego	Zajęcia seminaryjne, podczas których doktorant przedstawia obszar wiedzy, któremu ma poświęcić swoje badania, bieżący stan wiedzy w tym obszarze. Przedstawia projekt harmonogramu realizacji projektu badawczego w celu zebrania uwag, sugestii i naniesienia poprawek. Opracowuje wraz z promotorem indywidualny program kształcenia.
Moduły fakultatywne związane z dyscypliną naukową:		
1	Automatyka, elektronika i elektrotechnika	załącznik VI.1 – str. 22
2	Informatyka techniczna i telekomunikacja	załącznik VI.2 – str. 31
3	Inżynieria lądowa i transport	załącznik VI.3 – str. 40
4	Inżynieria materiałowa	załącznik VI.4 – str. 45
5	Inżynieria mechaniczna	załącznik VI.5 – str. 50
6	Nauki chemiczne	załącznik VI.6 – str. 63
7	Nauki o bezpieczeństwie	załącznik VI.7 – str. 67

Uwaga: szczegółowy wykaz przedmiotów modułów fakultatywnych oraz ich treści programowe przedstawiono w załącznikach VI.1-VI.7

VII. Sposób organizacji praktyk zawodowych: formy i zasady realizacji

Praktyki zawodowe (jeżeli przewiduje indywidualny program kształcenia) są realizowane przede wszystkim w formie prowadzenia zajęć dydaktycznych lub uczestniczenia w ich prowadzeniu. Dopuszcza się inne formy, o których decyduje promotor, w szczególnych i uzasadnionych przypadkach (niepełnosprawność doktoranta) można zwolnić doktoranta z obowiązku odbywania praktyki zawodowej.

Praktyki zawodowe podlegają zaliczeniu na ocenę opisową (*zal/nzal*) z roku akademickiego, w którym się odbywały. Zaliczenia dokonuje kierownik jednostki w której praktyka była realizowana. W pozostałych przypadkach zliczenia dokonuje promotor lub dyrektor.

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 jest tworzony dla każdego doktoranta, który w porozumieniu z promotorem z modułu fakultatywnego dla dyscypliny naukowej (lub z innych) wybiera przedmioty do realizacji. Wybrane zajęcia będą planowane od trzeciego do szóstego semestru, zaleca się, aby semestralne obciążenie zajęciami doktoranta było równomierne - na poziomie 5 pkt ECTS.



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				100	10	50	5	50	5										
1	Dydaktyka szkoły wyższej			20	2	20	2												
2	Przegotowanie do zajęć dydaktycznych i techniki autoprezentacji			10	1	10	1												
3	Proces wnioskowania o finansowanie badań naukowych			10	1			10	1										
4	Organizacyjne, prawne i etyczne aspekty pracy naukowej			10	1			10	1										
5	Metodologia prowadzenia badań naukowych			10	1			10	1										
6	Prawa własności komercjalizacja badań naukowych			10	1			10	1										
7	Zasady pisania pracy naukowej			10	1			10	1										
8	Analiza obszaru badawczego			20	2	20	2												
Moduły fakultatywne związane z dyscypliną naukową:																			
1	Automatyka, elektronika i elektrotechnika			min. 200 godz. min. 20 pkt ECTS		Zgodnie z indywidualnym programem kształcenia liczba godzin zajęć co najmniej 200 godz. i 20 pkt ECTS													
2	Informatyka techniczna i telekomunikacja																		
3	Inżynieria lądowa i transport																		
4	Inżynieria materiałowa																		
5	Inżynieria mechaniczna																		
6	Nauki o bezpieczeństwie																		
7	Nauki chemiczne																		
Praktyki zawodowe - zgodnie z indywidualnym programem kształcenia																			
1	w formie prowadzenia zajęć lub uczestnictwa			0-180			0-180 godzin - zgodnie z indywidualnym programem kształcenia												

Uwaga: wymiar praktyk zawodowych (o ile przewiduje je indywidualny program kształcenia) wynosi do 60 godzin rocznie, począwszy od trzeciego semestru.

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, ciągłe 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 i elektrotechnika

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
1.	Administrowanie sieciami komputerowymi II	20	3	D_W03
2.	Analiza danych eksperymentalnych wspomagana komputerowo	30	3	D_W03, D_U06
3.	Biologia i biomedycyna – współczesne techniki badawcze	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
4.	Cyfrowe przetwarzanie obrazów	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
5.	Detektory promieniowania optycznego	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
6.	Elektromaszynowe przetworniki energii i sygnałów	30	3	D_W01, D_U05
7.	English for electronics	20	2	D_W03, D_U04, D_K01
8.	Fizyka Laserów	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
9.	Fizyka ośrodków laserowych	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
10.	Fotowoltaika	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
11.	Funkcjonalizowane nanomateriały optoelektroniczne	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
12.	Generacja promieniowania supercontinuum	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
13.	Inżynieria informacji obrazowej	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
14.	Kodowanie i rozpoznawanie transmisji radiowych	30	3	D_U05
15.	Krystalografia	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
16.	Laserowa spektroskopia absorpcyjna w sensorach gazów	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
17.	Laserowo-plazmowe źródła promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu (EUV)	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
18.	Lasery do zastosowań medycznych	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
19.	Lasery piko- i femtosekundowe	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
20.	Lasery włóknowe	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
21.	Matematyczne modele pola elektromagnetycznego	20	2	D_W02, D_W03
22.	Metoda elementów skończonych	30	3	D_W02, D_W03
23.	Metody analizy i pomiarów sygnałów losowych	30	3	D_W02, D_U05
24.	Metody i narzędzia eksploracji danych	30	3	D_W02, D_W04
25.	Metody numeryczne	30	3	D_W01, D_W03
26.	Metody syntezy logicznej	30	3	D_W02, D_W03
27.	Miernictwo i pomiary optoelektroniczne	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
28.	Modelowanie zjawisk i procesów fizycznych	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U04, D_K03, D_K05
29.	Nieliniowa konwersja promieniowania laserowego	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
30.	Obliczenia naukowe i inżynierskie	30	3	D_W04
31.	Optoelektronika w systemach bezpieczeństwa	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
32.	Optyka laserów	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
33.	Optyka światła spójnego	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
34.	Plazma w nauce i technologii	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
35.	Podstawy teledetekcji	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
36.	Projektowanie systemów bezpieczeństwa	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
37.	Scalone układy programowalne i specjalizowane	30	3	D_W01, D_U05
38.	Selected problems of digital signal processing	30	3	D_W01, D_W03
39.	Sensory akustyczne	20	2	D_W04, D_W05
40.	Sensory mikrofalowe w radiolokacji	20	2	D_W02, D_U04
41.	Sieci radia inteligentnego	30	3	D_W01, D_W03
42.	Spektroskopia optyczna w zastosowaniach biomedycznych	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
43.	Systemy cyfrowe w urządzeniach optoelektronicznych	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U07, D_U010, D_K03, D_K05
44.	Systemy kontrolno-pomiarowe w laboratorium badawczym	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
45.	Technika światłowodowa	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
46.	Technika terahercowa	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
47.	Technika ukrywania informacji	30	3	D_W01, D_W02, D_U05
48.	Technologie cienkich warstw	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
49.	Termowizja i technika podczerwieni	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
50.	Układy detekcji promieniowania optycznego	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05
51.	Współczesne przetworniki pomiarowe wielkości fizycznych	30	3	D_W01, D_U05
52.	Wybrane zagadnienia eksploatacji systemów antropotechnicznych	30	3	D_W08, D_U05 i 06
53.	Wybrane zagadnienia teorii drgań	20	2	D_W02
54.	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
55.	Wybrane zagadnienia z akustoelektroniki	30	3	D_W04, D_W05
56.	Zaawansowane technologie mikroelektroniki	30	3	D_W01, D_U05
57.	Zastosowania laserów w technologii	30	2	D_W01, D_W02, D_W03 D_U010, D_K03, D_K05

Przedmioty fakultatywne

Dyscyplina naukowa: informatyka techniczna i telekomunikacja

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
1.	Algorytmy kwantowe III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
2.	Analiza algorytmów III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
3.	Analiza i synteza informacji wizualnej III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
4.	Diagnostyka systemów teleinformatycznych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
5.	Efektywność systemów teleinformatycznych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
6.	Elementy teorii prognozy III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
7.	Ewaluacja oprogramowania III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
8.	Fizyczne podstawy informatyki kwantowej III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
9.	Grafika komputerowa III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
10.	Inżynieria jakości oprogramowania III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
11.	Kryptologia III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
12.	Matematyczne metody wspomaganie decyzji III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
13.	Matematyka dyskretna III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
14.	Metody generatywne i aspektowe w wytwarzaniu oprogramowania III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
15.	Metody numeryczne III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
16.	Metody optymalizacji wielokryterialnej III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
17.	Modelowania matematyczne III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
18.	Modelowanie i weryfikacja sieci teleinformatycznych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
19.	Modelowanie interakcji człowiek-komputer III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
20.	Modelowanie sytuacji konfliktowych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
21.	Modelowanie, symulacja i analiza procesów biznesowych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
22.	Niezawodność oprogramowania III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
23.	Niezawodność systemów III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
24.	Optymalizacja III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
25.	Probabilistyka III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
26.	Procesy stochastyczne III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
27.	Rozpoznawanie i przetwarzanie obrazów III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
28.	Sieci neuronowe i logika rozmyta III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
29.	Stochastyczne modele eksploatacji III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
30.	Symulacja komputerowa III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
31.	Systemy baz danych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
32.	Systemy teleinformatyczne III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
33.	Systemy wspomagania decyzji III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
34.	Sztuczna inteligencja III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
35.	Teoretyczne podstawy informatyki III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
36.	Teoria grafów i sieci III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
37.	Zarządzanie projektami i procesami III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03
38.	Złożone struktury danych III	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U01 ,D_U02,D_U04,D_U05,D_U07, D_K01,D_K03

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

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
1.	Analizy przestrzenne	20	2	D_W02,,W03,,D_U02.D_K05
2.	Bezpieczeństwo i niezawodność konstrukcji budowlanych	20	2	D_W03,D_W05,D_U02,D_K02
3.	Cyfrowe przetwarzanie obrazu	20	2	D_W01,D_U01,D_K01
4.	Dynamiczna interakcja konstrukcji podziemnych z ośrodkiem gruntowym	20	2	D_W02, D_U01, D_K05
5.	Fizyka środowiska	20	2	D_W01,D_U04,D_K02
6.	Fotogrametria	20	2	D_W01,D_W02D_U01, D_U05, D_U10,,D_K03
7.	Fotogrametria satelitarna	20	2	D_W01,D_U04,D_K01
8.	Identyfikacja obciążeń i układów konstrukcyjnych	20	2	D_W02, D_U02,D_K02
9.	Infrastruktury geoinformatyczne	20	2	D_W01,D_U04,D_K04
10.	Inżynieria materiałów budowlanych	20	2	D_W04, D_U04, D_K02
11.	Inżynieria przedsięwzięć budowlanych	20	2	D_W01,D_U04,D_K05
12.	Mechanika podłoża drogowego i lotniskowego	20	2	D_W03,D_U02,,D_U04, D_K03
13.	Metodologia geodezji i kartografii	20	2	D_W04,D_U03,,D_K05
14.	Metody badań sztywności i nośności nawierzchni drogowych i lotniskowych	20	2	D_W03,D_U07,D_K07
15.	Metody numeryczne w geodezji	20	2	D_W03, D_U04, D_K05
16.	Metody obliczeniowe konstrukcji mostów składanych	20	2	D_W03,D_U01,D_U03, D_K01,
17.	Metody projektowania eksperymentu	20	2	D_W02,D_U01, D_K01
18.	Metody równoległego przetwarzania danych	20	2	D_W04,D_U04,D_K03
19.	Modelowanie danych przestrzennych	20	2	D_W05,D_U02,,D_U06, D_K05,
20.	Modelowanie konstrukcji nawierzchni drogowych i lotniskowych	20	2	D_W01,D_W02,,D_U05, D_K01
21.	Modelowanie procesów ciepło- wilgotnościowych	20	2	D_W03,D_U04,D_K03
22.	Modelowanie zachowania elementów i konstrukcji żelbetowych	20	2	D_W02, D_U01, D_K01
23.	Nieliniowości geometryczne i fizyczne w mechanice konstrukcji	20	2	D_W03, D_U04, D_K05
24.	Oddziaływania wybuchowe na budowle obronne	20	2	D_W02, D_U01, D_K05
25.	Satelitarne systemy badania stanu atmosfery	20	2	D_W02,D_U04,D_K01
26.	Specjalistyczne metody pomiarowe w geodezji	20	2	D_W03,D_U06,D_K08
27.	Struktura i dynamika globu ziemskiego	20	2	D_W02,D_U02,D_K05
28.	Systemy harmonogramowania i kosztorysowania robót budowlanych	20	2	D_W06,D_U06,D_K08
29.	Systemy i programy komputerowe w budownictwie ogólnym	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U06, D_K03,D_K05
30.	Systemy i programy komputerowe w budownictwie komunikacyjnym	20	2	D_W01,D_W02,D_W03,D_U06, D_K03,D_K05
31.	Systemy odniesień przestrzennych	20	2	D_W02,D_W03,D_W04 D_U WAT02, D_U07, D_U08, D_K05
32.	Systemy satelitarne w badaniu Ziemi	20	2	D_W02,D_W03, D_UWAT02, D_U07, D_U08, D_K05
33.	Współczesne metody teledetekcji	20	2	D_W01,D_U04,D_K01,D_K05
34.	Zaawansowane metody rachunku wyrównawczego	20	2	D_W02, D_U04,D_K05
35.	Zagadnienia projektowania i wykonawstwa dróg kolejowych	20	2	D_W03, D_U05,D_K02

Załącznik V.4
do Programu kształcenia w Szkole Doktorskiej WAT

Przedmioty fakultatywne
Dyscyplina naukowa: inżynieria materiałowa

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
1.	Badania strukturalne metodami dyfrakcji rentgenowskiej	20	2	D_W02, D_W05, D_U WAT02, D_U04, D_U05, D_U10, D_U13, D_K01, D_K04, D_K09
2.	Badania strukturalne metodami mikroskopii skaningowej	20	2	D_W01, D_W02, D_W04, D_UWAT02, D_U05, D_U06, D_K03, D_K03
3.	Badania właściwości mechanicznych tworzyw konstrukcyjnych	20	2	D_W02, D_W05, D_U WAT02, D_U04, D_U05, D_U10, D_U13, D_K01, D_K04, D_K09
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
5.	Kalorymetryczne, termograwimetryczne i wolumetryczne metody badania właściwości materiałów	20	2	D_W01, D_W04, D_U05, D_K03
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
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
8.	Nanoporowaty anodowy tlenek aluminium: synteza, projektowanie i zastosowania	20	2	D_W02, D_W03, D_U WAT02, D_U01, D_U07, D_U13, D_K01, D_K03, D_K05
9.	Nietelekomunikacyjne zastosowania światłowodów	20	2	D_W01, D_W03, D_W04, D_U01, D_U05, D_U07, D_K01, D_K03, D_K05
10.	Odbiór końcowy elementów części maszyn i urządzeń z wykorzystaniem współrzędnościowych technik pomiarowych, profilometrii stykowej i metod inżynierii odwrotnej	20	2	D_W01, D_W04, D_U05, D_U06, D_U07, D_K05, D_K08
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
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
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
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
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
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
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
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
19.	Wysokoenergetyczne mielenie kulowe i mechaniczna synteza	20	2	D_W01, D_W01, D_U05, D_K03
20.	Zaawansowane materiały do magazynowania wodoru	20	2	D_W01, D_W03, D_U01, D_K04
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
22.	Optoelektroniczne Techniki Zobrazowania 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

Przedmioty fakultatywne
Dyscyplina naukowa: inżynieria mechaniczna

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
1.	Analizy MES w konstrukcjach nośnych	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
2.	Analizy numeryczne zagadnień mechaniki pękania	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
3.	Autonomia robotów mobilnych	30	3	D_U04, D_W03, D_K01
4.	Badania eksperymentalne pojazdów mechanicznych	30	3	D_W04, D_U04, D_U05
5.	Biomechanika ruchu ciała człowieka podczas wypadku drogowego	20	2	D_W03, D_W05, D_U02, D_U05, D_K04
6.	Biopaliwa	30	3	D_W01, D_W02, D_U05, D_K01, D_K03, D_K04
7.	Budowa i eksploatacja robotów przemysłowych	30	3	D_W01, D_W02, D_U04, D_U06, D_K01, D_K03
8.	Cyfrowe przetwarzanie sygnałów	30	3	D_W01, D_W02, D_U04, D_U06, D_K01, D_K03
9.	Design of experiment	30	3	D_W04, D_U04, , D_K04,
10.	Dynamika konstrukcji układów mechatronicznych	30	3	D_W03, D_W05, D_U02, D_U05, D_K04
11.	Dynamika ruchu samochodu	30	3	D_W03, D_W05, D_U02, D_U05, D_K04
12.	Dynamika układów hydrostatycznych	30	3	D_U04, D_W04, D_K01
13.	Dynamika układów wieloczołowych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
14.	Dynamika zderzenia brył	20	2	D_W03, D_W05, D_U02, D_U05, D_K04
15.	Ekologiczne płyny eksploatacyjne	30	3	D_W01, D_U05, D_K01, D_K04
16.	Elementy mechaniki zaawansowanej oraz modelowania dyskretnego w budowie i eksploatacji maszyn	30	3	D_W03, D_W04, D_U01, D_U05, D_U06, D_K04
17.	Impulsowe obciążenia pojazdów mechanicznych – wybrane zagadnienia	20	2	D_W04, D_U04, D_K09
18.	Inżynieria bezpieczeństwa technicznego	30	3	D_W03, D_U05, D_U07, D_K05
19.	Komputerowe wspomaganie eksploatacji maszyn	20	2	D_W02, D_U05, D_K05
20.	Kształtowanie bezpiecznego nadwozia samochodu	20	2	D_W01, D_U04, D_K01, D_K05
21.	Kształtowanie niezawodności maszyn	30	3	D_W01, D_U04, D_K01, D_K05
22.	Materiały kompozytowe w budowie i eksploatacji maszyn	30	3	D_W01, D_W01, D_U04, D_K01, D_K05
23.	Mechanika ośrodków ciągłych 1	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03
24.	Mechanika ośrodków ciągłych 2	30	3	_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03
25.	Metoda elementów skończonych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
26.	Metody analizy wyników badań numeryczno-eksperymentalnych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
27.	Metody badania stanu maszyn	30	3	D_W03, D_U05, D_K01, D_K03
28.	Metody badań filtrów powietrza silników spalinowych	30	3	D_W04, D_U WAT02, D_U07, D_U12, D_K02
29.	Metody eksperymentalne badania właściwości termofizycznych ciał stałych	30	3	D_W03, D_W04, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03
30.	Metody i techniki badań właściwości mechanicznych materiałów	30	3	D_W03, D_W04, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03
31.	Metody identyfikacji i optymalizacji	30	3	D_W01, D_W03, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03
32.	Metody numeryczne w zastosowaniach inżynierskich	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
33.	Metody numeryczne w inżynierii mechanicznej	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
34.	Metody określania współrzędnych obiektów	30	3	D_W04, D_U04, D_U07, D_U12, D_K02
35.	Metody projektowania i optymalizacji struktur lotniczych	30	3	D_W01, D_W03, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03
36.	Modele konstytutywne materiałów w analizie MES	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
37.	Modelling of heat transfer processes	30	3	D_W01, D_W03, D_U01, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
38.	Modelowanie hydraulicznych układów napędowych	30	3	D_U04, D_W04, D_K01
39.	Modelowanie i symulacja zagadnień mechatroniki	30	3	D_W04, D_U04, D_K01
40.	Modelowanie i symulacja zagadnień termomechaniki	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
41.	Modelowanie i symulacyjne programy komputerowe	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_W04, D_U04, D_U05, D_K01, D_K03, D_K04
42.	Modelowanie i symulacja nieliniowych zagadnień mechaniki	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
43.	Modelowanie parametryczne i optymalizacja konstrukcji z zastosowaniem MES	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
44.	Modelowanie połączeń struktur cienkościennych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
45.	Modelowanie przepływów	30	3	D_W01, D_W02, D_W04, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
46.	Modelowanie ruchu maszyn	20	2	D_U04, D_W04, D_K01
47.	Modelowanie struktur kompozytowych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
48.	Modelowanie zagadnień sprzężonych (elektro-termo-mechanicznych)	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
49.	Modelowanie zjawiska kontaktu w mechanice konstrukcji	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
50.	Nowoczesne systemy projektowania i wytwarzania CAD\CAM\Additive Manufacturing	20	2	D_U04, D_W03, D_K01
51.	Odnawialne źródła energii	30	3	D_W06, D_U04, D_U07, D_K07
52.	Oprogramowanie inżynierskie CAE	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
53.	Planowanie eksperymentu i optymalizacja obiektów mechanicznych	30	3	D_W04, D_U04, D_K05
54.	Podstawy bezpieczeństwa ruchu drogowego	20	2	D_W03, D_W05, D_U02, D_U05, D_K04
55.	Podstawy filtracji powietrza wlotowego do silników spalinowych w filtrach przegrodowych	30	3	D_W04, D_U04, D_U07, D_K02, D_K03
56.	Podstawy filtracji powietrza wlotowego do silników spalinowych w filtrach bezwładnościowych	30	3	D_W04, D_U04, D_U07, D_K02, D_K03
57.	Podstawy mechaniki ośrodków ciągłych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
58.	Podstawy modelowania i symulacji nieliniowych zagadnień mechaniki	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
59.	Podstawy teoretyczne MES	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
60.	Procesy rozruchowe silników spalinowych	30	3	D_W04, D_U04, D_K01
61.	Przemiany struktury kwantowej materii jako źródło energii	30	3	D_W01, D_W02, D_W06, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
62.	Przewidywanie mobilności terenowej platform lądowych	30	3	D_U04, D_W03, D_K01
63.	Reologia olejów smarnych	30	3	D_W01, D_W02, D_U05, D_K01, D_K03, D_K04
64.	Sensory mechatroniczne	30	3	D_W03, D_W04, D_U06, D_K01, D_K04
65.	Symulacja i wizualizacja dynamiki układów	30	3	D_W03, D_W04, D_U01, D_K01, D_K03
66.	Systemy sterowania w budowie maszyn	30	3	D_U04, D_W03, D_K01
67.	Tendencje rozwojowe w technice samochodowej	20	2	D_W01, D_W03, D_U04, D_K01, D_K05
68.	Teoria i organizacja eksploatacji maszyn	30	3	D_W04, D_U06, D_K03

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
69.	Teoria systemów technicznych	30	3	D_W01, D_W03, D_U01, D_K01, D_K03
70.	Termomechanika materiałów i badania właściwości termofizycznych	30	3	D_W03, D_W04, D_U01, D_K03
71.	Tribologia	30	3	D_W03, D_U04, D_K05
72.	Trwałość struktur statków powietrznych	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
73.	Układy radioelektroniczne w systemach radiolokacyjnych	30	3	D_W03, D_W05, D_U04, D_K04
74.	Walidacja modeli numerycznych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
75.	Wprowadzenie do równań fizyki matematycznej	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U01, D_U04, D_K01, D_K03
76.	Współczesne układy napędowe maszyn i pojazdów	30	3	D_W03, D_U04, D_K05
77.	Wybrane aspekty technologiczno-materiałowe metalurgii proszków	30	3	D_W04, D_U02, D_K01
78.	Wybrane metody i techniki pomiaru temperatury	30	3	D_W03, D_W04, D_U04, D_K05
79.	Wybrane problemy techniki raketowej	30	3	D_W03, D_U04, D_K05
80.	Wybrane zagadnienia algebry wyższej	30	3	D_W03, D_U04, D_K05
81.	Wybrane zagadnienia analizy funkcjonalnej	30	3	D_W03, D_U04, D_K05
82.	Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa i ergonomii załóg pojazdów	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
83.	Wybrane zagadnienia dynamiki konstrukcji	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
84.	Wybrane zagadnienia mechaniki ośrodków ciągłych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
85.	Wybrane zagadnienia obrony aktywnej pojazdów wojskowych	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
86.	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
87.	Wytrzymałość połączeń adhezyjnych	30	3	D_W03, D_U04, D_K05
88.	Wytrzymałość zmęczeniowa i mechanika pękania	30	3	D_W01, D_W03, D_U04, D_K05
89.	Wytrzymałość zmęczeniowa i mechanika pękania materiałów i konstrukcji	30	3	D_W01, D_U04, D_K01
90.	Zaawansowane metody wytwarzania wyrobów z proszków spiekanych	30	3	D_W04, D_U04, D_K01
91.	Zaawansowane działy balistyki, modelowanie i symulacja	30	3	D_W01, D_U04, D_K01
92.	Zaawansowane działy matematyki	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
93.	Zaawansowane materiały	30	3	D_W01, D_W03, D_U01, D_K01
94.	Zaawansowane modelowanie materiałów	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
95.	Zaawansowane modelowanie w dynamice konstrukcji	30	3	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05
96.	Zaawansowane systemy pomiarowe	30	3	D_W04, D_U04, D_K01
97.	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
98.	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
99.	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
100.	Zmęczenie materiałów i konstrukcji	40	4	D_W01, D_W02, D_W03, D_U05, D_K01, D_K03, D_K05

Przedmioty fakultatywne
Dyscyplina naukowa: nauki chemiczne

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
1.	Analiza bojowych środków trujących	20	2	D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_K02, D_K03
2.	Chemia i technologia materiałów ciekłokrystalicznych	20	2	D_W01, D_W03, D_U06, D_U02, D_K01
3.	Chemia i technologia materiałów wysokoenergetycznych	20	2	D_W01, D_W03, D_U01, D_U04, D_K01, D_K02
4.	Elektroanaliza	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01
5.	Fizyka i chemia materiałów węglowych	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_U04, D_UWAT02, D_U01, D_K03, D_K05
6.	Fizykochemiczne aspekty wybuchu	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_U04, D_U06, D_K01, D_K05
7.	Historia chemii	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01
8.	Metody jonizacyjne w analityce	20	2	D_W03, D_W04, D_UWAT02, D_K01
9.	Metody przygotowania próbek do analizy	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01
10.	Metody spektroskopowe	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01
11.	Najnowsze trendy w elektrochemii	20	2	D_W01, D_W03, D_UWAT02, D_U03, D_K01
12.	Nowoczesne materiały nanoporowate	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U01, D_K01, D_K03
13.	Nowoczesne metody syntezy funkcjonalnych związków organicznych	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U02, D_K01
14.	Przetwarzanie sygnału w chemii analitycznej	20	2	D_W03, D_W04, D_U05, D_K03
15.	Synteza ciekłych kryształów	20	2	D_W01, D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_U02, D_K01
16.	Wprowadzenie do spektroskopii	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01
17.	Współczesna chemia analityczna	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01
18.	Zaawansowana pirotechnika	20	2	D_W02, D_W03, D_UWAT02, D_K01
19.	Zastosowanie chromatografii gazowej w badaniach fizykochemicznych	20	2	D_W01, D_W02, D_UWAT01, D_UWAT02, D_K01, D_K03

Przedmioty fakultatywne

Dyscyplina naukowa: nauki o bezpieczeństwie

lp.	nazwa przedmiotu	liczba godzin	liczba punktów ECTS	odniesienie do efektów uczenia się
1.	Badania społeczne w naukach o bezpieczeństwie	20	2	D_W WAT01; D_W01; D_W06; D_U03; D_K03
2.	Bezpieczeństwo informacyjne	20	2	D_W06; D_U01; D_K05
3.	Ewaluacja procesów i projektów systemów bezpieczeństwa	20	2	D_W03; D_U04; D_K05
4.	Geografia, systemy informacji geograficznej w zarządzaniu kryzysowym	20	2	D_W03; D_U04; D_K05
5.	Metodologia badań systemowych	20	2	D_W02; D_W04; D_U01; D_U05; D_K01; D_K03
6.	Międzynarodowe stosunki wojskowe	20	2	D_W02; D_U04; D_K05
7.	Problemy społeczeństwa informacyjnego	20	2	D_W02; D_U04; D_K05
8.	Strategie i koncepcje zarządzania bezpieczeństwem państwa	20	2	D_W02; D_U04; D_K05
9.	Teoria bezpieczeństwa	20	2	D_W02; D_W05; D_U01; D_K05
10.	Współczesna wojna informacyjna	20	2	D_W02; D_W05; D_U01; D_U04; D_K05

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: automatyka, elektronika i elektrotechnika

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Administrowanie sieciami komputerowymi	Sieci IP. Routing w sieciach IP. Podstawy administrowania systemem Windows. Podstawy administrowania systemem Linux. Konfiguracja urządzeń sieciowych. Usługi w sieciach LAN. Usługi w sieciach TCP/IP. Diagnostyka sieci komputerowych. Sieci dostępne. Serwery usług sieciowych. Bezpieczeństwo sieci komputerowych.
2.	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 problemy liniowo i nieliniowo separowalne z wykorzystaniem prostych metod wytwarzania hiperpłaszczyzn rozdzielających, metody klasyfikacji minimalnoodległościowej, najbliższego sąsiedztwa, k-średnich i grupowania hierarchicznego.
3.	Biologia i biomedycyna – współczesne techniki badawcze	Zapoznanie z terminologią naukową w biologii i biologii medycznej. Zapoznanie z zasadami dobrej praktyki laboratoryjnej. Zapoznanie z wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa pracy w laboratoriach biologicznych i biomedycznych; stopnie hermetyczności laboratoriów. Białka: budowa, metody badania struktury, krystalografia białek. Kod życia – kwasy nukleinowe: budowa genu i genomu; odkrywanie nowych genów. Techniki biologii molekularnej: metoda PCR i hybrydyzacja. Sekwencjonowa nie genomów, mikromacierze. Bazy danych molekularnych, bioinformatyka. Komórki ssaków: metody badania proliferacji i żywotności komórek. Izolacja komórek, hodowle linii komórkowych, wykorzystanie w inżynierii tkankowej. Biotechnologia medyczna: klonowanie i wykorzystanie interferencji RNA. Inżynieria tkankowa: macierz pozakomórkowa, rusztowania tkankowe i nanotechnologia. Regeneracja tkanek - wykorzystanie komórek macierzystych. Biomateriały i badanie biogodności. Mikrobiologia medyczna: wykrywanie, identyfikacja i zwalczanie drobnoustrojów; antybiotyki. Interpretacja wyników badań własnych oraz ich dyskusja w oparciu o piśmiennictwo.
4.	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.
5.	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 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.
6.	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
7.	English for electronics	Mathematical symbols and operations. Notion of a function. Differential and integral calculus. Geometry Series and sequences. V ector, matrix

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		and sets calculus. Probability and mathematical statistics Uncertainties of measurements. Basic physical quantities and their units. Notion of a physical field Electric properties of media. Lasers and light properties. Theory of solids. Structure and constituents of an atom. Basics of quantum theory of an atom; wave function. Chemical elements and molecules' formation. Types of chemical bonding. Basic chemical nomenclature of chemical substances. Elements of materials engineering. General physicochemical characteristics of matter. Mechanical, electric, magnetic and optical properties of a substance Classes of materials. Thin films deposition technologies.
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 quazi trypoziomowe, 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.
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.	Funkcjonalizowane nanomateriały optoelektroniczne	Nowoczesne materiały optoelektroniczne – wprowadzenie. Zagadnienie funkcjonalizacji w aspekcie wzrostu bezpieczeństwa. Grafen - wytwarzanie własności. Nanorurki węglowe- wytwarzanie i własności. Fulereny – wytwarzanie i własności. Azotek boru wytwarzanie i własności. Metody funkcjonowania struktur powierzchni. Wykorzystanie układów rdzeń-osłona. Rola geometrii nanomateriałów. Dobór kompozytów dla funkcjonowania optoelektronicznego. Spektroskopowe metody badań nanostruktur optoelektronicznych. Przykłady funkcjonalnych rozwiązań do zastosowań specjalnych.
12.	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 Schrodingera. 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

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		konstrukcyjne źródeł promieniowania supercontinuum o dużej wyjściowej mocy średniej. Zastosowania źródeł supercontinuum.
13.	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.
14.	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.
15.	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.
16.	Laserowa spektroskopia absorpcyjna w sensorach gazów	Omówienie metod detekcji gazów i zdefiniowanie 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.
17.	Laserowo-plazmowe źródła promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu (EUV)	Celem przedmiotu jest poznanie metod wytwarzania promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu (EUV), poznanie podstaw fizyki plazmy wytwarzanej laserem oraz optyki rentgenowskiej i EUV, poznanie zasad działania i budowy laserowo-plazmowych źródeł promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu (EUV), poznanie przykładów zastosowania tych źródeł w nauce i nowoczesnej technologii.
18.	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.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
19.	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.
20.	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.
21.	Matematyczne modele pola elektromagnetycznego	Matematyczne zależności różniczkowe. Dystrybucja. Funkcje ortogonalne w zastosowaniach elektromagnetycznych. Propagacja fali w materiałach i metamateriałach. Analityczne modele obliczania pola promieniowania. Potencjały. Analiza pola promieniowania. Pole elementarnego dipola Hertza. Morfologia pola elektromagnetycznego. Matematyczno – fizyczne uwarunkowania kryterium strefy dalekiej dla anten rzeczywistych. Równania różniczkowe w problemach elektromagnetycznych. Elektromagnetyzm obliczeniowy - metody różnicowe.
22.	Metoda elementów skończonych	Podstawy matematyczne MES. Generacja siatek 2D i 3D. Zasady implementacji. Biblioteki wspomagające programowanie MES. Komercyjne narzędzia symulacyjne.
23.	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.
24.	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.
25.	Metody numeryczne	Wybrane elementy algebry liniowej. Układy równań liniowych, normy wektorów i macierzy. Wyznaczanie rozwiązania 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.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		Aproksymacja funkcji. Całkowanie i różniczkowanie numeryczne funkcji. Metody numerycznego rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych.
26.	Metody syntezy logicznej	W ramach przedmiotu przedstawione zostaną następujące treści kształcenia: 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 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.
27.	Miernictwo i pomiary optoelektroniczne	Ogólne warunki przeprowadzenia pomiarów. Optoelektroniczne sensory pomiarowe podstawowe parametry techniczne i metrologiczne. Pomiar mocy i energii promieniowania optycznego. Badania mierników mocy i energii promieniowania optycznego. Laserowe pomiary odległości i prędkości. Pomiar długości fali i widma promieniowania optycznego. Pomiar długości fali i widma promieniowania optycznego. Pomiary polaryzacji i spójności (stopnia koherencji) promieniowania laserowego. Badanie zdolności rozdzielczej monochromatora, badanie widma wybranego lasera. Lidary w badaniach i ich zastosowania. Pomiary interferometryczne. Optoelektroniczne systemy pomiarowe i rejestracyjne.
28.	Modelowanie zjawisk i procesów fizycznych	Aproksymacja (Regresja liniowa, wielomianowa aproksymacja średniokwadratowa, aproksymacja trygonometryczna, szybka transformata Fouriera) Całkowanie i różniczkowanie numeryczne (metoda prostokątów, trapezów, Simpsona, kwadratura Gaussa). Równania różniczkowe zwyczajne (metoda Eulera, stabilność rozwiązania, metoda Runge-Kutty, układy równań), modelowanie lasera. Równania różniczkowe cząstkowe - Równania paraboliczne (Przewodnictwo cieplne – uproszczony model oddziaływania promieniowania laserowego z materiałem), równanie falowe Numeryczne modelowanie dyfrakcji promieniowania laserowego w przybliżeniu przyosiowym - metoda rozwinięcia w szereg funkcji własnych
29.	Nieliniowa konwersja promieniowania laserowego	Elementy krystalografii i optyki kryształów. Własności kryształów jedno- i dwuosiowych (KDP, LiJO ₃ , LiNbO ₃ , KTP, BBO, LBO itp.). Fala elektromagnetyczna w kryształach. Mieszanie częstotliwości w ujęciu trójfalowym. Dopasowanie fazowe, synchronizm skalarny i wektorowy. Generacja 2 ^o oraz częstotliwości sumacyjnych i różnicowych w kryształach jedno- i dwuosiowych. Parametryczne generatory i wzmacniacze światła, sposoby przestrajanie. Próg generacji i sprawność konwersji. Quasi-dopasowanie fazowe. Kryształy nieliniowe o periodycznej strukturze domenowej. Budowa i zastosowanie układów Optical Parametric Chirped Pulse Amplification.
30.	Obliczenia naukowe i inżynierskie	Przegląd podstawowych metod numerycznych w kontekście implementacji. Narzędzia do obliczeń inżynierskich. Programowanie równoległe. Przetwarzanie i prezentacja wyników obliczeń.
31.	Optoelektronika w systemach bezpieczeństwa	Propagacja promieniowania optycznego w atmosferze, refleksja, 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,

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		fluorescencyjny, ramanowski, dopplerowski. Czujka płomienia, skaner laserowy.
32.	Optyka laserów	Metoda ABCD-2D i 4D w optyce geometrycznej i falowej. Parametry wiązki laserowej i metody ich pomiarów. Model Gaussa-Schella transformacji wiązki laserowej w układach optycznych. Podstawy sprzęgania i kształtowania wiązek laserowych. Własności rezonatora i interferometru Fabry-Perota. Elementy teorii rezonatorów, struktura modowa promieniowania laserowego. Elementy termo-optyki.
33.	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. Pomiar parametrów spójności promieniowania.
34.	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.
35.	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.
36.	Projektowanie systemów bezpieczeństwa	Strategia ochrony i zasady tworzenia zabezpieczeń technicznych. Omówienie zasad normatywnych. Określenie zbioru dobrych praktyk branżowych. Określenie zakresu 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. Charakterystyka zbioru urządzeń ochrony do zastosowań zewnętrznych. Określenie warunków pracy i ograniczeń z tego tytułu. Struktura projektu technicznego wykonawczego. Omówienie poszczególnych zakresów projektu technicznego wykonawczego w branży zabezpieczeń. Charakterystyka analizy zagrożeń i koncepcji projektu technicznego. Omówienie zasad projektu wykonawczego i kosztorysowania. Studium projektowe w zakresie projektu technicznego wykonawczego. Omówienie wymaganych zasobów określających podstawy realizacji projektu. Analiza zagrożeń. Koncepcja ochrony technicznej systemu bezpieczeństwa. Omówienie zasad przeprowadzenia analizy zagrożeń dla przykładowych obiektów. Charakterystyka liczbowego określenia skali zagrożenia obiektu. Zasady opisu terenu obiektu. Omówienie szczegółowe możliwych scenariuszy ataków i

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		weryfikacja możliwości technicznego zabezpieczenia technicznego im przeciwdziałającym. Opis techniczny projektu wykonawczego. Charakterystyka zasad projektowania systemów alarmowych. Wskazanie szczególnych sposobów opisu i graficznej reprezentacji projektu technicznego. Przedstawienie sposobu organizacji dokumentacji. Omówienie przykładowych projektów technicznych wykonawczych obiektów infrastruktury krytycznej. Dokumenty związane z technicznym projektem wykonawczym. Zestawienie zbioru dokumentów powiązanych z projektem techniczny. Przedstawienie zasad opracowania kosztorysu inwestorskiego i „ślepego”. Wskazanie potrzeb zestawienia katalogów technicznych oraz kart technicznych urządzeń.
37.	Scalone układy programowalne i specjalizowane	Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z technologią i sposobami projektowania scalonych układów cyfrowych specjalizowanych (ASIC) oraz programowalnych (FPGA). Na wykładach omówione zostaną zasady projektowania topografii układów cyfrowych, sposoby rozprowadzania zasilania i dystrybucji sygnałów zegarowych, bufony I/O, bloki IP oraz narzędzia projektowe. Omawiane zagadnienia zostaną zweryfikowane praktycznie w ramach ćwiczeń laboratoryjnych, podczas których studenci będą opracowywać układy cyfrowe w wybranej technologii ASIC lub FPGA. Zasadniczym efektem kształcenia będzie nabycie praktycznej umiejętności projektowania scalonych układów cyfrowych.
38.	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.
39.	Sensory mikrofalowe w radiolokacji	Sensory mikrofalowe w radiolokacji. Szerokopasmowe sensory mikrofalowe z sygnałami szumowymi. Sensory w diagnostyce medycznej. Sensory antykolizyjne.
40.	Selected problems of digital signal processing	
41.	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.
42.	Spektroskopia optyczna w zastosowaniach biomedycznych	Prawa absorpcji, rozpraszania i emisji. Stany wzbudzone cząsteczek. Orbitale. Zjawiska fotofizyczne i fotochemiczne. Schemat Jabłońskiego Apartura 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 le ,X)
43.	Systemy cyfrowe w urządzeniach optoelektronicznych	Architektura systemu cyfrowego. Zasady projektowania systemu cyfrowego. Podstawowy sterowania i cyfrowego przetwarzania sygnałów. Projektowanie modułów cyfrowych do sterowania i przetwarzania sygnałów. Projektowanie systemów mikroprocesorowych. Projektowanie systemów wbudowanych. Wymiana informacji pomiędzy modułami systemu cyfrowego oraz z systemami zewnętrznymi
44.	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.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
45.	Technika światłowodowa	Światłowodowy 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.
46.	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.
47.	Technika ukrywania informacji (steganografia)	Glosarium techniki ukrywania danych. Przegląd zastosowań praktycznych aplikacji do ukrywania danych w multimediami, sygnale mowy, sygnale 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 steganoanalitycznej. Przykłady programowej i sprzętowej implementacji systemów ukrywania danych. Nowe metody ukrywania danych – przypadki i scenariusze działania.
48.	Technologie cienkich warstw	Rys historyczny znaczenia cienkich warstw. Zagadnienie warstwy wierzchniej. Teoria cienkich warstw. Teoria wzrostu cienkich warstw. Powłoki antyrefleksyjne i zwierciadła laserowe. Zwierciadła dichroiczne. Polaryzatory cienkowarstwowe. Dzielniki promieniowania. Filtry interferencyjno-absorpcyjne. Ogniwa słoneczne. Metody projektowania i wytwarzania cienkich warstw. Rola geometrii nanokompozytów w podwyższeniu funkcjonalności optoelektronicznej struktur powierzchniowych. Metody badań własności cienkich warstw. Kontrola jakości powierzchni i powłok cienkowarstwowych – normy. Przykłady funkcjonalnych rozwiązań do zastosowań specjalnych.
49.	Termowizja i technika podczerwieni	Zastosowanie polaryzacji promieniowania cieplnego w termowizji. Metody korekcji niejednorodności charakterystyk detektorów matrycowych w urządzeniach termowizyjnych. Termowizyjne metody rozpoznawania substancji chemicznych i minerałów na podstawie analizy emisyjności spektralnej. Termowizyjne systemy wspomagające lądowanie samolotów. Nowoczesne czujniki podczerwieni o kształtowanych i programowanych strefach detekcji. Termowizja aktywna, możliwości pomiarowe i perspektywy jej zastosowania. Pirometria wielopasmowa w zastosowaniu do poszukiwań podwodnych złóż ropy naftowej.
50.	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.
51.	Współczesne przetworniki pomiarowe wielkości fizycznych	Pojęcie przetwornika pomiarowego. Klasyfikacje przetworników pomiarowych. Właściwości statyczne i dynamiczne przetworników. Tensometry rezystancyjne. Przetworniki pojemnościowe. Przetworniki piezoelektryczne. Przetworniki indukcyjne. Przetworniki magnetyczne. Przetworniki termoelektryczne. Przetworniki pędemetyczne. Przetworniki konduktywności. Przepływomierze. Przetworniki światłowodowe, ich specyfika i klasyfikacje. Przetworniki

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		optoelektroniczne. Przetworniki akustoelektroniczne. Przetworniki fotoakustyczne i fotoniczne. Przetworniki zintegrowane.
52.	Wybrane zagadnienia eksploatacji systemów antropotechnicznych	Interpretacja pojęcia diagnostyki eksploatacyjnej. Metody i sposoby diagnozowania. Model procesu eksploatacji w ujęciu bezpieczeństwa. Interpretacja pojęcia niezawodności eksploatacyjnej. Wskaźniki niezawodności użytkowej i obsługowej podstawowe struktury niezawodnościowe. Aktywne zwiększanie niezawodności. Wybrane rozkłady czasu zdatności obiektu.
53.	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.
54.	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.
55.	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.
56.	Wybrane zagadnienia eksploatacji systemów antropotechnicznych	Interpretacja pojęcia diagnostyki eksploatacyjnej. Metody i sposoby diagnozowania. Model procesu eksploatacji w ujęciu bezpieczeństwa. Interpretacja pojęcia niezawodności eksploatacyjnej. Wskaźniki niezawodności użytkowej i obsługowej podstawowe struktury niezawodnościowe. Aktywne zwiększanie niezawodności. Wybrane rozkłady czasu zdatności obiektu.
57.	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.

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 Deutscha-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. Transformaty 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.	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.
5.	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.
6.	Elementy teorii prognozy III	Podstawowe pojęcia teorii prognozy. Liniowe i nieliniowe modele trendu. Modele naiwne, modele średniej ruchomej i wygładzania wykładniczego. Prognozowanie na podstawie modeli ekonometrycznych. Prognozowanie zjawisk jakościowych.
7.	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

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		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.
8.	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-Gerlacha. Kot 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.
9.	Grafika komputerowa III	Wprowadzenie do problematyki grafiki komputerowej, podstawowe zastosowania i zagadnienia. Obraz cyfrowy - próbkowanie, kwantyzacja, percepcja obrazów, opis barwy, urządzenia zewnętrzne. Grafika 2D - prymitywy rastrowe, transformacje, transformacje macierzowe. Grafika 2D - efekty specjalne, morphing/warping, filtracja, filtracja tekstur. Wprowadzenie do grafiki 3D - reprezentacja, transformacje, podstawowe algorytmy cieniowania, raytracing, radiosity.
10.	Inżynieria jakości oprogramowania III	Niezawodność 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. Ocena możliwości komputerowego wspomaganie 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.
11.	Kryptologia III	Podstawowe pojęcia i historia kryptologii. Arytmetyka modułarna. Klasyczne kryptosystemy. Kryptoanaliza szyfrów. Szyfry strumieniowe. Szyfry blokowe. Konkurs AES i NESSIE. Kryptosystemy asymetryczne. Funkcje skrótu. Bezpieczeństwo szyfrów. Protokoły kryptograficzne. Zastosowania kryptografii
12.	Matematyczne metody wspomaganie 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 wspomaganie decyzji.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
13.	Matematyka dyskretna III	Relacje i funkcje. Relacja równoważności, porządku, dobrego porządku. Zasada abstrakcji. Element maksymalny, minimalny, największy, najmniejszy, majoranta, minoranta. Surjekcje, injektor i bijektor. Permutacje. Działania uogólnione na zbiorach. Rekurencje. Zliczanie zbiorów i funkcji. Techniki zliczania. Współczynniki dwu- i multimianowe. Liczby Stirlinga. Zliczanie surjekcji, iniekcji 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. Rozwiązanie rekurencji. Zbiory z powtórzeniami. Podzielność liczb całkowitych. Działanie modulo. Algorytm dzielenia. Algorytm Euklidesa. Podstawowe twierdzenie arytmetyki. Kongruencje. Małe twierdzenie Fermata. Rozwiązanie 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.
14.	Metody generatywne i aspektowe w wytw. 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
15.	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. Rozwiązanie 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.
16.	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.
17.	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, 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, Hurwita, 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

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		przybliżonej znajomości danych. Tablice decyzyjne. Reguły deterministyczne i niedeterministyczne. Zmienne niepewne.
18.	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.
19.	Modelowanie interakcji człowiek-komputer III	Systemy komputerowe z użytkownikiem – operatorem. Działanie użytkownika w systemie i ocena jakości działania. Modelowanie działania użytkownika. Metoda modelowania GOMS. Metoda Keystroke-Level Model. Metoda THERP i inne metody. Model Markowa oceny jakości wprowadzania informacji przez użytkownika. Semimarkowski model oceny jakości wprowadzania informacji przez użytkownika. Narzędzia analityczne i symulacyjne modelowania jakości. Przykłady. Modelowanie jakości działania użytkownika w systemach z silnymi ograniczeniami. Problemy oceny jakości działania użytkownika.
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.	Niezwadność 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 dziedzina czasu: wskaźniki niezawadności, modele o skończonej liczbie błędów, modele o nieskończonej liczbie błędów. Modele z dziedzina 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 wspomaganie oceny niezawadności oprogramowania. Ocena możliwości komputerowego wspomaganie oceny niezawadności oprogramowania. Pakiet programowy SMERFS ³ . Pakiet programowy CASRE. Inżynieria jakości oprogramowania. System zarządzania jakością. Norma ISO

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		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, wydzielenia 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.	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

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		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 rozwinienia założeń projektowych na postać stochastycznego modelu funkcjonowania i eksploatacji. Badanie własności systemu komputerowego na podstawie badania jego modelu stochastycznego.
30.	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.
31.	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 bazą 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.
32.	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 łącza, 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. Protokół Frame Relay: cechy konstrukcyjne protokołu Frame Relay, - konfigurowanie protokołu Frame Relay, diagnozowanie i rozwiązywanie problemów wynikających z błędnej konfiguracji protokołu. 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, 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

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		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.
33.	Systemy wspomagania 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.
34.	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.
35.	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.
36.	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 (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

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		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.
37.	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.
38.	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. 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 złączalne. Drzewa i kopce dwumianowe: własności, podstawowe operacje, zastosowania.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		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.

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: inżynieria lądowa i transport

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Analizy przestrzenne	W ramach modułu są przedstawiane zasady, metody i techniki zaawansowanego analiz danych przestrzennych. Zastosowania w systemach informacji geograficznej, ujęć statystycznych. Formalne techniki badania danych pod względem topologii dla potrzeb decyzji administracyjnych.
2.	Bezpieczeństwo i niezawodność konstrukcji budowlanych	Wiedza w zakresie bezpieczeństwa i niezawodności konstrukcji budowlanych. Klasyfikacje i zasady kształtowania ustrojów nośnych budynków oraz warunki oceny ich bezpieczeństwa. Sposoby opisu i rozkładu zmiennej losowej. Funkcje niezawodności i intensywności uszkodzeń. Metodyka prowadzenia badań niezawodnościowych, ocena ryzyka, bezpieczeństwa użytkowania obiektów budowlanych i efektywności ich funkcjonowania.
3.	Cyfrowe przetwarzanie obrazu	Wykład ujmujący zasadnicze problemy cyfrowego przetwarzania obrazów. Filtracja obrazów cyfrowych. Kolorymetria. Systemy akwizycji obrazów cyfrowych.
4.	Dynamiczna interakcja konstrukcji podziemnych z ośrodkiem gruntowym	W ramach modułu omawiane są metody formułowania modeli obliczeniowych dynamiki elementów i ustrojów konstrukcyjnych oraz gruntowego ośrodka posadowienia budowli. W modelowaniu szczególną uwagę poświęca się falowej naturze rozważanych zjawisk fizycznych. W konsekwencji formułuje się założenia Metody Fal Naprężeń. Metodę tę proponuje się jako podstawowe narzędzie do budowy modeli obliczeniowych interakcji dynamicznej budowli z gruntem. W charakterze generatorów obciążeń uwzględnia się współczesne środki rażenia.
5.	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.
6.	Fotogrametria	Zasadnicze problemy cyfrowego przetwarzania obrazów. Segmentacja obrazów cyfrowych. Filtracja obrazów radarowych. Wykorzystanie analizy falkowej w filtracji obrazów. Operacje morfologiczne na obrazach cyfrowych. Wyznaczenie MTF.
7.	Fotogrametria satelitarna	Tematyka wykładów obejmuje nowoczesne metody i rozwiązań instrumentalnych wykorzystywane do realizacji obrazowania satelitarnego w celach badawczych i aplikacyjnych, obecnie i w przyszłości.
8.	Identyfikacja obciążeń i układów konstrukcyjnych	Moduł traktuje o identyfikacji 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.
9.	Infrastruktury geoinformatyczne	Pojęcie infrastruktur geoinformatycznych ze szczególnym zwróceniem uwagi na aspekty informacyjne, technologiczne (informatyczne), organizacyjne, prawne i ekonomiczne. Architektura systemów rozproszonych. Usługi sieciowe. Charakterystyka istniejących rozwiązań, w tym INSPIRE, geoportal.gov.pl. Rola metadanych i usług katalogowych. Współdziałanie aplikacji i harmonizacja baz danych.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
10.	Inżynieria materiałów budowlanych	Współczesne trendy modyfikacji materiałów budowlanych, konstrukcyjnych i wykończeniowych. Technologie przygotowania, realizacji oraz optymalnych procedur wbudowywania materiałów i wyrobów w warunkach budowy. Struktura i uwarunkowania materiałowe kompozytów stosowanych w budownictwie. Rola dodatków i domieszek.
11.	Inżynieria przedsięwzięć budowlanych	Organizacja przedsięwzięć 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. Ogólna wiedza, umiejętności i kompetencje niezbędne do projektowania przedsięwzięć budowlanych oraz podejmowania decyzji określających sposób, czas, koszty, jakość, wymagania i miejsce realizacji przedsięwzięcia budowlanego. Zasady badania efektywności, technologii i organizacji robót budowlanych, przygotowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych, struktury oraz procesu eksploatacji obiektów budowlanych.
12.	Mechanika podłoża drogowego i lotniskowego	Modelowanie ośrodka gruntowego jako ośrodka ciągłego jednofazowego i trzyczasowego w zależności od rodzaju gruntu – spoisty - niespoisty. Sztywność i nośność podłoża gruntowego jako zagadnienie wydzielonego obszaru z półprzestrzeni sprężystej. Efekty dynamiczne wywoływane obciążeniami ruchomymi.
13.	Metodologia geodezji i kartografii	Rozwój geodezji i kartografii w ujęciu retrospektywnym; główne jego stymulatory. Istota geodezji i kartografii jako część dyscypliny naukowej dyscypliny naukowej „Inżynieria lądowa i transport”. Zadania geodezji i kartografii wobec oczekiwań ze strony innych dyscyplin oraz ze strony gospodarki opartej na wiedzy. Stan geodezji i kartografii na tle ogólnego stanu nauki i techniki, w szczególności w aspekcie potencjalnych korzyści wynikających z wykorzystania osiągnięć elektroniki, informatyki i technologii informatycznych. Czynniki stymulujące rozwój geodezji i kartografii, np.: formalizm, standaryzacja, czas jako wymiar równorzędny wymiarom przestrzeni geodezyjnej. Kluczowe znaczenie geodezji i kartografii w tworzeniu – w sferze metodologicznej, prawnej i technicznej - infrastruktury informacji przestrzennej.
14.	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 zasadzają 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.
15.	Metody numeryczne w geodezji	Przedmiot dotyczy praktycznego wykorzystania metod numerycznych do rozwiązywania problemów naukowo-technicznych (geodezji). Przedstawia idee i pojęcia metod numerycznych. Ilustruje algorytmy numeryczne. Zawiera elementy programowania – skrypty obliczeniowe. Ilustruje wykorzystanie bibliotek narzędziowych języków skryptowych typu” Matlab, Octave, Scilab.
16.	Metody obliczeniowe konstrukcji mostów składanych	Przedstawienie konstrukcji mostów składanych z określeniem ich parametrów techniczno-eksploatacyjnych. Następnie zaprezentowano teorię obliczania mostów składanych z uwzględnieniem luzów montażowych dla obiektów w układzie statycznym i dynamicznym. Moduł kończy opracowanie projektu przeprawy mostowej z konstrukcji mostu składanego.
17.	Metody projektowania eksperymentu	Istota badań doświadczalnych. Tensometria elektrooporowa. Pomiar i analiza błędów pomiarowych. Organizacja toru pomiarowego. Eksperymentalne metody badań materiałów w prostych stanach naprężenia- próba rozciągania, ściskania, ścinania, zginania, skręcania. Badania materiałów w złożonych stanach naprężenia. Ocena właściwości reologicznych materiałów - pełzanie i relaksacja. Optyczne metody badań

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		w mechanice – elastooptyka, interferometria optyczna, siatkowa i holograficzna.
18.	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, funkcje modułu Parallel Computing. Metody i funkcje modułu MATLAB Distributed Computing Server Toolbox.
19.	Modelowanie danych przestrzennych	Metody projektowania i implementacji baz danych przestrzennych, ze szczególnym uwzględnieniem metodyki OGC i norm ISO z zakresu informacji geograficznej. Schemat pojęciowy i zasady budowy schematu aplikacyjnego, metadane, jakość i ocena jakości. UML i GML. Normy polskie i międzynarodowe w zakresie informacji geograficznej. Opracowywanie schematu aplikacyjnego z wykorzystaniem notacji UML. Język GML. Zaznajomienie z polskim profilem metadanych. Znajomość tworzenia polskiego profilu metadanych. Umiejętność utworzenia metadanych dla zasobu geoinformacyjnego.
20.	Modelowanie konstrukcji nawierzchni drogowych i lotniskowych	Konstruowanie warstw nawierzchni drogowych, wybór materiałów i zasady ich użycia w konstrukcjach drogowych. Technologie budowy drogi wraz z wymaganiami wykonawczymi i doбором sprzętu do robót geotechnicznych w budownictwie drogowych.
21.	Modelowanie procesów cieplno-wilgotnościowych	Modelowanie procesów cieplno-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 cieplno-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.
22.	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.
23.	Nieliniowości geometryczne i fizyczne w mechanice konstrukcji	Deformacje wiotkich konstrukcji i ciał o małej sztywności wymagają wykorzystanie związków geometrycznych z wyrazami liniowymi oraz nieliniowymi. Konsekwencje takich deformacji znajdują odzwierciedlenie w równaniach równowagi zapisanych w konfiguracji odkształconej. Rozważane jest pełne spektrum nieliniowości związków fizycznych materiału wraz ze stowarzyszeniowymi i niestowarzyszonymi prawami odkształcania.
24.	Oddziaływania wybuchowe na budowle obronne	W ramach modułu rozważana jest problematyka obejmująca fizykę zjawisk generowanych wybuchem ładunków i mieszanek paliwowo-powietrznych. Następnie przedstawia się sposoby określania parametrów obciążeń wybuchowych. Analizowane są rodzaje mechanizmów niszczących elementy i ustroje nośne budowli generowane działaniem rozważanych obciążeń.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
25.	Satelitarne systemy badania stanu atmosfery	Pokładowy sprzęt nowej generacji satelitów meteorologicznych. Interpretacja obrazów satelitarnych. Odzworowania kartograficzne obrazów satelitarnych. Wyznaczanie pionowych profili atmosfery. Wykorzystanie danych satelitarnych do badania: pola wiatru, mezoskalowych systemów konwekcyjnych, mgieł i chmur niskich, pokrywy śnieżnej i lodowej, opadów, zjawisk orograficznych i polarnych oraz zmian klimatu. Kierunki rozwoju meteorologicznych systemów satelitarnych.
26.	Specjalistyczne metody pomiarowe w geodezji	Charakterystyka pomiarów specjalnych. Rola pomiarów we współczesnym świecie, Precyzyjne systemy pomiaru odległości metodami interferencyjnymi, Stacje pomiarowe do precyzyjnych pomiarów 3D, Przykłady wykorzystania przemysłowych systemów pomiarowych do określania kierunku, kontroli geometrii, montażu i ustawiania maszyn i obiektów wielowymiarowych.
27.	Struktura i dynamika globu ziemskiego	Kształt globu ziemskiego jako konsekwencja ruchu obiegowego i obrotowego w Układzie Słonecznym. Struktura wewnętrzna – skorupa, płaszcz, jądro. Powierzchnie nieciągłości. Płyty tektoniczne. Pole magnetyczne i grawitacyjne. Pływy morskie, litosferyczne i atmosferyczne i ich konsekwencje na dynamikę globu ziemskiego. Siła Coriolisa. Siły zachowawcze. Siły grawitacji i ciężkości.
28.	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.
29.	Systemy i programy komputerowe w budownictwie komunikacyjnym	Rodzaje i możliwości specjalistycznego oprogramowania z zakresu budownictwa komunikacyjnego, w tym z wybranymi metodami i technikami informatycznymi, zasadami definiowania zakresu i struktury inwestycji komunikacyjnych, istotą i zagadnieniami technologii BIM, numerycznym modelowaniem terenu oraz analizami i symulacjami numerycznymi systemów technicznych.
30.	Systemy i programy komputerowe w budownictwie ogólnym	Modelowanie stanów cieplnych budynku za pomocą metod analitycznych i numerycznych z wykorzystaniem zaawansowanych systemów i programów komputerowych. Metody numeryczne rozwiązywania równań przewodzenia ciepła dla przegród niejednorodnych. Niestacjonarny przepływ ciepła w budynku. Analiza dynamicznej odpowiedzi wybranych elementów konstrukcyjnych budynku metodą fal naprężeń z uwzględnieniem tłumienia. Obliczanie deformacji oraz wyłączenia elementów konstrukcji, w zakresie sprężystym i sprężysto-plastycznym. Wyznaczenie parametrów dynamicznych - okresy drgań swobodnych i tłumienie krytyczne.
31.	Systemy odniesień przestrzennych	System odniesienia. Układy odniesienia. Układy współrzędnych. Niebieskie i ziemskie systemy odniesienia i ich realizacje. Spójność układów odniesienia – wspólne wyznaczenie ziemskich i niebieskich układów odniesienia. Omówienie problemów związanych z realizacją układów odniesienia.
32.	Systemy satelitarne w badaniu ziemi	Nienawigacyjne zastosowania systemów GNSS: okultacja, refraktometria i refraktometria. Badanie geosfer z pułapu orbity satelitarnej: atmosfera, hydrosfera, kriosfera, pole magnetyczne Ziemi, zmiany poziomu oceanów. Omówienie problemów związanych z satelitarnymi badaniami Ziemi.
33.	Współczesne metody teledetekcji	Współczesne komputerowe systemy teledetekcyjne. Nienadzorowana klasyfikacja obrazów wielospektralnych. Nadzorowana klasyfikacja obrazów wielospektralnych. Klasyfikacja obiektowa obrazów wielospektralnych i hiperspektralnych. Wykorzystanie metod klasyfikacji obrazów w analizach terenu. Badanie wody, roślinności, terenów zurbanizowanych. Techniki termalne i mikrofalowe.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
34.	Zaawansowane metody rachunku wyrównawczego	Uogólniony model wyrównania: estymacja parametrów. Diagnostyka błędów grubych w obserwacjach. Modyfikacje metod wyrównania: dla skorelowanych obserwacji geodezyjnych, z obecnością błędów systematycznych pomiarów. Miary dokładności w sieciach geodezyjnych. Ocena dokładności wyrównania. Iteracyjne metody wyrównania. Wyrównanie sekwencyjne – filtracja Kalmana. Modele wyrównawcze z ograniczeniami: definiowanie obliczeniowych układów odniesienia, s-transformacje. Wyrównanie swobodne (sieci niezależne): algebra macierzy uogólnionych, interpretacja wyników wyrównania swobodnego. Odporne wyrównanie swobodne. Metody wykrywania błędów grubych w sieciach geodezyjnych. Wyrównanie sieci geodezyjnych odporne na błędy grube. Niezawodność sieci geodezyjnych Podstawy kolokacji według najmniejszych kwadratów. Elementy projektowania i optymalizacji sieci.
35.	Zagadnienia projektowania i wykonawstwa dróg kolejowych	Podstawowe zagadnienia projektowania i wykonawstwa dróg kolejowych zgodnie z przepisami europejskimi (dyrektywy WE, PE oraz normy europejskie. Aspekty projektowania układów geometrycznych linii kolejowych, wymiarowania układów torowych stacji i przystanków osobowych, rozwiązań węzłów torowych kolei konwencjonalnych, linii szybkich kolei miejskich, a także do linii dużych prędkości. Projektowanie urządzeń do obsługi przewozów pasażerskich, infrastruktury do przewozów towarowych, projektowanie, wykonawstwa oraz podstawowe zagadnienia eksploatacji bocznic kolejowych i infrastruktury intermodalnej.

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: inżynieria materiałowa

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Badania strukturalne metodami dyfrakcji rentgenowskiej	Zapoznanie z podstawowymi pojęciami i prawami krystalografii. Translacja, sieć przestrzenna a sieć krystaliczna. Teoria sieci krystalicznej, Odległości międzypłaszczyznowe. Sieć odwrotna. Projekcja 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	Nauczyć podstawowych pojęć stosowanych w mikroskopii elektronowej. Zasad działania mikroskopów elektronowych (skaningowego i transmisyjnego). Podstawowych metod badawczych stosowanych w mikroskopii elektronowej. Zapoznać z preparatyką stosowaną w mikroskopii elektronowej odbiciowej i elektronowej transmisyjnej. Wybranymi metodami zaawansowanych badań mikroskopowych (mikroanaliza składu chemicznego, dyfrakcyjna orientacja krystalitów, ilościowa analiza obrazu i przełamów).
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	Celem tego modułu przedmiotowego jest zapoznanie doktorantów z fizycznymi podstawami efektów elektrooptycznych w Ciekłych Kryształach (CK). Doktoranci poznają: 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 AntyFeroelektrycznych Ciekłych Kryształach. Moduł ten umożliwi obserwację i zrozumienie działania wszechobecnych w naszym życiu wyświetlaczy ciekłokrystalicznych, modulatorów fazy fali świetlnej, filtrów ochrony wzroku i sprzętu przed działaniem szkodliwego promieniowania elektromagnetycznego.
5.	Kalorymetryczne, termograwimetryczne i wolumetryczne metody badania właściwości materiałów	Przedmiot wprowadza słuchacza w zagadnienia związane z badaniem materiałów (w szczególności materiałów do magazynowania wodoru w fazie stałej) z wykorzystaniem: kalorymetrii różnicowej, termograwimetrii oraz analizy metodami wolumetrycznymi. Omówione zostaną: rodzaje wykorzystywanej do tych badań aparatury, zasadę jej działania, metody kalibracji, dobre praktyki użytkowania, wady, zalety, możliwości i ograniczenia. Słuchacze zostaną zapoznani z podstawami analizy wyników badań, korekcji wyników i doboru parametrów badania w celu uzyskania najlepszych rezultatów. Zostaną przeprowadzone zajęcia praktyczne z wykorzystaniem wymienionych technik badawczych w zastosowaniu do wybranych materiałów.
6.	Materiały półprzewodnikowe dla	Podstawowe właściwości materiałów półprzewodnikowych stosowanych do konstrukcji przyrządów optoelektronicznych: struktury pasmowe, współczynnik absorpcji, mechanizmy generacji i rekombinacji nośników,

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
	zastosowań optoelektronicznych	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	Wykłady z przedmiotu: „Nanoporowaty anodowy tlenek aluminium: synteza, projektowanie i zastosowania” będą obejmowały następujące zagadnienia: - 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, elementy opto-elektroniczne, inżynieria tkankowa, itp.); - Nowe perspektywy i tendencje rozwojowe związane z wytwarzaniem i zastosowaniem anodowego tlenku aluminium.
9.	Nietelekomunikacyjne zastosowania światłowodów	Przedmiot omawiający technikę interferencyjnych (fazowych) czujników światłowodowych. W ramach przedmiotu określono prawidłową terminologię stosowaną w opisie czujników, ideologię matematycznego formalizmu opisu czujnika wraz z określeniem roli przetwornika jak i przetwarzania optycznego i elektronicznego sygnału. Zapoznanie z dwoma metodami budowy czujników punktową oraz o rozłożonym polu detekcji jak i omówiono zagadnienia dotyczące zwielokrotnienia czujników punktowych. Przedmiot zawiera w ramach pokazowych laboratoriów z podstawowymi elementami układu czujnika światłowodowego.
10.	Odbiór końcowy elementów części maszyn i urządzeń z wykorzystaniem współrzędnościowych technik pomiarowych, profilometrii stykowej i metod inżynierii odwrotnej	Wykorzystanie współrzędnościowych technik pomiarowych, profilometrii stykowej i metod inżynierii odwrotnej na różnych etapach procesu technologicznego. Właściwości metrologiczne współrzędnościowych maszyn pomiarowych, profilometrów stykowych oraz urządzeń z obszaru inżynierii odwrotnej. Przygotowanie i wykorzystanie wieloczułnikowej maszyny pomiarowej, profilometru stykowego oraz skanera 3D do przeprowadzenia pomiarów w ramach odbioru końcowego elementów części maszyn i urządzeń. Analiza uzyskanych wyników, szacowanie niepewności pomiarów, wnioski końcowe
11.	Planowanie eksperymentu i analiza danych przy wykorzystaniu programów Origin i Statistica	Większość stosowanych obecnie technik badawczych umożliwia uzyskanie dużej ilości danych eksperymentalnych. Problemem jest jednak ich obróbka i dalsza analiza. Zastosowanie odpowiednich programów komputerowych może w znacznej mierze ułatwić i skrócić to zadanie. Podobnie sprawa wygląda z planowaniem eksperymentu. Znajomość odpowiednich metod statystycznych może znacznie ograniczyć ilość

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		eksperymentów nie obniżając przy tym jakości uzyskanych wyników. W ramach warsztatów uczestnicy zostaną zapoznani z możliwościami jakie programy Origin i Statistica dają 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 direktora i parametru uporządkowania. Ciekłe kryształy jako ośrodek lepkosprężysty. 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	Zapoznanie się z podstawami programowania w języku LabView, w tym opanowanie logiki tzw. języka graficznego. Opanowanie podstawowych struktur programistycznych takich jak bloki sekwencyjne, pętle (for loop, while), struktury wyboru, feedback itp. Opanowanie sposobu użycia obiektów różnych typów (numeric, string, bool) w tym w postaci macierzy i klastrów. Opanowanie podstawowych metod obróbki i przesyłania danych. Opracowanie własnego 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. Zapoznanie się z podstawami programowania w języku Keysight Vee, w tym opanowanie logiki tzw. języka graficznego. Opanowanie podstawowych struktur programistycznych takich jak bloki sekwencyjne, pętle, struktury wyboru, instrukcji warunkowych, itp. Opanowanie sposobu użycia obiektów różnych typów w tym w postaci macierzy i zmiennych zespolonych. Opanowanie podstawowych metod obróbki i przesyłania danych. Zapoznanie się ze współpracą 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 uwzględniających specyfikę druku 3D. 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. Podstawy regeneracji elementów części maszyn i urządzeń techniką LENS.
15.	Spektroskopia dielektryczna	Przedmiot wprowadzający spektroskopię dielektryczną (spektroskopie impedancyjną / spektroskopie zakresu radiowego) jako metodę eksperymentalną w inżynierii materiałowej oraz chemii a także w elektronice przy analizie właściwości materiałów stosowanych w elektronice. Przedstawia zjawiska elektryczne na poziomie atomowym, molekularnym oraz makroskopowym (ośrodku). Przedstawia podstawy teoretyczne (aparat matematyczny) zjawisk relaksacyjnych w materii skondensowanej. Uwzględnia efekty pasywności w pomiarach impedancyjnych. Zapoznaje ze sprzętem badawczym (analizatorami impedancyjnymi), eksperymentem oraz analizą danych doświadczalnych w kontekście właściwości różnych materiałów.
16.	Strukturalne uwarunkowania właściwości materiałów	Forma warsztatów inżynierii materiałowej doskonalących profesjonalność podejścia do rozwiązywania problemów naukowych w obszarze materiałowo-technologicznym. Układ seminaryjnych dyskusji roboczych - wykład – (tylko) na ewentualne życzenie, w wybranej tematyce. Doskonalenie w zakresie terminologii, metodyki, krytycznego odbioru

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		danych zewnętrznych, krytycznej oceny własnych wyników. Doskonalenie w formułowaniu założeń badawczych, celów naukowych, analizy wyników i wnioskowania – głównie i na przykładzie potrzeb własnych projektów doktorskich. Dyskusja uwarunkowań prawnych, w zakresie organizacji i finansowania badań, problemów rzetelności naukowej i etyki naukowca.
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	Przedmiot wprowadza słuchacza w zagadnienia związane wysokoenergetycznym rozdrabnianiem materiałów w młynkach kulowych jak również stopowaniem mechanicznym. Słuchacze zostaną zapoznani z różnymi rodzajami młynków kulowych, zasadą ich działania, możliwościami i uzyskiwanymi 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	Przedmiot wprowadza podstawowe definicje dotyczące plazmoniki i metamateriałów. Omawiane są podstawy fizyczne, oddziaływanie fal elektromagnetycznych o różnej częstotliwości z metamateriałami w różnych zakresach długości fal, plazmony powierzchniowe, metapowierzchnie. Przedstawia uwarunkowania technologiczne realizacji metamateriałowych struktur jedno-, dwu- i trójwymiarowych. Omawiane są wymagania i ograniczenia fizyczne oraz technologiczne dla różnych typów metamateriałów, a także wykorzystanie klasycznych technologii do wytwarzania nano- i metamateriałów. Doktorant zapozna się z metodami 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. Omówione zostaną zastosowania struktur metamateriałowych w urządzeniach fotonicznych

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		oraz perspektywy rozwoju nano- i metamateriałów ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań wojskowych.
22.	Optoelektroniczne Techniki Zobrazowania i Przetwarzania Informacji	Doktorant zapozna się z zagadnieniami barwnego widzenia, postrzeganie informacji czarno-białej i barwnej oraz współzależnością człowiek – wyświetlacz – zobrazowanie, wymagania wyświetlaczy i ergonomią różnych typów zobrazowań. Przedstawione zostaną podstawy fizyczne i teoretyczne efektów wykorzystywanych w wyświetlaczach i ich uwarunkowania. Omówione będą wyświetlacze aktywne - fluorescencyjne, plazmowe, elektroluminescencyjne, budowa, parametry charakterystyczne, przeznaczenie oraz wyświetlacze pasywne - ciekłokrystaliczne, elektroforetyczne, budowa, parametry i uwarunkowanie zastosowań. Dużo miejsca zostanie poświęcone wyświetlaczom ciekłokrystalicznym segmentowym i multipleksowym oraz wyświetlaczom ciekłokrystalicznym sterowany matrycą aktywną. Omówione zostaną systemy projekcyjne, wyświetlacze wielkoformatowe, przeznaczenie, wady, zalety. Doktorant zapozna się z materiałami organicznymi i nieorganicznymi dla wyświetlaczy oraz charakterystyką ich właściwości i elementami technologii wykonania wyświetlaczy oraz charakterystyką procesów technologicznych, metodami kontroli i oceny parametrów użytkowych wyświetlaczy. Przedstawione zostaną sposoby realizacji zobrazowań trójwymiarowych, metody realizacji i zastosowania, teleimersja.

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: inżynieria mechaniczna

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
1.	Analizy MES w konstrukcjach nośnych	W ramach przedmiotu omawiane będą podstawy teoretyczne metod numerycznych analizy konstrukcji nośnych w zakresie liniowym (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 umożliwiających utworzenie poprawnego i efektywnego modelu numerycznego. Przedstawione będą metody modelowania konstrukcji mechanicznych ze szczególnym uwzględnieniem konstrukcji nośnych za pomocą preprocesorów graficznych (głównie MSC.Patran). Doktoranci samodzielnie zbudują modele 2D i 3D do analizy w zakresie wybranych zagadnień inżynierskich, wykonają obliczenia ze zwróceniem uwagi na dobór optymalnych parametrów analizy oraz ocenią poprawność wyników obliczeń z zastosowaniem metod analitycznych i dostępnych wyników badań eksperymentalnych, na przykładzie elementów i podzespołów konstrukcji nośnych.
2.	Analizy numeryczne zagadnień mechaniki pękania	Zajęcia mają na celu przekazanie doktorantowi wiedzy z zakresu teorii mechaniki pękania oraz algorytmów rozwiązywania zagadnień mechaniki pękania poprzez obliczenia numeryczne. Część teoretyczna obejmuje zagadnienia: podstawy mechaniki pękania, współczynnik intensywności naprężeń, kryteria wytrzymałościowe w mechanice pękania, metody numeryczne wyznaczania współczynnika intensywności naprężeń, metodyka prowadzenia obliczeń. Laboratorium ma na celu praktyczne zapoznanie doktorantów z możliwością wykorzystania oprogramowania MES do analizy problemów mechaniki pękania.
3.	Autonomia robotów mobilnych	Podstawowe pojęcia i definicje dotyczące robotów mobilnych. Podstawy sterowania robotami kołowym. Nawigacja z wykorzystaniem znaczników w otoczeniu robota. Zagadnienia nawigacji, samolokalizacji, odometrii w powiązaniu z konstrukcją robota. Określanie pozycji robota na podstawie mapy. Systemy wizyjne w robotyce mobilnej.
4.	Badania eksperymentalne pojazdów mechanicznych	Identyfikacja celu badań, dobór metody badania do zamierzonego wykorzystania wyników. Walidacja metod i procedur badawczych. Zasady wykazywania równoważność metod. Procedura badań homologacyjnych pojazdów. Wybrane metody badań homologacyjnych pojazdów i ich elementów. Zasady doboru wyposażenia pomiarowego. Zasady zachowania spójności pomiarowej podczas badań, wzorcowanie i sprawdzanie wyposażenia pomiarowego. Kryteria sprawdzenia. Opracowanie wyników pomiarów. Analiza danych odstających, szacowanie niepewności pomiarów. Analiza i przedstawienie wyników badań. Ocena ważności badania, ocena przydatności wyników w obszarze regulowanym prawem. Praktyczne realizacja wybranych metod badania pojazdów i ich elementów.
5.	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.
6.	Biopaliwa	Definicje, rodzaje i generacje biopaliw. Metody wytwarzania biopaliw poszczególnych generacji. Właściwości funkcjonalne biopaliw. Metody badania biopaliw. Tendencje rozwojowe biopaliw w aspekcie użytkowym, ekonomicznym i prawnym.

lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
7.	Budowa i eksploatacja robotów przemysłowych	Zajęcia umożliwiają zapoznanie się z budową i zasadami eksploatacji robotów przemysłowych. Zasadami robotyzacji linii produkcyjnych oraz środowiskami i językami do programowania robotów przemysłowych
8.	Cyfrowe przetwarzanie sygnałów	Przedmiot przygotowuje do formułowania modeli matematycznych sygnałów deterministycznych w układach cyfrowych. W ramach wykładów przedstawiane są ogólne zasady analizy czasowo-częstotliwościowej sygnałów cyfrowych oraz algorytmy i metody ich przetwarzania. Duży nacisk położony jest na implementację sprzętową wybranych algorytmów w procesorach sygnałowych DSP.
9.	Projektowanie eksperymentu Design of experiment	W treści przedmiotu zawarto następującą problematykę: •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
10.	Dynamika konstrukcji układów mechatronicznych	Przedmiot umożliwia zapoznanie się z zagadnieniami modelowania układów mechatronicznych, w tym zawiera 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 oraz podaje podstawowe wiadomości poparte przykładami dotyczące drgań samowzbudnych jak również podstawowe metody pomiaru drgań układów mechatronicznych
11.	Dynamika ruchu samochodu	Modelowanie ruchu samochodu. Analiza dynamiki ruchu prostoliniowego i krzywoliniowego. Modelowanie procesu zderzenia samochodu z przeszkodą. Analiza drgań samochodu.
12.	Dynamika układów hydrostatycznych	Zasady dynamiki układów hydrostatycznych. Opis dynamiki zespołów i układów napędowych. Stany ustalone i nieustalone, procesy rozruchowe. Analiza dynamiczna i jej opis.
13.	Dynamika układów wielocłonowych	W ramach przedmiotu omawiane będą podstawy teoretyczne metod numerycznych analizy z zastosowaniem brył sztywnych i strategia komputerowej symulacji multibody z zastosowaniem różnych algorytmów formułowania równań ruchu i ich całkowania. Omawiane będą różne środowiska programów do analiz multibody i przykładowe rozwiązania w dziedzinie inżynierii mechanicznej. Przedstawione będą metody modelowania konstrukcji mechanicznych za pomocą brył sztywnych w układach płaskich i przestrzennych. Doktoranci samodzielnie zbudują modele płaskie i przestrzenne z zastosowaniem różnych aplikacji do analizy kinematyki i dynamiki układów wielocłonowych w zakresie wybranych zagadnień inżynierii mechanicznej. Podczas zajęć wykonają wielowariantowe analizy numeryczne ze zwróceniem uwagi na dobór optymalnych parametrów obliczeń oraz ocenią poprawność otrzymanych wyników z zastosowaniem metod analitycznych i eksperymentalnych.
14.	Dynamika zderzenia brył	Równania dynamiki zderzenia brył. Bilans energii zderzenia. Deformacja i restytucja. Modelowanie po zderzeniowego ruchu brył, które podlegają deformacji w obszarze ich kontaktu. Modele biomechaniczne do analizy obciążeń udarowych.
15.	Ekologiczne płyny eksploatacyjne	Szkodliwe oddziaływanie płynów eksploatacyjnych na środowisko naturalne. Istota biodegradacji, ekotoksyczności i bioakumulacji oraz metody ich badań w zastosowaniu do płynów eksploatacyjnych. Ekolabeling jako narzędzie w promowaniu rozwoju ekologicznych płynów eksploatacyjnych. Współczesne paliwa, oleje, smary i ciecz specjalne o małej szkodliwości dla środowiska. Wytwarzanie i użytkowanie ekologicznych płynów eksploatacyjnych w aspektach: prawnym, technicznym, ekonomicznym i funkcjonalnym. Światowe tendencje w produkcji i zastosowaniu ekologicznych płynów eksploatacyjnych.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
16.	Elementy mechaniki zaawansowanej oraz modelowania dyskretnego w budowie i eksploatacji maszyn	Przedmiot składa się z dwóch części. Część A obejmuje elementy mechaniki zaawansowanej zwracając uwagę na podstawy metod wariacyjnych. Część B dotyczy metod dyskretnych w mechanice kładąc szczególny nacisk na metodę elementów skończonych (MES). Dla celów praktycznego działania omawia się podstawy języka MATLAB z jego biblioteką Symbolic Math Toolbox oraz na przykładzie kratownicy płaskiej wyprowadza się wszystkie charakterystyki elementu prętowego (lub belkowego) niezbędne do rozwiązywania zadań z obszaru statyki, dynamiki i stateczności początkowej.
17.	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.
18.	Inżynieria bezpieczeństwa technicznego	Tematyka zajęć obejmuje: podstawowe pojęcia z dziedziny inżynierii bezpieczeństwa (zagrożenie techniczne, zagrożenie bezpieczeństwa, ryzyko negatywnego oddziaływania, ryzyko powstania szkody; układ funkcjonalny, układ bezpieczeństwa i osprzęt ratunkowy obiektu technicznego); podstawy prowadzenia analiz związanych z bezpieczeństwem obiektu technicznego oraz jakościowe i ilościowe ujęcie bezpieczeństwa technicznego (poznanie wybranych metod i technik analizy bezpieczeństwa). Bezpieczeństwo funkcjonalne. Problematyka związana z opracowaniem i wykonaniem systemów sterowania maszyn związanych z bezpieczeństwem. Matematyczne modelowanie systemów zabezpieczających.
19.	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.
20.	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.
21.	Kształtowanie niezawodności maszyn	Wybrane elementy probabilistyki w niezawodności maszyn. Modele niezawodnościowe obiektów. Trwałość i zużycie części maszyn. Badania, ocena i prognozowanie niezawodności maszyny. Metody poprawy niezawodności. Niezawodność w dokumentach normatywnych.
22.	Materiały kompozytowe w budowie i eksploatacji maszyn	Tematyka zajęć pozwala zapoznać się z definicją i klasyfikacją materiałów kompozytowych. Omawia właściwości kompozytów oraz ich komponentów. Prezentuje wybrane technologie wytwarzania materiałów kompozytowych. Przybliża rodzaje badań stosowanych w doświadczalnej analizie właściwości mechanicznych kompozytów. Przedstawia problemy połączeń metal-kompozyt, a także problemy eksploatacyjne związane z kompozytami. Wskazuje na zastosowania materiałów kompozytowych w technice. Elementem praktycznym jest nabycie umiejętności wykonania nieskomplikowanej naprawy struktury kompozytowej
23.	Mechanika ośrodków ciągłych 1	Przedmiot przygotowuje do zrozumienia tensorów walencji 0-n określających wielkości skalarnie, wielkości wektorowe i wielkości tensorowe w mechanice ośrodków ciągłych. Przedstawiane są podstawy teorii kontinuum materialnego w tym pola materialne, przestrzeń zdarzeń, procesy dynamiczne, układy odniesienia, układy współrzędnych oraz zastosowania materialnego, przestrzennego i wmrózonego układ odniesienia w MOC. Podawane są elementy rachunku tensorowego, w tym najczęściej używane w mechanice ciał materialnych - proste i podwójne operacje tensorowe. Omawiana jest umiejętność posługiwania się

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		operatorami teorii pola w przestrzeni parametryzowanej układem krzywoliniowym. Omawiane są kluczowe zagadnienia kinematyki i deformacji ciał odkształcalnych oraz tensory deformacji i odkształceń. Szczegółowo dyskutowane są zasady zachowania w mechanice - bilanse: masy, pędu, momentu pędu, energii oraz tensor naprężeń. Wyjaśniane są podstawowe postulaty i zasady niezmienniczości w konstrukcji równań konstytutywnych.
24.	Mechanika ośrodków ciągłych 2	Przedmiot zawiera elementy podstawowej i ugruntowanej wiedzy o najważniejszych grupach ośrodków ciągłych i ich podziale w zależności od zachowania się ośrodka w funkcji wartości sił zewnętrznych. Omawiane są elementy termodynamiki, sprężyste ośrodki izotropowe, anizotropowe i ortotropowe z elementami termosprężystości oraz wstępem do nieliniowej teorii sprężystości. Kolejne treści przedmiotu zawierają wstęp do teorii plastyczności, elementy mechaniki płynów newtoniowskich i nienewtonowskich, najważniejsze elementy wiedzy o materiałach lepkich, cieczach lepkosprężystych i lepkosprężystych ciałach stałych. Omawiane są również podstawowe własności reologiczne ciał stałych oraz hipotezy wytrzymałościowe. Przedmiot kształtuje umiejętności określania związków pomiędzy naprężeniami a odkształceniami dla poszczególnych grup materiałowych ośrodków ciągłych, stosowania bezwymiarowych i uogólnionych zmiennych przestrzennych w zagadnieniach stosowanych mechaniki oraz formułowania układów równań i warunków brzegowych dla ośrodków izotropowych i anizotropowych z elementami oddziaływań termosprężystych.
25.	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.
26.	Metody analizy wyników badań numeryczno-eksperymentalnych	Na wybranych przykładach deterministycznych oraz stochastycznych zostanie przedstawiona metodyka badań pozwalająca 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.
27.	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.
28.	Metody badań filtrów powietrza silników spalinowych	Metody badań charakterystyk skuteczności, chłonności i oporów przepływu filtrów powietrza. Dobór warunków badań charakterystyk filtrów. Stanowiska badawcze filtrów powietrza. Stanowiska badawcze z efekcyjnym odsysaniem pyłu oraz z wykorzystaniem licznika cząstek. Pyły testowe i ich charakterystyka. Metodyka wyznaczania charakterystyk skuteczności, chłonności i oporów przepływu filtrów powietrza metodą

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		grawimetryczną. Metodyka wyznaczania charakterystyki aerodynamicznej filtru. Wpływ stanu technicznego filtru powietrza na opór przepływu .
29.	Metody eksperymentalne badania właściwości termofizycznych ciał stałych	W treści przedmiotu zawarto następującą problematykę: właściwości termofizycznych ciał stałych, przewodność cieplna, ciepło właściwe, dyfuzyjność cieplna, rozszerzalność cieplna. Właściwości mechaniczne ciał stałych – dynamiczna analiza mechaniczna (DMA).
30.	Metody i techniki badań właściwości mechanicznych materiałów	Metody badań właściwości mechanicznych w warunkach quasi-statycznego obciążenia. Próby udarowościowe. Metody wyznaczania stałych materiałowych. Metody statycznych badań wytrzymałościowych materiałów elastomerowych i ceramicznych. Metody pomiarów twardości i mikrotwardości. Metody pomiaru odkształceń podczas prób wytrzymałościowych. Metody badań właściwości mechanicznych materiałów w warunkach udarowego obciążenia.
31.	Metody identyfikacji i optymalizacji	Przedmiot przygotowuje do samodzielnej identyfikacji modeli matematycznych układów dynamicznych przy wykorzystaniu metod identyfikacji. W ramach wykładów przedstawiane są metody identyfikacji. Ponadto przedmiot przygotowuje do samodzielnego rozwiązywania przez doktorantów zadań optymalizacji jedno i wielokryterialnej. W ramach wykładów przedstawiane są metody optymalizacji. W ramach ćwiczeń doktoranci formułują modele matematyczne na podstawie eksperymentu identyfikacyjnego oraz rozwiązują wybrane zadania optymalizacji.
32.	Metody numeryczne w zastosowaniach inżynierskich	Zajęcia umożliwiają zapoznanie się z pojęciami i podstawowymi metodami obliczeń numerycznych. W zakresie praktycznym pozwalają na wykształcenie (doskonalenie) umiejętności doboru właściwych metod analizy numerycznej oraz umiejętności projektowania i budowy - programowania algorytmu obliczeniowego
33.	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.
34.	Metody określania współrzędnych obiektów	Ogólna charakterystyka systemów echolokacyjnych. Zadania systemów echolokacyjnych: detekcja, lokalizacja , estymacja parametrów, identyfikacja. Metody wykrywania sygnałów echolokacyjnych. Prawdopodobieństwo detekcji i prawdopodobieństwo fałszywego alarmu. Metody pomiaru odległości i kątów stosowane w lokacji obiektów. Równanie zasięgu w radiolokacji i hydrolokacji. Śledzenie obiektów - filtr Klamana. Echolokacyjne systemy z syntetyczną aperturą.
35.	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.
36.	Modele konstytutywne materiałów w analizie MES	W ramach zajęć przedstawiony zostanie opis matematyczny modeli konstytutywnych materiałów takich jak stałe, stopy, gumy, elastomery, piany, ceramika itd. Przedstawione zostaną też eksperymenty służące wyznaczeniu parametrów modeli. w ramach ćwiczeń będą prowadzone analizy numeryczne z wykorzystaniem poznanych modeli materiałów.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
37.	Modeling 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
38.	Modelowanie hydraulicznych układów napędowych	Modelowanie zespołów, podzespołów, elementów i układów napędowych hydrostatycznych. Układy otwarte i zamknięte. Modelowanie układów hydrostatycznych w programie MATLAB-SIMULINK.
39.	Modelowanie i symulacja zagadnień mechatroniki	Zasady modelowania fizycznego, matematycznego i identyfikacji parametrycznej modelu. Zastosowanie środowiska Matlab/Simulink w symulacji zagadnień mechatroniki
40.	Modelowanie i symulacyjne programy komputerowe	Pojęcia i zasady związane z modelowaniem matematycznym i symulacją komputerową. Formułowanie i przekształcanie modeli. Podstawowe procedury numeryczne i ich aplikacje. Oprogramowanie symulacyjne i programowanie w systemie Matlab-Simulink.
41.	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.
42.	Modelowanie i symulacja zagadnień termomechaniki	Opis zagadnień związanych ze zjawiskami wymiany energii cieplnej. Przewodzenie i przepływ ciepła. Równania konstytutywne uwzględniające wpływ temperatury. Sprężone zagadnienia termosprężyste i termoplastyczne. Termoortotropia.
43.	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.
44.	Modelowanie połączeń struktur cienkościennych	Przegląd konstrukcji cienkościennych. Materiały stosowane w konstrukcjach cienkościennych. Rodzaje połączeń. Zasady projektowania wybranych typów połączeń np. klejowych, nitowych, śrubowych. Wprowadzanie obciążenia skupionego w strukturę. Modelowanie struktur cienkościennych z uwzględnieniem połączeń. Analiza wytrzymałości wybranego połączenia elementów struktury cienkościennej.
45.	Modelowanie przepływów	Przedmiot przygotowuje do uzyskania ugruntowanej wiedzy w zakresie roli metod komputerowego modelowania procesów przepływowych w podstawowych i stosowanych zagadnieniach dynamiki ruchu płynu. Umiejętność formułowania projektów badawczych wykorzystujących symulacyjne metody badań zagadnień opływowych, ugruntowanie kompetencji w zakresie przekazywania wiedzy z podstaw modelowania procesów przepływowych. Omawiane są sformułowania zachowawcze podstawowych równań mechaniki płynów, warunki brzegowe w zagadnieniach obliczeniowych, podstawowe schematy numeryczne i podstawowy solver obliczeniowy CFD - Fluent. Omawiane są problemy modelowania turbulencji przepływów, w tym uśrednione równania Naviera-Stokesa, tensor naprężeń turbulentnych, możliwości i problemy modelowania turbulencji. Informacyjnie omawiane są bezpośrednio metody rozwiązywania ruchów turbulentnych (tzw. metoda DNS), metoda

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		dużych wirów (LES). Pozwala to na uzyskanie wstępnych umiejętności odwzorowania złożonych obiektów badań symulacyjnych, budowy i wykonywania podstawowych operacji na siatkach obliczeniowych, analizy wiarygodności i dokładności wyników modelowania numerycznego
46.	Modelowanie ruchu maszyn	Ogólne zasady modelowania układów mechanicznych, hydrostatycznych, elektromechanicznych. Procesy deterministyczne i losowe. Dynamika układów o zmiennej masie.
47.	Modelowanie struktur kompozytowych	Wprowadzenie. 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.
48.	Modelowanie zagadnień sprzężonych (elektro-termo-mechanicznych)	W ramach przedmiotu zostaną przedstawione równania modelu matematyczno-fizycznego opisującego zjawiska sprzężone, a także warunki początkowo-brzegowe uwzględniające wpływ różnych czynników, zjawisk (termicznych, elektrycznych, mechanicznych). Następnie zostaną przedstawione uproszczenia, które umożliwiają jego rozwiązanie z wykorzystaniem metod numerycznych. Przedstawiony model zostanie wykorzystany do analizy zjawisk termo-elektrycznych oraz elektro-termo-mechanicznych.
49.	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 wspomagania obliczeń inżynierskich. Zastosowanie podejścia wielkoskalowego.
50.	Nowoczesne systemy projektowania i wytwarzania CAD\CAM\	Systemy komputerowego wspomagania procesów projektowania, konstruowania i wytwarzania CAx. Systemy wspomagania procesów technologicznych CAM. Technologia wytwarzania przyrostowego – Techniki Rapid-prototyping, Rapid-manufacturing i inżynieria odwrotna.
51.	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.
52.	Oprogramowanie inżynierskie CAE	Celem przedmiotu jest zapoznanie doktorantów z istniejącymi na rynku systemami do wspomagania prac inżynierskich CAE. w ramach wykładów przedstawiony zostanie przegląd tego typu systemów z wskazaniem ich przeznaczenia oraz możliwości wykorzystania w analizach konstrukcji. Ponadto doktoranci zapoznają się z ich filozofią pracy. w trakcie ćwiczeń laboratoryjnych doktoranci nauczą się samodzielnego przygotowania modeli numerycznych do obliczeń w zakresie statycznym oraz dynamicznym. Poznają sposób uruchamiania obliczeń oraz prezentacji i obróbki uzyskanych wyników.
53.	Planowanie eksperymentu i optymalizacja obiektów mechanicznych	Optymalizacja eksperymentu z wykorzystaniem planów eksperymentu i modeli statystycznych. Plany czynnikowe. Plany optymalizacyjne. Plany zdeterminowane. Plany do analizy skład – właściwość. Analiza istotności i adekwatności modeli statystycznych. Metody wyznaczania ekstremum funkcji statystycznych. Przykłady wykorzystania optymalizacji eksperymentu w inżynierii mechanicznej.
54.	Podstawy bezpieczeństwa ruchu drogowego	Podstawy analizy bezpieczeństwa ruchu drogowego. Modelowanie przebiegu wypadku drogowego. Modele działania kierowcy. Metody analizy wypadków drogowych. Statystyki wypadków drogowych i ich interpretacja.
55.	Podstawy filtracji powietrza wlotowego	Klasyfikacja filtrów powietrza wlotowego silników spalinowych. Wymagania eksploatacyjne stawiane filtrom powietrza. Porowate

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
	do silników spalinowych w filtrach przegrodowych	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 i rdzeniowe. Kryteria doboru filtrów powietrza do silnika pojazdu. Zasady użytkowania i obsługi filtrów powietrza.
56.	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.
57.	Podstawy mechaniki ośrodków ciągłych	Mechanika płynów w zakresie statyki i hydrodynamiki, mechanika ciała stałego odkształcalnego w zakresie teorii sprężystości i plastyczności, modelowanie materiałów.
58.	Podstawy modelowania i symulacji nieliniowych zagadnień mechaniki	Metody numeryczne w aspekcie nieliniowej analizy złożonych zagadnień z zakresu statyki. Metody numeryczne do opisu zagadnienia interakcji pomiędzy ciałami. MES w złożonych zagadnieniach analizy dynamicznej układu ciał.
59.	Podstawy teoretyczne MES	Zajęcia mają na celu pogłębienie wiedzy o metodzie elementów skończonych. w ramach wykładu omówione zostaną zasady działania algorytmów składających się na metodę elementów skończonych. Znajomość tych algorytmów jest niezbędna do prawidłowego używania MES do zadań niestandardowych oraz do poznania i zrozumienia ograniczeń metody i źródeł błędów. Zajęcia laboratoryjne będą polegały na implementacji zdobytej podczas wykładu wiedzy w obliczeniach MES. Dzięki możliwości tworzenia własnych procedur użytkownik może wpływać na przebieg obliczeń MES na różnym ich etapie.
60.	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.
61.	Przemiany struktury kwantowej materii jako źródło energii	Przemiana struktury kwantowej materii jako wspólne źródło energii wydzielanej w procesach syntezy i rozszczepienia jąder atomowych, w czasie spalania, wybuchu i detonacji. Nowoczesne materiały wybuchowe i paliwa rakietowe, interpretacja i modelowanie procesów przemiany. Zagadnienia eksploatacji maszyn i urządzeń zawierających lub pozostających w styczności z materiałami niebezpiecznymi.
62.	Przewidywanie mobilności terenowej platform lądowych	Narzędzia NG NRMM (New Generation NATO Reference Mobility Model) pozwalające na przewidywanie zdolności pojazdu do poruszania się w specyficznych/trudnych warunkach terenowych. Treścią przedmiotu będą techniki i technologie, metodyki/metodologie oraz narzędzia do określania właściwości chemicznych, fizycznych i mechanicznych gruntu, badania gruntu jako podłoża odkształcalnego, po którym przemieszczają się platformy lądowe, ale również traktowanego jako ośrodek urabiany. W treściach programowych zostaną zawarte rezultaty prac naukowych dotyczących modelowania gruntu oraz interakcji pomiędzy podłożem a ogólnie pojętym układem jazdy.
63.	Reologia olejów smarnych	Podstawy reologii cieczy lepkich. Właściwości reologiczne olejów silnikowych i przekładniowych oraz opisujące je charakterystyki. Metody badań właściwości reologicznych olejów smarnych. Dobór olejów w

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		aspekcie ich funkcjonalności i minimalizacji oporów tarcia. Zmiany właściwości reologicznych olejów silnikowych, przekładniowych i hydraulicznych podczas użytkowania i determinujące je czynniki.
64.	Sensory mechatroniczne	Przedmiot przygotowuje do formułowania modeli matematycznych sensorów mechatronicznych. W ramach wykładów przedstawiane są ogólne zasady działania sensorów mechatronicznych. Omawiany jest sposób pomiaru, uchyby i metody wzorcowania sensorów. W ramach ćwiczeń doktoranci formułują modele matematyczne sensorów mechatronicznych. Przeprowadzają pomiary, wyznaczają uchyby z wykorzystaniem zaawansowanych technologicznie sensorów mechatronicznych.
65.	Symulacja i wizualizacja dynamiki układów	Przedmiot przygotowuje doktorantów do badań z wykorzystaniem symulacji i wizualizacji dynamiki układów mechanicznych. Dla wybranych modeli matematycznych procesów dynamicznych, które wymagają rozwiązania układów równań różniczkowych zwyczajnych. W ramach wykładów przedstawiane są ogólne zasady rozwiązywania zagadnień symulacji i wizualizacji dynamiki. W ramach ćwiczeń doktoranci dla wybranych modeli matematycznych przeprowadzają symulację dynamiki układów, a w części ćwiczeń także animację komputerową.
66.	Systemy sterowania w budowie maszyn	Logika rozmyta Konfiguracja sprzętowa sterowników PLC. Proste zadania sterowania logicznego Norma IEC 61131-3 – języki programowania. Synteza algorytmu procesu i sterowania metodą SFC. Systemy sterowania GPS
67.	Tendencje rozwojowe w technice samochodowej	Problemy rozwoju techniki samochodowej i ruchu drogowego. Koncepcje inteligentnych systemów transportowych. Tendencje rozwojowe w budowie układów napędowych i jezdnych. Omówienie wybranych zagadnień 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). System bezpieczeństwa użytkowników samochodu i układy wspomagające pracę kierowcy. Rozwój systemów oświetlenia pojazdu. Samochody hybrydowe, elektryczne, autonomiczne.
68.	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 i odnowy maszyn. Projektowanie procesów i systemu eksploatacji. Zasady racjonalnej eksploatacji maszyn.
69.	Teoria systemów technicznych	Tematyka zajęć obejmuje: podstawowe pojęcia teorii systemów technicznych oraz ogólne zasady konstrukcji i projektowania systemów technicznych, termodynamiczny i informacyjny opis stanu systemu, obieg energii i informacji, szacowanie entropii stanu systemu, przepływ energii w urządzeniach technicznych, przykładowe rozwiązania sprzętowo-programowe urządzeń
70.	Termomechanika materiałów i badania właściwości termofizycznych	Celem zajęć jest zapoznanie uczestników z opisem fenomenologicznym 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. Pozwoli to na zrozumienie zjawisk wymiany ciepła w materiałach i strukturach materiałowych oraz umożliwi zapoznanie się z metodyką badań termofizycznych oraz metodami analizy termicznej.
71.	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.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		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.
72.	Trwałość struktur statków powietrznych	Zajęcia mają na celu przekazanie doktorantowi wiedzy dotyczącej metod określania i badania trwałości statków powietrznych. Część teoretyczna obejmuje zagadnienia: 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. Laboratorium ma na celu praktyczne zapoznanie doktorantów z wybranymi technikami badań nieniszczących, pomiarami tensometrycznymi oraz komputerowymi obliczeniami cykli zmęczeniowych.
73.	Układy radioelektroniczne w systemach radiolokacyjnych	Ogólna charakterystyka systemów echolokacyjnych. Zadania systemów echolokacyjnych: detekcja, lokalizacja, estymacja parametrów, identyfikacja. Metody wykrywania sygnałów echolokacyjnych. Prawdopodobieństwo detekcji i prawdopodobieństwo fałszywego alarmu. Metody pomiaru odległości i kątów stosowane w lokacji obiektów. Równanie zasięgu w radiolokacji. Śledzenie obiektów - filtr Kalmana. Echolokacyjne systemy z syntetyczną aperturą
74.	Walidacja modeli numerycznych	Omówienie metod symulacyjnych w mechanice konstrukcji. Zasady budowy modeli numerycznych wybranego procesu fizycznego. Weryfikacja a walidacja. Planowanie eksperymentu numerycznego w kontekście jego poprawności. Wnioski z walidacyjnych badań numerycznych.
75.	Wprowadzenie do równań fizyki matematycznej	Przedmiot przygotowuje do formułowania modeli matematycznych procesów fizycznych, które wymagają rozwiązania zagadnień granicznych dla układów równań różniczkowych cząstkowych. W ramach wykładów przedstawiane są ogólne zasady formułowania zagadnień granicznych dla równań różniczkowych cząstkowych. Omawiany jest sposób wyprowadzania równań opisujących transport konwekcyjny, dyfuzyjny i falowy. Przedstawiane jest ogólne podejście do budowy modeli matematycznych na bazie równań fizyki matematycznej. Omawiany jest sposób sprowadzania zagadnień granicznych do postaci bezwymiarowej. W ramach ćwiczeń doktoranci formułują modele matematyczne na bazie równań fizyki matematycznej. Seminarium poświęcone jest prezentowaniu przez doktorantów wyników projektów polegających na formułowaniu modeli matematycznych na bazie równań fizyki matematycznej
76.	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.
77.	Wybrane aspekty technologiczno-materiałowe metalurgii proszków	Przedmiot przygotowuje do realizacji prac badawczych, w których występują badania naukowe związane z metalurgią proszków (MP). W ramach wykładów przedstawiane są podstawowe wiadomości dotyczące technologii spieków. Omawiane są fazy procesów(MP), główne ich parametry a także ich wpływ na końcowe właściwości wyrobów. Przedstawiane są stosowane w technologii materiały wyjściowe oraz ich charakterystyki morfologiczne i granulometryczne. Omawiane są nowe odmiany procesów metalurgii proszków t.j. mechaniczne stopowanie i wytwarzanie nanoproszków oraz przykłady zastosowania metalurgii proszków w technice. W ramach ćwiczeń laboratoryjnych doktoranci zapoznają się z metodami określania wybranych parametrów

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		granulometrycznych proszków oraz sposobem ich wykonywania i interpretacji otrzymanych wyników.
78.	Wybrane metody i techniki pomiaru temperatury	Przedmiot przygotowuje do poprawnego wykonywania pomiarów temperatury stowarzyszonych z prowadzeniem badań eksperymentalnych. W ramach wykładów przedstawiane są podstawy teoretyczne pomiaru temperatury, stykowe i bezstykowe czujniki temperatury (budowa, zasada działania), ich właściwości dynamiczne i związane z nimi błędy pomiaru oraz procedury wzorcowania. W szczególności omawiane są następujące typy termometrów: termometry cieczowe, termoelektryczne, rezystancyjne, termistorowe, kwarcowe, bimetaliczne, radiacyjne, światłowodowe oraz kamery termowizyjne. W ramach ćwiczeń laboratoryjnych doktoranci wykorzystują praktycznie wiedzę zdobytą na wykładach do samodzielnego wykonywania pomiarów temperatury z wykorzystaniem termoelementów, rezystancyjnych czujników temperatury oraz kamery termowizyjnej. Szczególny nacisk położony jest na opracowanie statystyczne wyników pomiarów
79.	Wybrane problemy techniki raketowej	Przedmiot przygotowuje do formułowania modeli matematycznych procesów fizycznych związanych z dynamiką ruchu rakiet. W ramach wykładów przedstawiane są ogólne zasady budowy rakiet. Omawiana jest budowa przedziałów rakiet wraz z modelami matematycznymi. W ramach ćwiczeń doktoranci formułują modele matematyczne i przeprowadzają symulację komputerową i wizualizację toru lotu rakiet. Wyznaczają przeciążenia rakiet na torze lotu.
80.	Wybrane zagadnienia algebry wyższej	Przedmiot służy do poznania pojęć i twierdzeń algebry odnoszących się do podstawowych struktur algebraicznych, przestrzeni wektorowych i operatorów liniowych oraz form kwadratowych i kwadryk, a także do zrozumienia i opanowania przekształceń związanych ze zmianami baz w przestrzeniach wektorowych i rzutowaniami na podprzestrzenie w przestrzeniach euklidesowych.
81.	Wybrane zagadnienia analizy funkcjonalnej	Przedmiot służy do wykształcenia umiejętności tworzenia modeli matematycznych i stawiania prostych i odwrotnych zagadnień fizyki matematycznej w postaciach wariacyjnej bądź optymalizacyjnej oraz do poznania metod przybliżonego rozwiązywania takich zagadnień poprawnie i niepoprawnie postawionych.
82.	Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa i ergonomii załóg pojazdów	Współczesne zagrożenia pojazdów wojskowych. Normy i przepisy dotyczące przeżywalności załogi pojazdów – parametry. Rozchodzenie się impulsów ciśnienia. Metody numeryczne wykorzystywane do oceny bezpieczeństwa pojazdów i ich załóg.
83.	Wybrane zagadnienia dynamiki konstrukcji	Analizy obciążenia konstrukcji impulsem ciśnienia. Weryfikacja wyników MES analitycznie. Metody przybliżone oceny uzyskanych wyników.
84.	Wybrane zagadnienia mechaniki ośrodków ciągłych	Elementy termomechaniki, fale sprężyste w ośrodkach ciągłych, fale uderzeniowe, mechanika wybuchu.
85.	Wybrane zagadnienia obrony aktywnej pojazdów wojskowych	W ramach przedmiotu zostaną przedstawione wymagania stawiane współczesnym, złożonym systemom na przykładzie systemu obrony aktywnej pojazdów. Omówione zostaną zjawiska fizyczne wykorzystywane w tego typu interdyscyplinarnych systemach ze szczególnym uwzględnieniem części mechanicznej omawianych systemów. Zostaną przedstawione badania eksperymentalne materiałów oraz sposoby ich modelowania, a także badania całego systemu. Omówione zostaną sposoby modelowania wybranych efektorów.
86.	Wybrane zagadnienia współczesnego programowania	Wprowadzenie do paradygmatu programowania obiektowego. Zagadnienie kodu pośredniego i środowiska uruchomieniowego. Wprowadzenie do języka C# i środowiska Microsoft Visual Studio. Tworzenie programów konsolowych z użyciem języka C# i środowiska

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		Microsoft Visual Studio. Wprowadzenie do języka Python. Tworzenie programów w oparciu o wybrane algorytmy.
87.	Wytrzymałość połączeń adhezyjnych	Właściwości mechaniczne i fizyczne tworzyw wielkocząsteczkowych. Teorie adhezji. Technologie konstituowania połączeń adhezyjnych. Analiza wytrzymałości połączeń klejowych. Optymalizacja wytrzymałościowa połączeń adhezyjnych
88.	Wytrzymałość połączeń adhezyjnych	Właściwości mechaniczne i fizyczne tworzyw wielkocząsteczkowych. Teorie adhezji. Technologie konstituowania połączeń adhezyjnych. Analiza wytrzymałości połączeń klejowych. Optymalizacja wytrzymałościowa połączeń adhezyjnych.
89.	Wytrzymałość zmęczeniowa i mechanika pękania	Ogólna charakterystyka mechaniki pękania. Teoria Griffitha pękania kruchego, elementy liniowej mechaniki pękania. Plastyczność w strefie pęknięcia. Siłowe kryterium pękania. Zjawisko zmęczenia materiału. Wytrzymałość i trwałość zmęczeniowa, wykresy Wöhlera, Smitha, Haigha. Propagacja pęknięć zmęczeniowych. Modelowanie pęknięć oraz wyznaczenie wielkości determinujących ich rozwój. Obliczanie trwałości zmęczeniowej na podstawie prędkości pękania. Probabilistyczne metody obliczeń zmęczeniowych
90.	Wytrzymałość zmęczeniowa i mechanika pękania materiałów i konstrukcji	Zjawiska zmęczenia materiału i wielkości opisujących proces zmęczenia. Stosowanie zasad wytrzymałości zmęczeniowej materiałów i mechaniki pękania w eksploatacji konstrukcji. Podstawy projektowania i obliczeń wytrzymałościowych konstrukcji w zakresie nieograniczonej i ograniczonej trwałości zmęczeniowej. Metodyki badań zmęczeniowych oraz urządzenia do badań zmęczeniowych.
91.	Zaawansowane metody wytwarzania wyrobów z proszków spiekanych	Tematyka zajęć pozwala poznać się z procesami wytwarzania części maszyn z wykorzystaniem nowoczesnych metod inżynierii wytwarzania z uwzględnieniem metalurgii proszków.
92.	Zaawansowane działy balistyki, modelowanie i symulacja	Podczas zajęć studenci zapoznają się z metodami analizy, badań i modelowania zaawansowanych zjawisk balistyki oraz wykorzystują praktycznie poznane metody modelowania do analizy wybranych zjawisk balistyki wewnętrznej, zewnętrznej lub końcowej.
93.	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
94.	Zaawansowane materiały	Tematyka zajęć pozwala poznać się ze strukturą, właściwościami i technologią otrzymywania półprzewodników (krzem, GaAs, azotki optoelektroniki niebieskiej, węgiel krzemu, roztwory stałe z HgCdTe, grafen) i nisko-wymiarowych struktur kwantowych stosowanych w konstrukcji sensorów fotonicznych zakresu optycznego. Prezentowane przykłady zastosowań tych materiałów stanowią najbardziej spektakularne osiągnięcia techniki sensorowej w wojsku, urządzeniach przemysłowych, systemach bezpieczeństwa i medycynie. Część przedmiotu obejmująca materiały konstrukcyjne dotyczy właściwości klasycznych nadstopów i intermetali oraz wybranych stopów specjalnych typu: żeliwo ADI, stal (duplex i maraging), jak też materiałów ceramicznych i kompozytowych oraz dyfuzyjnych i adhezyjnych warstw powierzchniowych modyfikowanych obróbką cieplno-chemiczną i wytwarzanych metodami

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		CVD i PVD, poprzez implantację jonów oraz natryskiwanie cieplne przy naddźwiękowym przepływie strumienia metalizacyjnego. Określa znajomość podstaw budowy tych materiałów, umiejętność analizy struktury i mechanizmów przemian fazowych oraz zdolność dokonywania zmian strukturalnych i oceny właściwości użytkowych w oparciu o procesy technologiczne ich wytwarzania. Przybliża rodzaje badań stosowanych w doświadczalnej analizie struktury i właściwości mechanicznych. Wskazuje na zastosowania materiałów inżynierskich specjalnego znaczenia w technice. Elementem praktycznym jest nabycie umiejętności oceny zastosowania danego typu materiału o określonych właściwościach w projektowaniu inżynierskim.
95.	Zaawansowane modelowanie materiałów	Nowoczesne ceramiki, kompozyty ceramiczne, problem naprężeń resztkowych, materiały gradientowe, modelowanie struktur materiałowych, statystyczna analiza wyników obliczeń MES.
96.	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.
97.	Zaawansowane systemy pomiarowe	Zajęcia umożliwiają zapoznanie się ze strukturą i organizacją sterowanych komputerowo systemów pomiarowych oraz z procedurami i wybranymi „narzędziami” programowania sterowników kontrolera systemu. pojęciami i podstawowymi metodami obliczeń numerycznych. W zakresie praktycznym pozwalają na opanowanie podstaw programowania i sposobów wykorzystania przyrządów wirtualnych do zbierania, gromadzenia i opracowywania danych pomiarowych.
98.	Zastosowanie mechaniki eksperymentalnej w badaniach naukowych 1	Właściwości mechaniczne materiałów inżynierskich. Badanie właściwości mechanicznych materiałów w badaniach statycznych. Opracowanie wyników badań eksperymentalnych.
99.	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.
100.	Zastosowanie metody elementów skończonych w analizie propagacji fal mechanicznych	W ramach przedmiotu zostaną przedstawione zagadnienia związane z propagacją fal (sprężystych, plastycznych). Zostanie przedstawiony opis matematyczny pozwalający analizować przedstawione zagadnienie, a także warunki brzegowe. Następnie zostaną krótko scharakteryzowane metody pozwalające rozwiązać przedstawione zagadnienie. Na wybranych przykładach zostanie pokazana analiza propagacji fal.
101.	Zmęczenie materiałów i konstrukcji	Zajęcia mają na celu przekazanie doktorantowi wiedzy z zakresu zmęczenia materiałów oraz nauczanie praktycznego posługiwania się narzędziami do komputerowo wspomaganym analiz. Część teoretyczna obejmuje zagadnienia: podstawy zmęczenia materiałów, zmęczenie niski- i wysokocyklowe, krzywa S-N, hipotezy kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych, korekcja naprężeń średnich, analiza widm obciążeń, planowanie i prowadzenie testów zmęczeniowych. Ćwiczenia będą obejmowały praktyczne elementy analizy trwałości, które mogą być wykonane za pomocą prostych obliczeń analitycznych. Laboratorium ma na celu praktyczne zapoznanie doktorantów z oprogramowaniem inżynierskim umożliwiającym analizy zmęczeniowe.

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	Przedmiot obejmuje budowę molekularną, 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	Przedmiot obejmuje prezentację aktualnego stanu wiedzy z zakresu chemii i technologii nowoczesnych materiałów wybuchowych, prochów i paliw rakietowych. Wykłady i zajęcia laboratoryjne dotyczą w szczególności: (i) strukturalnych uwarunkowań stabilności i wrażliwości związków wybuchowych; (ii) projektowania, wytwarzania i charakteryzacji nanostrukturalnych mieszanin wybuchowych; (iii) zasad i sposobów zmiany kształtu, wymiarów i morfologii powierzchni cząstek związków wybuchowych; (iv) nowych sposobów wytwarzania kompozycji wybuchowych i formowania ich w ładunki; (v) projektowania, wytwarzania i charakteryzacji termobarycznych materiałów wybuchowych; (vi) projektowania, syntezy i właściwości wybuchowych związków kompleksowych; (vii) projektowania, syntezy i właściwości wysokoenergetycznych i wysokoazotowych soli i cieczy jonowych oraz (viii) nowych składników złożonych prochów i paliw rakietowych (polimerów i utleniaczy).
4.	Elektroanaliza	Podstawy i klasyfikacja elektrochemicznych metod analizy. Potencjometria. Elektrogravimetria. Kulometria. Polarografia. Woltamperometria. Konduktometria. Miareczkowanie amperometryczne. Kapilarne techniki elektromigracyjne - aparatura do elektroforezy kapilarnej i zasada rozdzielania składników mieszanin. Izotachoforeza kapilarna (CITP). Micelarna chromatografia elektrokinetyczna (MEKC). Kapilarna elektroforeza żelowa (CGE). Kapilarne ogniskowanie izoelektryczne (CIEF). Elektrochromatografia kapilarna (CEC). Przegląd zastosowań metod elektrochemicznych w praktyce.
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 szkiełopodobnego, sadzy i węgli aktywnych, włókien węglowych i grafitowych, fullerenu, nanorurek węglowych, diamentów i warstw diamentowych. Kompozyty węglowe. Węglowe kropki kwantowe, ich otrzymywanie i zastosowanie. Otrzymywanie MWeg, modyfikacja ich właściwości i metody badania. Funkcjonalizacja powierzchni ZMWeg. Reaktywność i bioaktywność

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		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	Słuchacze zostaną zapoznani z szeroko rozumianymi korzeniami współczesnej chemii. Na wstępie omówiona zostanie synteza pierwiastków we wszechświecie, następnie pierwsze obserwacje i osiągnięcia chemiczne starożytności (alchemia). Historia odkryć chemicznych na Świecie będzie przedstawiana w sposób chronologiczny z uwzględnieniem współczesnego podziału dziedzin naukowych takich chemia fizyczna, analityczne, analiza chemiczna, synteza organiczna, chemia żywności. Szczególny nacisk zostanie położony na zdobycze chemii po roku 1661 (R. Boyle). Przedstawiony zostanie rozwój technik rozdzielania substancji i analizy oraz ich wpływ na rozwój poglądów dot. chemizmu oraz budowy związków chemicznych. Omówiona zostanie ewolucja nomenklatury oraz symboli pierwiastków i związków chemicznych. Przedstawiona zostanie historia układu okresowego Mendelejewa, badań kinetycznych i termodynamicznych. Szczególny nacisk zostanie położony na gwałtowny 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. Wychwyty 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 wyłapywania, 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.

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
11.	Najnowsze trendy w elektrochemii	Współczesne modele podwójnej warstwy elektrycznej (EDL). Techniki woltamperometryczne. Stosowane obecnie materiały i konstrukcje elektrod roboczych. Elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna (EIS) i jej zastosowania. Nowe konstrukcje ogniw paliwowych, bioogniwa paliwowe, ogniwa zasilane węglem, budowa. Nowe układy elektrokatalityczne, zastosowania. Najnowsze rodzaje baterii litowo-jonowych. Baterie litowo-siarkowe. Zastosowanie interkalacji w elektrochemii. Kondensatory elektrochemiczne (EDLC), budowa. Ciecze jonowe (ILs). Zastosowanie materiałów węglowych w elektrochemii. Elektrochemiczne metody modyfikacji powierzchni ciał stałych. Elektropolimeryzacja. Polimery przewodzące.
12.	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 węgli aktywnych otrzymanych z polimerów. Sieci metaloorganiczne (MOF). Otrzymywanie i badanie adsorpcyjnych właściwości grafenowych materiałów kompozytowych. Wyznaczanie parametrów struktury porowatej materiałów na podstawie izoterm adsorpcji.
13.	Nowoczesne metody syntezy funkcjonalnych związków organicznych	Wprowadzenie do materiałów funkcjonalnych –podział, zastosowania. Ciekłe kryształy –wprowadzenie, 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 organicznych materiałów typu p oraz materiałów typu n. Synteza półprzewodnikowych materiałów polimerowych oraz innych organicznych materiałów funkcjonalnych
14.	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.
15.	Synteza ciekłych kryształów	Wprowadzenie do ciekłych kryształów, struktura i właściwości anizotropowe. Zastosowania materiałów ciekłokrystalicznych, z obszaru displejowego oraz fotonicznego. Metody określania faz ciekłokrystalicznych. Mieszaniny ciekłokrystaliczne dwuskładnikowe oraz wieloskładnikowe, zachowania nieaddytywne. Super fluorowane 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.
16.	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

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		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).
17.	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.
18.	Zaawansowana pirotechnika	Słuchacze zostaną zapoznani z najnowszymi rozwiązaniami stosowanymi w pirotechnice wojskowej i cywilnej. Omówione zostaną współcześnie stosowane reduktory, utleniacze, lepiszcza i modyfikatory. Przedstawione zostaną pirotechniczne zastosowania związków wysokoazotowych. Omówione zostaną nowoczesne kompozycje dymów zasłonowych aktywnych w zakresie podczerwieni. Studenci zostaną zapoznani z współczesnymi wielobazowymi stałymi paliwami raketowymi. Omówione zostaną rozwiązania stosowane w inflatorach poduszek powietrznych. Przedstawione zostaną perspektywiczne zastosowania mieszanin pirotechnicznych w medycynie. Omówione zostaną podstawowe algorytmy stosowane podczas modelowania procesów spalania oraz analitycznej optymalizacji składu kompozycji pirotechnicznych.
19.	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.

Treści programowe dla przedmiotów fakultatywnych

Dyscyplina naukowa: nauki o bezpieczeństwie

lp.	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. Badania <i>desk research</i> .
2.	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, Clarka-Wilsona, Brewera-Nasha. Podstawowe twierdzenia bezpieczeństwa. Polityka bezpieczeństwa, główne cele i wyzwania. Zarządzanie ryzykiem oraz ocena stanu ochrony zasobów informacyjnych.
3.	Ewaluacja procesów i projektów 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.
4.	Geografia, systemy informacji geoprzestrzennej w zarządzaniu kryzysowym	Identyfikacja potrzeb geoanaliz w SZK. Istota systemów GIS. Funkcjonalne komponenty systemów GIS. Systemy lokalizacji i opisu atrybutów geoprzestrzennych obiektów. Mechanizmy zobrazowania i wizualizacji obiektów. Kompleksowe monitorowanie obiektów i zagrożeń w SZK. Modele i narzędzia analizy zagrożeń w ujęciu geoprzestrzennym.
5.	Metodologia badań systemowych	Geneza koncepcji holistyczno-systemowych. Ewolucja paradygmatu holistyczno-systemowego. Zastosowania analizy systemowej, doświadczenia RAND. Ewaluacja technologii podwójnego zastosowania. Modelowanie systemów bezpieczeństwa
6.	Międzynarodowe stosunki wojskowe	Systemy międzynarodowe, historia świata i teoria stosunków wojskowych (prezentyzm, ahistoryzm, europocentryzm, anarchofilia, państwocentryzm, alternatywa). Myślenie systemowe o międzynarodowych stosunkach wojskowych (zdolność do interakcji, proces, struktura). Poziomy i wymiary analiz. Procesy wojskowo-polityczne. Zdolności do interakcji we współczesnym systemie międzynarodowym. Perspektywy – postnowoczesny system międzynarodowych stosunków wojskowych.
7.	Problemy społeczeństwa informacyjnego	Cywilizacja informacyjna, kultura informacyjna, społeczeństwo informacyjne. Modele rozwoju i cechy konstytutywne społeczeństwa informacyjnego. Bezpieczeństwo cyberprzestrzeni państwa. Społeczeństwo informacyjne jako społeczeństwo ryzyka.
8.	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 werbalno-funkcjonalne i sposoby definiowania bezpieczeństwa w doktrynach i strategiach (analiza komparatystyczna).
9.	Teoria 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

Ip.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe
		szkoły studiów nad bezpieczeństwem „Stare” i „nowe” wojny w interpretacjach realizmu i konstruktywizmu.
10.	Współczesna wojna informacyjna	Ewolucja konfliktów. Determinanty techniczne, rewolucje technologiczne i ich wpływ na wojny świata ponowoczesnego (infowar, net war, cyberwar). Wojna informacyjna w doktrynach wybranych państw, analiza porównawcza. Scenariusze wojny informacyjnej, analiza ryzyka. Studia nad przyszłością: modele, prognozy