

## KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Mechanika analityczna**

Nazwa w języku angielskim: **Analytical Mechanics**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Robotyka i Automatyzacja Procesów**

Specjalność (jeśli dotyczy):

Poziom i forma studiów: **II stopień, stacjonarne**

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**

Kod przedmiotu: **RAM041003**

Grupa kursów: **nie**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15	15	15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30	30	30		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Zaliczenie na ocenę	Zaliczenie na ocenę		
Grupa kursów					
Liczba punktów ECTS	1	1	1		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		1	1		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	0.6	0.7	0.7		

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

1. Analiza matematyczna (rachunek różniczkowy i całkowy)
2. Algebra liniowa (macierze, wyznaczniki), geometria, trygonometria
3. Mechanika I i mechanika II w zakresie stopnia I studiów

## CELE PRZEDMIOTU

C1. Znajomość metod analitycznych w zakresie stosowania mechaniki Lagrange'a w dynamice mechanicznych układów holonomicznych: skleronomicznych i reonomicznych. Znajomość analizy drgań liniowych holonomicznych układów zachowawczych o wielu stopniach swobody.

C2. Umiejętność samodzielnej analizy złożonych mechanicznych układów z więzami holonomicznymi typu stacjonarnego do wyznaczania ich: równań różniczkowych ruchu, widma częstości drgań własnych, macierzy modalnych.

C3. Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących inteligencję emocjonalną polegającą na umiejętności współpracy w grupie studenckiej mającej na celu efektywne rozwiązywanie problemów.

Odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu; przestrzeganie obyczajów obowiązujących w środowisku akademickim i społeczeństwie.

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

### I. Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 - Potrafi zdefiniować dyskretny układ mechaniczny holonomiczny oraz jego przemieszczenia możliwe i wirtualne. Zna podstawowe zagadnienie dynamiki. Zna klasyfikację układów dynamicznych ze względu na rodzaje więzów. Zna ogólne równanie dynamiki i zasadę prac przygotowanych.

PEK\_W02 - Zna pojęcie współrzędnych uogólnionych i przestrzeni konfiguracji układu dynamicznego. Zna pojęcie uogólnionych sił (aktywnych i bezwładności). Zna równania Lagrange'a II rodzaju.

PEK\_W03 - Zna teorię drgań układów liniowych zachowawczych o wielu stopniach swobody w zakresie drgań swobodnych.

### II. Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 - Potrafi stosować zasadę prac przygotowanych i zasadę d'Alemberta dla układów holonomicznych.

PEK\_U02 - Potrafi wyprowadzać równania różniczkowe ruchu dyskretnych układów dynamicznych z zastosowaniem równań Lagrange'a i z zasady zachowania energii dla układów zachowawczych holonomicznych.

PEK\_U03 - Potrafi obliczać widmo częstości drgań własnych i wyznaczać macierz modalną dla dyskretnych zachowawczych układów liniowych.

### III. Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 - Potrafi wyszukiwać informacje oraz potrafi poddać je krytycznej analizie.

PEK\_K02 - Potrafi obiektywnie oceniać argumenty oraz racjonalnie tłumaczyć i uzasadniać własny punkt widzenia.

PEK\_K03 - Potrafi przestrzegać obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – Wykład		Liczba godzin
Wy1	Program. Wymagania. Przykłady układów dynamicznych. Więzy i ich rodzaje, klasyfikacja układów ze względu na rodzaje więzów (ukł. holonomiczne), prędkości i przemieszczenia możliwe.	2
Wy2	Podstawowe zagadnienie dynamiki, przemieszczenia wirtualne, pojęcie więzów idealnych, ogólne równanie dynamiki, zasada prac przygotowanych.	2
Wy3	Ogólne równanie dynamiki w przypadku ruchu brotowego i płaskiego ciała sztywnego (przykłady).	2

Wy4	Współrzędne uogólnione, wyprowadzanie równań różniczkowych ruchu na podstawie zasady zachowania energii wyrażonej we współrzędnych uogólnionych (przykłady).	2
Wy5	Siły uogólnione. Przestrzeń konfiguracji. Równania Lagrange'a ( II rodzaju).	2
Wy6	Układy liniowe o skończonej liczbie stopni swobody, zapis macierzowy, układy zachowawcze.	1
Wy7	Drgania swobodne układów zachowawczych: częstości drgań własnych, macierze modalne, formy drgań.	2
Wy8	Sprawdzian	2
		Suma: 15
Forma zajęć – Ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Wprowadzenie. Wyprowadzanie równań na prędkości możliwe i przemieszczenia wirtualne.	2
Ćw2	Rozwiązywanie zagadnień statycznych z wykorzystaniem zasady prac przygotowanych.	2
Ćw3	Rozwiązywanie zadań dynamiki układów dyskretnych z wykorzystaniem ogólnego równania dynamiki (zasady d'Alemberta).	2
Ćw4	Rozwiązywanie wybranych zadań z dynamiki ciała sztywnego w ruchu płaskim z wykorzystaniem ogólnego równania dynamiki.	2
Ćw5	Wyprowadzanie równań różniczkowych ruchu na podstawie zasady zachowania energii oraz równań Lagrange'a (porównanie metod i wyników) dla układów o 1 i 2 stopniach swobody.	2
Ćw6	Wyznaczanie częstości drgań własnych i parametrów modalnych dla układów zachowawczych o 2-ch stopniach swobody.	2
Ćw7	Kolokwium zaliczeniowe.	2
Ćw8	Zaliczenia. Poprawa ocen.	2
		Suma: 16
Forma zajęć – Laboratorium		Liczba godzin
Lab1	Wprowadzenie. Zapoznanie się z oprogramowaniem Matlab i Simulink.	2
Lab2	Analiz komputerowa pewnego układu dynamicznego poruszającego się ruchem płaskim z zastosowaniem równań dynamiki mechaniki analitycznej.	2
Lab3	Zaprojektowanie w Simulinku układu dynamicznego o jednym stopniu swobody i komputerowa analiza jego drgań swobodnych i wymuszonych.	2
Lab4	Analiza drgań swobodnych i wymuszonych pewnego liniowego układu dwu-masowego o dwóch stopniach swobody z zastosowaniem oprogramowania Simulink	2
Lab5	Badania symulacyjne własnego układu dynamicznego zaproponowanego przez studentów i zatwierdzonego przez prowadzącego zajęcia.	2
Lab6	Badania eksperymentalne drgań wybranych układów rzeczywistych o skończonej liczbie stopni swobody (1 lub/i 2). Zapoznanie się z aparaturą pomiarową, czujnikami drgań, sposobami wymuszeń, analizatorami drgań i.t.p.	2
Lab7	Eksperymentalne badania dynamiczne pewnego układu ciągłego (belka lub/i płyta). Częstotliwości rezonansowe, formy drgań.	2

Lab8	Ocena efektów zajęć, sprawozdań. Zaliczenia.	1
		Suma: 15

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. wykład tradycyjny z wykorzystaniem transparencji i slajdów  
 N2. ćwiczenia rachunkowo-problemowe  
 N3. konsultacje  
 N4. praca własna – przygotowanie do laboratorium  
 N5. praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Wykład)

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_K01, PEK_K02, PEK_K03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03	sprawdzian pisemno-ustny
P = F1		

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Ćwiczenia)

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03	Kolokwium zaliczeniowe, odpowiedzi ustne
P = F1		

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Laboratorium)

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_K01, PEK_K02, PEK_K03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03	raporty z ćwiczeń laboratoryjnych, odpowiedzi ustne

P = F1

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### LITERATURA PODSTAWOWA

1. B. Gabryszewska, A. Pszonka, „Mechanika”, cz.II, Kinematyka i dynamika, PWr , 1988;
2. J. Zawadzki, W. Siuta, „Mechanika ogólna”, PWN, Warszawa 1971;
3. B. Skalmierski, „Mechanika”, PWN, Warszawa 1982;
4. M. Lunn, A First Course in Mechanics, Oxford Science Publications, 1991

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

1. M. Kulisiewicz, St. Piesiak, „Metodologia modelowania i identyfikacji mechanicznych układów dynamicznych”, PWr. 1994;
2. J. Leyko , „Mechanika ogólna”, WNT, Warszawa 1980;
3. J. Giergiel, „Mechanika ogólna”, WNT, Warszawa 1980;

## OPIEKUN PRZEDMIOTU

dr hab. inż. Mirosław Bocian tel.: 320-27-54 email: [miroslaw.bocian@pwr.edu.pl](mailto:miroslaw.bocian@pwr.edu.pl)

## SUBJECT CARD

Name in Polish: **Mechanika analityczna**

Name in English: **Analytical Mechanics**

Main field of study (if applicable): **Robotics and Process Automation**

Specialization (if applicable):

Level and form of studies: **II level, full-time**

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **RAM041003**

Group of courses: **no**

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	15	15	15		
Number of hours of total student workload (CNPS)	30	30	30		
Form of crediting	Crediting with grade	Crediting with grade	Crediting with grade		
Group of courses					
Number of ECTS points	1	1	1		
including number of ECTS points for practical (P) classes		1	1		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	0.6	0.7	0.7		

### PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES

1. Mathematical analysis (differential and integral calculus)
2. Linear algebra (matrices, determinants), geometry, trigonometry
3. Mechanics I and mechanics II in range of study stage I

## SUBJECT OBJECTIVES

C1. Knowledge of analytical methods for the application of Lagrangian mechanics in the dynamics of mechanical holonomic systems (for systems with constraints depending and not depending from time). Knowledge of vibration analysis of linear holonomic conservative systems with many degrees of freedom.

C2. Ability to independently analyze complex mechanical systems with a holonomic constraints which are not depend on time to determine : differential equations of movement, natural vibration frequency spectrum, the modal matrix.

C3. The acquisition and consolidation of social skills including emotional intelligence relying ability to work in a group of students with a view to effective problem solving.

Responsibility, honesty and fairness in conduct; observance of manners in the academic community and society

## SUBJECT LEARNING OUTCOMES

### I. Relating to knowledge:

PEK\_W01 - He can define a discrete mechanical holonomic system and its possible and virtual displacements. He knows the fundamental problem of dynamics. He knows the classification of dynamical systems in respect of the constraint types. He knows the general equation of dynamics and the principle of virtual work.

PEK\_W02 - He knows the notion of generalized coordinates and configuration space of a dynamical system. He knows the concept of generalized forces (active and inertia). He knows the Lagrange's equations of the second kind.

PEK\_W03 - He knows the vibration theory of linear systems with many degrees of freedom in the free vibration range.

### II. Relating to skills:

PEK\_U01 - He is able to apply the virtual work principle and d'Alembert's principle for holonomic systems

PEK\_U02 - It can derive the differential equations of motion of discrete dynamical systems by using Lagrange's equations and by using the energy conservation law for conservative holonomic systems.

PEK\_U03 - He can calculate the spectrum of natural frequencies and can determine the modal matrix for discrete conservative linear systems.

### III. Relating to social competences:

PEK\_K01 - He can search information and is able to critical review

PEK\_K02 - He can objectively evaluate the arguments and rationally explain and justify own point of view.

PEK\_K03 - He can observe the customs and rules of the academic community.

## PROGRAM CONTENT

Form of classes – Lecture		Number of hours
Lec1	Curriculum. Requirements. Examples of dynamic systems. Constraints and their types, classification systems for the sake of the constraint types (holonomic systems), possible velocities and possible displacements.	2
Lec2	The fundamental problem of dynamics, virtual displacement, the notion of ideal constraints, the general equation of dynamics, the virtual work principle.	2

Lec3	The dynamic general equation for the rotational and planar motion of rigid body (examples)	2
Lec4	Generalized coordinates. Derivation of differential equations of motion by using the energy conservation law expressed in generalized coordinates (examples).	2
Lec5	Generalized forces. Configuration space. Lagrange's equations (of II type).	2
Lec6	Linear systems with a finite number of degrees of freedom, matrix notation, conservative systems.	1
Lec7	Free vibrations of conservative systems: natural frequencies, modal matrices, mode shapes.	2
Lec8	Final test	2
		Total hours: 15
Form of classes – Classes		Number of hours
CI1	Introduction. Derivation of equations for possible velocities and virtual displacements.	2
CI2	Solving of static problems by using a principle of virtual work	2
CI3	Solving of dynamic problems for discrete systems by using a dynamic general equation (d'Alembert's principle).	2
CI4	Solving of selected dynamic problems of a rigid body in plane motion by using a dynamic general equation.	2
CI5	Derivation of motion differential equations based on the energy conservation law and Lagrange's equations (comparison of methods and results) for systems with one and two degrees of freedom	2
CI6	Determination of the natural frequencies and modal parameters for conservative systems with two degrees of freedom	2
CI7	Final test	2
CI8	Credits. Improvement of marks	2
		Total hours: 16
Form of classes – Laboratory		Number of hours
Lab1	Introduction. Getting familiar with the software Matlab and Simulink.	2
Lab2	Computer analysis of some dynamic system in case of plane motion by using dynamics equations of analytical mechanics	2
Lab3	Design by means of Simulink a dynamical system with one degree of freedom and computer analysis of the free and forced vibration.	2
Lab4	Analysis of free and forced vibration of a linear two-mass with two degrees of freedom system using Simulink software.	2
Lab5	Simulation studies a dynamic system proposed by the student and approved by the laboratory conductor.	2
Lab6	Experimental studies of vibration of selected real systems with a finite number of degrees of freedom (1 or/and 2). Introduction to the measuring apparatus, vibration sensors, methods of excitation, vibration analyzers, etc.	2



Lab7	Experimental investigation of a continuous dynamic system (beam and/or plate). Resonant frequencies, mode shapes.	2
Lab8	Evaluating the effects of activities, reports. Credits.	1
		Total hours: 15

TEACHING TOOLS USED		
N1. traditional lecture with the use of transparencies and slides N2. Calculative-problematic exercises N3. tutorials N4. self study - preparation for laboratory class N5. self study - self studies and preparation for examination		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Lecture)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_K01, PEK_K02, PEK_K03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03	Calculative-problematic exercises
P = F1		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Classes)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03	Final test, oral answers
P = F1		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Laboratory)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement

F1	PEK_K01, PEK_K02, PEK_K03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03	laboratory reports, oral answer
P = F1		

## PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

### PRIMARY LITERATURE

1. B. Gabryszewska, A. Pszonka, "Mechanics", part II, kinematics and dynamics, Wrocław University of Technology, 1988;
2. J. Zawadzki, W. Siuta, "General Mechanics", PWN, Warsaw, 1971;
3. B. Skalmierski, "Mechanics", PWN, Warsaw, 1982;
4. M. Lunn, A First Course in Mechanics, Oxford Science Publications, 1991

### SECONDARY LITERATURE

1. M. Kulisiewicz St. Piesiak, "Methodology of modeling and identification of mechanical dynamical systems", WUT. , 1994;
- 2 J. Leyko, "General Mechanics", WNT, Warsaw, 1980;
- 3 J. Giergiel, "General Mechanics", WNT, Warsaw, 1980

## SUBJECT SUPERVISOR

dr hab. inż. Mirosław Bocian tel.: 320-27-54 email: miroslaw.bocian@pwr.edu.pl