

## KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Mechanika II**

Nazwa w języku angielskim: **Mechanics II**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Mechanika i Budowa Maszyn**

Poziom i forma studiów: **I stopień, niestacjonarne**

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**

Kod przedmiotu: **MMM032018**

Grupa kursów: **nie**

|   | Wykład  | Ćwiczenia           | Laboratorium | Projekt | Seminarium |
|---|---------|---------------------|--------------|---------|------------|
| Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)                                       | 20      | 20                  |              |         |            |
| Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)                                   | 90      | 60                  |              |         |            |
| Forma zaliczenia  | Egzamin | Zaliczenie na ocenę |              |         |            |
| Grupa kursów  |         |                     |              |         |            |
| Liczba punktów ECTS   | 3       | 2                   |              |         |            |
| w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)                 |         | 2                   |              |         |            |
| w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK) | 1.8     | 1.4                 |              |         |            |

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

1. analiza matematyczna (różniczkowanie, całkowanie), algebra liniowa, geometria euklidesowa, trygonometria
2. równania różniczkowe (zwykłe, liniowe) w zakresie metody rozdzielania zmiennych i metody równania charakterystycznego
3. mechanika w zakresie statyki i kinematyki

## CELE PRZEDMIOTU

- C1. Znajomość metod analitycznych w zakresie stosowania zasad dynamiki klasycznej dla typowych układów mechanicznych (układy dyskretne: punkt, układ punktów z więzami holonomicznymi, ciało sztywne).
- C2. Rozwiązywanie problemów technicznych konstrukcji i układów mechanicznych pod obciążeniami dynamicznymi.
- 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 podstawowe pojęcia w dynamice układów mechanicznych (pęd, kręt, siłę bezwładności, pracę, energię kinetyczną i potencjalną)

PEK\_W02 - Zna podstawowe pojęcia w dziedzinie drgań swobodnych i wymuszonych układów mechanicznych o jednym stopniu swobody (częstość drgań własnych, charakterystyczne częstości, rezonans).

PEK\_W03 - Zna podstawowe zasady dynamiki (ruchu środka masy, pędu, krętu, d'Alemberta). Zna pojęcie układów zachowawczych i zasadę zachowania energii. Zna równania dynamiki ruchu obrotowego i płaskiego ciała sztywnego. Zna dynamikę ruchu kulistego.

### II. Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 - Potrafi obliczać prędkości i przyspieszenia w ruchu płaskim i kulistym ciała sztywnego.

Potrafi wyprowadzić równania ruchu punktu materialnego swobodnego i nieswobodnego dla zmiennych w czasie obciążeń dynamicznych stosując II zasadę dynamiki Newtona.

PEK\_U02 - Potrafi obliczać częstości drgań swobodnych dla układów o jednym stopniu swobody z liniowym tłumieniem wiskotycznym i bez tłumienia. Potrafi wyprowadzać równania ruchu i obliczać jego parametry (prędkości i przyspieszenia obrotowe) dla ciał sztywnych obciążonych momentem.

PEK\_U03 - Potrafi wyznaczać siły reakcji więzów w warunkach obciążeń dynamicznych. Potrafi obliczać energię kinetyczną i potencjalną dla złożonych układów mechanicznych. Potrafi stosować zasadę zachowania energii do wyznaczania równań różniczkowych ruchu układów zachowawczych.

### 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, literatura. Podstawowe zasady mechaniki klasycznej. Kinematyka a dynamika. Modele dyskretne i ciągłe układów dynamicznych w mechanice. | 2             |
| Wy2                  | Skrótowe przypomnienie materiału kinematyki z poprzedniego semestru. Uzupełnienie: kinematyka ruchu kulistego ciała sztywnego.                             | 2             |

|                         |  |               |
|-------------------------|--|---------------|
| Wy3                     | Druza zasada dynamiki Newtona (zastosowania w dynamice punktu swobodnego i nieswobodnego). Drgania układu jedno-masowego o jednym stopniu swobody z liniowym tłumieniem wiskotycznym i bez tłumienia. Zapis zespolony. Drgania swobodne.   | 2             |
| Wy4                     | Drgania wymuszone harmonicznje, charakterystyki częstotliwościowe, rezonans. Wymuszenia dynamiczne i kinematyczne.   | 2             |
| Wy5                     | Pojecie sił bezwładności i zasada d'Alemberta. Pęd i zasada pędu. Kręt i zasada krętu. Pojecie pracy. Praca elementarna.   | 2             |
| Wy6                     | Energia kinetyczna i potencjalna. Zasada równoważności pracy i energii kinetycznej. Zasada zachowania energii. Układy zachowawcze. Przykłady zastosowań.   | 2             |
| Wy7                     | Układy wielo-masowe. Więzy, stopnie swobody. Wykorzystanie drugiej zasady dynamiki Newtona w układach wielo-masowych nieswobodnych. Zasada ruchu środka masy i zasada pędu w układach wielo-masowych.  | 2             |
| Wy8                     | Kręt ogólny i zasada krętu w układach wielo-masowych. Wprowadzenie do dynamiki ciała sztywnego. Dynamika ruchu postępowego i obrotowego ciała sztywnego. Wykorzystanie zasady krętu i równania dynamiki ruchu obrotowego w określaniu częstości drgań swobodnych układów złożonych. Masy i sztywności zastępcze. | 2             |
| Wy9                     | Wyznaczanie reakcji dynamicznych w ruchu obrotowym. Metoda redukcji sił bezwładności. Kręt w ruchu płaskim ciała sztywnego i dynamika ruchu płaskiego ciała. Energia kinetyczna ciała sztywnego w ruchu ogólnym. Twierdzenie Königa.   | 2             |
| Wy10                    | Kręt w ruchu ogólnym ciała sztywnego. Dynamika ruchu kulistego.  | 2             |
|                         |  | Suma: 20      |
| Forma zajęć – Ćwiczenia |  | Liczba godzin |
| Ćw1                     | Zadania z kinematyki punktu, ruchu obrotowego i płaskiego ciała sztywnego.   | 2             |
| Ćw2                     | Zadania z kinematyki ruchu względnego punktu. Zadania z kinematyki ruchu kulistego ciała sztywnego.  | 2             |
| Ćw3                     | Rozwiązywanie przykładów zadań z dynamiki punktu materialnego swobodnego z zastosowaniem II zasady dynamiki Newtona (ruch prostoliniowy i krzywoliniowy pod wpływem sił: stałych, zmiennych w czasie, zależnych od prędkości ruchu).   | 2             |
| Ćw4                     | Rozwiązywanie przykładów zadań z dynamiki punktu materialnego nieswobodnego z zastosowaniem II zasady dynamiki Newtona.  | 2             |
| Ćw5                     | Przykłady zadań z drgań swobodnych prostych układów mechanicznych o jednym stopniu swobody (wyznaczanie częstości drgań swobodnych i równań ruchu). Przykłady zadań z drgań wymuszonych harmonicznje prostych układów mechanicznych o jednym stopniu swobody.  | 2             |
| Ćw6                     | Przykłady zadań z dynamiki punktu materialnego ( zasada pędu, zasada zachowania energii).  | 2             |
| Ćw7                     | Przykłady zadań z dynamiki ruchu postępowego i obrotowego ciała sztywnego z wykorzystaniem zasady ruchu środka masy, zasady krętu i równania dynamiki ruchu obrotowego ciała sztywnego.  | 2             |
| Ćw8                     | Zadania na reakcje dynamiczne w podporach ciała poruszającego się ruchem obrotowym.  | 2             |

|      |  |          |
|------|--|----------|
| Ćw9  | Przykłady wyznaczania równań ruchu dla ciał sztywnych poruszających się ruchem płaskim. Technika obliczania energii kinetycznej ciała sztywnego z zastosowaniem wzoru Königa (przykłady zadań). Zastosowania zasady zachowania energii do wyprowadzania równań różniczkowych ruchu w złożonych układach zachowawczych. | 2        |
| Ćw10 | Kolokwium zaliczeniowe   | 2        |
|      |  | Suma: 20 |

#### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. wykład tradycyjny z wykorzystaniem transparencji i slajdów  
N2. ćwiczenia rachunkowe  
N3. konsultacje  
N4. 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 | egzamin 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<br>PEK_K01 -PEK_K03 | kolokwium końcowe                           |
| P = F1   |   |   |

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### LITERATURA PODSTAWOWA

1. B. Gabryszewska, A. Pszonka: „Mechanika”, cz. II „Kinematyka i dynamika”, PWr, 1998 2. J. Zawadzki, W. Siuta: „Mechanika ogólna”, PWN, Warszawa 1971 3. J. Misiak : „Mechanika ogólna. Dynamika”. Tom II, WNT, Warszawa 1993

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

1. J. Giergiel : „Mechanika ogólna”, WNT, Warszawa 1980 2. B. Skalmierski: „Mechanika” PWN, Warszawa 1977 3. J. Leyko : „Mechanika ogólna”, WNT, Warszawa 1980 4. M. Kłasztorny: „Mechanika” Dolnośląskie Wyd. Edukacyjne, Wrocław 2000

## OPIEKUN PRZEDMIOTU

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

Faculty of Mechanical Engineering

## SUBJECT CARD

Name in Polish: **Mechanika II**

Name in English: **Mechanics II**

Main field of study (if applicable): **Mechanical Engineering and Machine Building**

Level and form of studies: **I level, part-time**

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **MMM032018**

Group of courses: **no**

|   | Lecture     | Classes              | Laboratory | Project | Seminar |
|---|-------------|----------------------|------------|---------|---------|
| Number of hours of organized classes in University (ZZU)                        | 20          | 20                   |            |         |         |
| Number of hours of total student workload (CNPS)                                | 90          | 60                   |            |         |         |
| Form of crediting   | Examination | Crediting with grade |            |         |         |
| Group of courses  |             |                      |            |         |         |
| Number of ECTS points   | 3           | 2                    |            |         |         |
| including number of ECTS points for practical (P) classes                       |             | 2                    |            |         |         |
| including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes | 1.8         | 1.4                  |            |         |         |

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

1. mathematical analysis (differentiation, integration), linear algebra, trigonometry
2. differential equations (ordinary, linear) in the variables separation methods and the characteristic equation areas
3. mechanics in range of statics and kinematics

## SUBJECT OBJECTIVES

- C1. Knowledge of analytical methods for the application of the principles of classical dynamics for typical mechanical systems (discrete systems: .massl particle, system of masses particles with holonomic constraints, rigid body).
- C2. Resolving some technical problems of structure and mechanical systems under dynamic loads.
- C3. 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 behaviour; observance of customs in the academic community and society.

## SUBJECT LEARNING OUTCOMES

### I. Relating to knowledge:

PEK\_W01 - He is able to define key concepts in the dynamics of mechanical systems (momentum, angular momentum, force of inertia, work, kinetic and potential energy)

PEK\_W02 - He knows the basic concepts in the field of free and forced vibration of mechanical system with one degree of freedom (natural frequency, frequency characteristics, resonance)

PEK\_W03 - He knows the basic principles of dynamic (move of the center of mass, momentum, angular momentum, d'Alembert's principle). He is familiar with the term of conservative system and with energy conservation law. He knows the dynamics equations of rotational motion and plane motion of a rigid body. Dynamics of the rigid body rotation about a fixed point

### II. Relating to skills:

PEK\_U01 - He can calculate the velocity and acceleration in plane motion of a rigid body and in the relative motion and in the rotation about a fixed point. He can derive the equations of motion of a free and constrained material point for time-varying dynamic loads using the Newton's second principle.

PEK\_U02 - It can calculate the frequency of free vibration for systems with one degree of freedom of the linear viscous damping and without damping. He can derive the equations of motion and calculate its parameters (angular velocity and acceleration) for rigid body loaded by torque and moves rotation.

PEK\_U03 - He can determine the reaction force constraints under dynamic loads. It can calculate the kinetic and potential energy for complex mechanical systems. He is able to apply the energy conservation law to determine the differential equations of conservative system.

### III. Relating to social competences:

PEK\_K01 - He can search information and is able to review it critically.

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

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

## PROGRAM CONTENT

| Form of classes – Lecture |  | Number of hours |
|---------------------------|--|-----------------|
| Lec1                      | Program, requirements, literature. The basic principles of classical mechanics. Kinematics and dynamics. Models of discrete and continuous dynamical systems in mechanics. | 2               |

|                           |   |                 |
|---------------------------|---|-----------------|
| Lec2                      | A brief reminder of the kinematics of the material from the previous semester. Addendum: Kinematics of the rigid body rotation about a fixed point.   | 2               |
| Lec3                      | The Newton's second law (applicable in the dynamics of the free and constrained point).   | 2               |
| Lec4                      | The vibrations of the one-mass single degree of freedom system with the linear viscous damping and without damping. Complex notation. Free vibrations. Harmonically forced vibration, frequency characteristics, resonance. Dynamic and kinematic excitations.  | 2               |
| Lec5                      | The forces of inertia and d'Alembert's principle. Momentum, and momentum principle. Angular momentum and angular momentum principle. The definition of work. Elementary work.   | 2               |
| Lec6                      | The kinetic and potential energy. The principle of work and kinetic energy equivalence. The principle of conservation of energy. Conservative systems. Examples of applications.  | 2               |
| Lec7                      | Multi-mass systems. Constraints, degrees of freedom. The use of second Newton's laws in multi-mass constrained material systems. The principle of the center of mass motion and the principle of momentum in multi-mass systems.  | 2               |
| Lec8                      | Total angular momentum and angular momentum principle in the multi-mass systems. Introduction to the dynamics of a rigid body. The equation of the dynamics of a rigid body rotation. Using the principle of angular momentum and the equation of rotational dynamics in determining the frequency of free vibration of complex systems. Equivalent mass and stiffness. | 2               |
| Lec9                      | Determination of the dynamic response in a rotating motion. The method of reduction of inertial forces. Angular momentum in the plane motion of a rigid body and dynamics of plane motion. The kinetic energy of rigid body in a general motion. The König's theorem.   | 2               |
| Lec10                     | Forces in plane motion of a rigid body and in the relative motion and in the rotation about a fixed point.  | 2               |
|                           |   | Total hours: 20 |
| Form of classes – Classes |   | Number of hours |
| CI1                       | Practical problems of kinematics of particle, rotational motion and plane motion of rigid body.   | 2               |
| CI2                       | Practical problems of kinematics of relative motion of particle. Solving examples of tasks of Kinematics of rigid body rotation about a fixed point.  | 2               |
| CI3                       | Solving examples of tasks with dynamic free mass particle using The Newton's second law (rectilinear and curvilinear motion)  | 2               |
| CI4                       | The Newton's second law (applicable in the dynamics of the constrained massl particle).   | 2               |



|      |   |                 |
|------|---|-----------------|
| CI5  | Examples of tasks from free vibrations of simple mechanical systems with one degree of freedom (determination of free vibration frequencies and the motion equations) Examples of tasks from forced vibration of simple mechanical systems with one degree of freedom.  | 2               |
| CI6  | Examples of the tasks of the dynamics of particle (momentum principle, the principle of conservation of energy)   | 2               |
| CI7  | Examples of the tasks of the dynamics and rotational motion of the rigid body using momentum principle, angular momentum principle and mass center movement rule.   | 2               |
| CI8  | Dynamic force responses in the supports of rotated body.  | 2               |
| CI9  | Equations of motion for rigid body in plane movement. The kinetic energy of a rigid body in a general motion. The König's theorem.<br>Determination of the differential equations of motion of the dynamical conservative systems based on the energy conservation law. | 2               |
| CI10 | Test  | 2               |
|      |   | Total hours: 20 |

#### TEACHING TOOLS USED

- N1. traditional lecture with the use of transparencies and slides
- N2. calculation exercises
- N3. tutorials
- N4. 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 | test  |
| 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<br>PEK_K01 -PEK_K03 | test |
| P = F1 |   |      |

## PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

### PRIMARY LITERATURE

1. B. Gabryszewska, A. Pszonka: „Mechanika”, cz. II „Kinematyka i dynamika”, PWr, 1998 2. J. Zawadzki, W. Siuta: „Mechanika ogólna”, PWN, Warszawa 1971 3. J. Misiak : „Mechanika ogólna. Dynamika”. Tom II, WNT, Warszawa 1993

### SECONDARY LITERATURE

1. J. Giergiel : „Mechanika ogólna”, WNT, Warszawa 1980 2. B. Skalmierski: „Mechanika” PWN, Warszawa 1977 3. J. Leyko : „Mechanika ogólna”, WNT, Warszawa 1980 4. M. Kłasztorny: „Mechanika” Dolnośląskie Wyd. Edukacyjne, Wrocław 2000

## SUBJECT SUPERVISOR

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