

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Kierunek studiów: Fizyka Techniczna w Języku Angielskim

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: FTja

Stopień studiów: II

Specjalności: Computer modelling (modelowanie komputerowe w języku angielskim)

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                         |
|-----------------------------------------|-------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Modern optics           |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Modern Optics           |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIMiF FTJA oHS C6 23/24 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe   |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 4.00                    |
| SEMESTRY                                | 2                       |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | SEMINARIUM | PROJEKT |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|------------|---------|
| 2       | 30     | 30        | 0            | 0                                | 0          | 0       |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Course Goal 1. Providing students with an advanced theoretical knowledge on modern quantum description of light and light-matter interaction

**Cel 2** Course Goal 2. Providing students with the ability to use COMSOL Multiphysics with Wave Optics Module in order to optimize design of photonic devices, integrated optics and study how other physical phenomena affect optical properties of various materials used for micro- and nano-optical devices

**Cel 3** Course Goal 3. Raise awareness of importance of some classical and quantum properties of light for a better understanding of research methods in studying optical properties of materials and their applications in engineering

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Prerequisite Course 1. Fundamentals of Physics at the undergraduate level.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Learning Outcome 1 (Knowledge). Extensive and advanced knowledge of quantum description of light and light-matter interactions

**EK2 Wiedza** Learning Outcome 2 (Knowledge). Working knowledge of COMSOL Multiphysics with Wave Optics Module computer software

**EK3 Umiejętności** Learning Outcome 3 (Skills). Ability to generate and evaluate scientific and engineering evidence and explanations in the field of modern optics

**EK4 Umiejętności** Learning Outcome 4 (Skills). Ability to use COMSOL Multiphysics with Wave Optics software package to simulate simple optical devices

**EK5 Kompetencje społeczne** Learning Outcome 5 (Social Competences). Ability to do research and development or team work in the field of modern optics with engineering applications as well as showing ability to help co-workers with technical issues related to the field of modern optics

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| ĆWICZENIA |                                                                                                                                                               |                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                        | LICZBA<br>GODZIN |
| C1        | Theoretical problems in geometrical, wave and instrumental optics. Set of problems and in-class discussion of the solutions.                                  | 6                |
| C2        | Computer modelling of simple phenomena from ray, wave and instrumental optics. MATLAB and COMSOL Multiphysics software packages.                              | 6                |
| C3        | Theoretical problems related to elementary quantum description of light and matter. Mid-term test 1. Use of e-learning platform ELF PK.                       | 6                |
| C4        | Quantum description of light-matter interaction. Mathematical formalism of quantum states of the EM field. Mid-term test 2. Use of e-learning platform ELF PK | 4                |
| C5        | COMSOL Multiphysics with Wave Optics Module for modern optics and materials science. Learning by examples using model library of the software package.        | 8                |

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Introduction. Ray (geometrical) optics. Basics of geometrical optics. Wave optics. Basic properties of light waves. Classical and semiclassical approach to light-matter interactions. Einstein model of light-matter interaction. Modern approach and optics applications. Motivating examples: optical tweezers and integrated optics. Introduction to COMSOL Multiphysics with Wave Optics Module. | 8                |
| <b>W2</b> | Atoms in external electromagnetic fields: quantum description of atom and classical description of EM field. Zeeman effect example. Rydberg atoms interaction with microwaves. Classical limit of quantum description. Quantitative evidence of quantum nature of light. The Lamb-Retherford energy shift. Rabi oscillations.                                                                         | 4                |
| <b>W3</b> | Review of quantum oscillator. Electromagnetic field quantization. Quantum operators of electric and magnetic fields. Single mode and multimode description. Number operator. Fock states of the EM field. Quantum vacuum. Quantum fluctuations of light. Derivation of Lamb-Retherford shift in the Hydrogen atom. Casimir effect.                                                                    | 6                |
| <b>W4</b> | Coherent states of light. Theory of coherence. Classical limit of quantum coherent state description. Statistical properties of light in Fock state, coherent state and thermal state. Quantum atom-field Hamiltonian. Light dressed state model.                                                                                                                                                     | 4                |
| <b>W5</b> | Lasers and their applications. Modern optics and quantum information processing. Modern optics and optical atomic clocks. Time and frequency measurements with ultra-high precision.                                                                                                                                                                                                                  | 4                |
| <b>W6</b> | Modern optical microscopy. Optical properties of materials. Metamaterials with unusual optical properties. Hands-on studies of optomechanical properties of nano-devices with COMSOL Multiphysics with Wave Optics Module.                                                                                                                                                                            | 4                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Lectures, tutorials, in-class (or remote) discussion

**N2** Project

**N3** Mid-term test

**N4** Exam

**N5** e-learning platform

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 60                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 15                                                      |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 5                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 20                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 0                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 10                                                      |
| e-learning platform                                                                              | 10                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>120</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 4.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

The total learning outcome is measured by a weighted average out of several assessment criteria for the tutorials and the exam. The outcome index is expressed in per cents. The final grade from the Modern Optics course will be assigned using a linear grading scheme. The details will be provided in due course. For mid-term tests and the final exam e-learning platform will be used.

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Attendance

**F2** Preparation for classes

**F3** Activity/Performance/Answers provided during classes

**F4** Mid-term test

**F5** Individual projects

**F6** Exam

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Total learning outcome index - weighted average out of partial scores

**WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU****W1** Tutorials pass grade**W2** Exam pass grade**W3** All learning outcomes performance meet the minimum criteria**OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA****B1** Using e-learning platform dedicated to Modern Optics course**B2** Optional individual projects available on our dedicated e-learning platform**KRYTERIA OCENY**

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                              |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Below 51% of the total learning outcome index.                                               |
| NA OCENĘ 3.0        | In the range of 51 % - 60 % of the total outcome index. Knowledge meet the minimum criteria. |
| NA OCENĘ 3.5        | In the range of 61 % - 70 % of the total outcome index                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | In the range of 71 % - 80 % of the total outcome index                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | In the range of 81 % - 90 % of the total outcome index                                       |
| NA OCENĘ 5.0        | 91 % or better of the total learning outcome index                                           |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                              |
| NA OCENĘ 2.0        | Below 51% of the total learning outcome index                                                |
| NA OCENĘ 3.0        | In the range of 51 % - 60 % of the total outcome index. Knowledge meet the minimum criteria  |
| NA OCENĘ 3.5        | In the range of 61 % - 70 % of the total outcome index                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | In the range of 71 % - 80 % of the total outcome index                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | In the range of 81 % - 90 % of the total outcome index                                       |
| NA OCENĘ 5.0        | 91 % or better of the total learning outcome index                                           |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                              |
| NA OCENĘ 2.0        | Below 51% of the total learning outcome index.                                               |
| NA OCENĘ 3.0        | In the range of 51 % - 60 % of the total outcome index. Skills meet the minimum criteria.    |
| NA OCENĘ 3.5        | n the range of 61 % - 70 % of the total outcome index                                        |
| NA OCENĘ 4.0        | n the range of 71 % - 80 % of the total outcome index                                        |

|                     |                                                                                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.5        | n the range of 81 % - 90 % of the total outcome index                                                |
| NA OCENĘ 5.0        | 91 % or better of the total learning outcome index                                                   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Below 51% of the total learning outcome index                                                        |
| NA OCENĘ 3.0        | In the range of 51 % - 60 % of the total outcome index. Skills meet the minimum criteria.            |
| NA OCENĘ 3.5        | In the range of 61 % - 70 % of the total outcome index                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | In the range of 71 % - 80 % of the total outcome index                                               |
| NA OCENĘ 4.5        | In the range of 81 % - 90 % of the total outcome index                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | 91 % or better of the total learning outcome index                                                   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Below 51% of the total learning outcome index                                                        |
| NA OCENĘ 3.0        | In the range of 51 % - 60 % of the total outcome index. Social competences meet the minimum criteria |
| NA OCENĘ 3.5        | In the range of 61 % - 70 % of the total outcome index                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | In the range of 71 % - 80 % of the total outcome index                                               |
| NA OCENĘ 4.5        | In the range of 81 % - 90 % of the total outcome index                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | 91 % or better of the total learning outcome index                                                   |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU      | TREŚCI PROGRAMOWE       | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY        |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| EK1               | K_W01b<br>K_W09b                                                               | Cel 1 Cel 2<br>Cel 3 | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6    | N1 N3 N4 N5           | F1 F3 F4 P1          |
| EK2               | K_W05                                                                          | Cel 2                | C5 W1 W2 W3<br>W4 W5 W6 | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 F3 F4 F5<br>P1 |
| EK3               | K_U07b                                                                         | Cel 2                | C1 C2 C3 C4 C5<br>W6    | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 F3 F4 F5<br>P1 |

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                      | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY        |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| EK4               | K_U08b                                                                         | Cel 2 Cel 3     | C1 C2 C3 C4 C5<br>W6                   | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 F3 F4 F5<br>P1 |
| EK5               | K_K01 K_K03                                                                    | Cel 3           | C1 C2 C3 C4 C5<br>W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 F3 F4 F5<br>P1 |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **Y.B. Band** — *Light and Matter: Electromagnetism, Optics, Spectroscopy and Lasers*, New York, 2006, Wiley
- [2] | **H.A. Bachor, T. Ralph** — *A guide to experiments in quantum optics*, , 2004, Wiley-VCH

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | **G. Grynberg, A. Aspect and C. Fabre** — *Introduction to Quantum Optics. From the Semi-classical Approach to Quantized Light*, Cambridge, 2010, Cambridge University Press

### LITERATURA DODATKOWA

- [1] | **Ch. Gerry and P. Knight** — *Introductory Quantum Optics*, Cambridge, 2005, Cambridge University Press
- [2] | **R. Naumann** — *Introduction to physics and chemistry of materials*, , 2009, CRC Press

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr Robert Gębarowski (kontakt: rgebarowski@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr Robert Gębarowski (kontakt: robert.gebarowski@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....