

## KARTA PRZEDMIOTU

|                           |                   |                                                                                                    |
|---------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kod przedmiotu            | 0533.6.FIZ1.D.PWE |                                                                                                    |
| Nazwa przedmiotu w języku | polskim           | <i>Pomiary wielkości elektromagnetycznych</i><br><i>Measurements of electromagnetic quantities</i> |
|                           | angielskim        |                                                                                                    |

### 1. USYTUOWANIE PRZEDMIOTU W SYSTEMIE STUDIÓW

|                                            |                              |
|--------------------------------------------|------------------------------|
| 1.1. Kierunek studiów                      | Fizyka                       |
| 1.2. Forma studiów                         | Stacjonarne                  |
| 1.3. Poziom studiów                        | Studia I stopnia             |
| 1.4. Profil studiów*                       | Ogólnoakademicki             |
| 1.5. Osoba przygotowująca kartę przedmiotu | dr inż. Paweł Jagodziński    |
| 1.6. Kontakt                               | pawel.jagodzinski@ujk.edu.pl |

### 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                         |                                                                       |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 2.1. Język wykładowy    | polski                                                                |
| 2.2. Wymagania wstępne* | Podstawy Fizyki - Mechanika, Termodynamika, Elektryczność i magnetyzm |

### 3. SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                               |                                                     |                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.1. Forma zajęć              | wykład, laboratorium                                |                                                                                                                                                                                              |
| 3.2. Miejsce realizacji zajęć | zajęcia w pomieszczeniach UJK, laboratoriach SKLGUM |                                                                                                                                                                                              |
| 3.3. Forma zaliczenia zajęć   | Zaliczenie z oceną (W,L)                            |                                                                                                                                                                                              |
| 3.4. Metody dydaktyczne       | Wykład, laboratorium                                |                                                                                                                                                                                              |
| 3.5. Wykaz literatury         | podstawowa                                          | J. Barzykowski, <i>Współczesna metrologia</i> , WNT, 2004.<br>A. Zatorski, <i>Podstawy metrologii elektrycznej</i> , Wydawnictwo AGH, 2011                                                   |
|                               | uzupełniająca                                       | W. Nawrocki, <i>Wstęp do metrologii kwantowej</i> , Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2007.<br>E. O. Göbel and U. Siegner, <i>The New International System of Units (SI)</i> , Wiley-VCH, 2019. |

### 4. CELE, TREŚCI I EFEKTY UCZENIA SIĘ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>4.1. Cele przedmiotu (z uwzględnieniem formy zajęć)</b></p> <p><b>Wykład, laboratorium</b></p> <p><i>C1. Poznanie roli i znaczenia wielkości elektromagnetycznych w metrologii</i></p> <p><i>C2. Poznanie rozwoju historycznego pomiarów natężenia prądu, napięcia i oporu elektrycznego</i></p> <p><i>C3. Poznanie wzorców ampera, wolta i oma</i></p> <p><i>C4. Poznanie metod pomiarów wielkości elektromagnetycznych</i></p> <p><i>C5. Poznanie zjawiska nadprzewodnictwa, efektu Josephsona, tunelowania elektronów, kwantowego efektu Halla oraz detektorów strumienia magnetycznego SQUID</i></p> <p><i>C6. Poznanie uregulowań formalnych dotyczących metrologii wielkości elektromagnetycznych</i></p> | <p><b>4.2. Treści programowe (z uwzględnieniem formy zajęć)</b></p> <p><b>Wykład:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Metrologia wielkości elektromagnetycznych</li> <li>2. Pomiary natężenia prądu, napięcia i oporu elektrycznego</li> <li>3. Wzorce natężenia ampera (A), wolta (V) i oma (<math>\Omega</math>)</li> <li>4. Systemy jednostek elektromagnetycznych: CGS, MKSA oraz SI</li> <li>5. Precyzyjne metody pomiaru wielkości elektromagnetycznych</li> <li>6. Nadprzewodniki i efekt Josephsona</li> <li>7. Kwantowy efekt Halla</li> <li>8. Tunelowanie pojedynczych elektronów</li> <li>9. Detektory strumienia magnetycznego SQUID</li> <li>10. Pomiary innych wielkości elektromagnetycznych</li> <li>11. Kierunki rozwoju metrologii wielkości elektromagnetycznych</li> <li>12. Uregulowania formalne w metrologii wielkości elektromagnetycznych</li> </ol> <p><b>Laboratorium:</b></p> <p>W ramach laboratorium studenci wykonują zaawansowane ćwiczenia z zakresu metrologii wielkości elektromagnetycznych w laboratoriach Świętokrzyskiego Kampusu Laboratoryjnego Głównego Urzędu Miar.</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4.3. Przedmiotowe efekty uczenia się

| Efekt                                      | Student, który zaliczył przedmiot                                                                                                                                                                                                                                                                               | Odniesienie do kierunkowych efektów uczenia się |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| w zakresie <b>WIEDZY:</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                 |
| W01                                        | Zna budowę i rozumie zasadę działania przyrządów pomiarowych stosowanych do wyznaczania wielkości elektromagnetycznych i potrafi określić ich zakres zastosowań. Zna techniki kalibracji urządzeń pomiarowych oraz wpływ różnych czynników zewnętrznych na dokładność pomiarów wielkości elektromagnetycznych.  | FIZ1A_W08<br>FIZ1A_W12<br>FIZ1A_W16             |
| W02                                        | Zna metody matematyczne i statystyczne niezbędne do analizy danych pomiarowych, potrafi stosować odpowiednie algorytmy obróbki danych oraz modele matematyczne do interpretacji wyników pomiarów wielkości elektromagnetycznych.                                                                                | FIZ1A_W12<br>FIZ1A_W13<br>FIZ1A_W16             |
| W03                                        | Zna zasady prowadzenia badań eksperymentalnych, w tym projektowania eksperymentów z zakresu pomiaru wielkości elektromagnetycznych, oraz potrafi przygotować raport bądź analizę zgodne z wymaganiami dla prac dyplomowych w obszarze fizyki eksperymentalnej.                                                  | FIZ1A_W17<br>FIZ1A_W18                          |
| w zakresie <b>UMIEJĘTNOŚCI:</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                 |
| U01                                        | Potrafi przeprowadzić pomiary i przeanalizować dane zebrane w pomiarach wielkości elektromagnetycznych, stosując odpowiednie metody fizyczne i matematyczne oraz ocenić wiarygodność uzyskanych wyników.                                                                                                        | FIZ1A_U02<br>FIZ1A_U03<br>FIZ1A_U05             |
| U02                                        | Potrafi interpretować i wyjaśniać zależności fizyczne, oraz stosować je w praktycznych zagadnieniach związanych z pomiarami wielkości elektromagnetycznych.                                                                                                                                                     | FIZ1A_U05<br>FIZ1A_U12                          |
| U03                                        | Potrafi obsługiwać typowe urządzenia pomiarowe stosowane w pomiarach wielkości elektromagnetycznych, analizować oraz interpretować otrzymane wyniki, a także przeprowadzać krytyczną analizę funkcjonowania wykorzystywanych technologii i rozwiązań pomiarowych.                                               | FIZ1A_U12<br>FIZ1A_U14<br>FIZ1A_U16             |
| w zakresie <b>KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                 |
| K01                                        | Jest gotów do odpowiedzialnego i etycznego prowadzenia eksperymentów oraz analizy wyników pomiarów wielkości elektromagnetycznych, z poszanowaniem praw autorskich, zasad rzetelności naukowej i bezpieczeństwa oraz z uwzględnieniem społecznych i praktycznych konsekwencji wykorzystania uzyskanych wyników. | FIZ1A_K01<br>FIZ1A_K02<br>FIZ1A_K03             |
| K02                                        | Jest gotów do odpowiedzialnego udziału w rozwoju i wdrażaniu innowacyjnych technologii pomiarowych, podejmowania działań na rzecz oceny i rozwiązywania problemów związanych z ich zastosowaniem oraz uwzględniania ich wpływu na potrzeby społeczne i przemysłowe.                                             | FIZ1A_K01<br>FIZ1A_K02<br>FIZ1A_K03             |

#### 4.4. Sposoby weryfikacji osiągnięcia przedmiotowych efektów uczenia się

| Efekty przedmiotowe<br>(symbol) | Sposób weryfikacji (+/-) |   |     |             |   |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |     |                 |   |     |                                                   |   |     |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----|-------------|---|-----|-------------|---|-----|-------------------------|---|-----|---------------|---|-----|-----------------|---|-----|---------------------------------------------------|---|-----|
|                                 | Egzamin ustny/pisemny*   |   |     | Kolokwium*  |   |     | Projekt*    |   |     | Aktywność na zajęciach* |   |     | Praca własna* |   |     | Praca w grupie* |   |     | Inne (jakie?)* np. test - stosowany w e-learningu |   |     |
|                                 | Forma zajęć              |   |     | Forma zajęć |   |     | Forma zajęć |   |     | Forma zajęć             |   |     | Forma zajęć   |   |     | Forma zajęć     |   |     | Forma zajęć                                       |   |     |
|                                 | W                        | C | ... | W           | C | ... | W           | C | ... | W                       | L | ... | W             | C | ... | W               | L | ... | W                                                 | C | ... |
| W01                             |                          |   |     | +           |   |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |     |                 |   |     |                                                   |   |     |
| W02                             |                          |   |     | +           |   |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |     |                 |   |     |                                                   |   |     |
| W03                             |                          |   |     | +           |   |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |     |                 |   |     |                                                   |   |     |
| U01                             |                          |   |     | +           |   |     |             |   |     |                         | + |     |               |   |     |                 |   |     |                                                   |   |     |
| U02                             |                          |   |     | +           |   |     |             |   |     |                         | + |     |               |   |     |                 |   |     |                                                   |   |     |
| U03                             |                          |   |     | +           |   |     |             |   |     |                         | + |     |               |   |     |                 |   |     |                                                   |   |     |
| K01                             |                          |   |     |             |   |     |             |   |     |                         | + |     |               |   |     |                 | + |     |                                                   |   |     |
| K02                             |                          |   |     |             |   |     |             |   |     |                         | + |     |               |   |     |                 | + |     |                                                   |   |     |

\*niepotrzebne usunąć

#### 4.5. Kryteria oceny stopnia osiągnięcia efektów uczenia się

| Forma zajęć   | Ocena | Kryterium oceny                                                                    |
|---------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------|
| wykład (w tym | 3     | co najmniej 50% i nie więcej niż 60% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania |
|               | 3,5   | ponad 60% i nie więcej niż 70% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|               | 4     | ponad 70% i nie więcej niż 80% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |

|                                         |     |                                                                                    |
|-----------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|
| laboratorium (C)*<br>(w tym e-learning) | 4,5 | ponad 80% i nie więcej niż 90% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                         | 5   | ponad 90% liczby punktów możliwych do uzyskania                                    |
|                                         | 3   | co najmniej 50% i nie więcej niż 60% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania |
|                                         | 3,5 | ponad 60% i nie więcej niż 70% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                         | 4   | ponad 70% i nie więcej niż 80% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                         | 4,5 | ponad 80% i nie więcej niż 90% łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania       |
|                                         | 5   | ponad 90% liczby punktów możliwych do uzyskania                                    |

## 5. BILANS PUNKTÓW ECTS – NAKŁAD PRACY STUDENTA

| Kategoria                                                                                     | Obciążenie studenta |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                                                                               | Studia stacjonarne  | Studia niestacjonarne |
| <i>LICZBA GODZIN REALIZOWANYCH PRZY BEZPOŚREDNIM UDZIALE NAUCZYCIELA /GODZINY KONTAKTOWE/</i> | <b>60</b>           |                       |
| <i>Udział w wykładach*</i>                                                                    | 30                  |                       |
| <i>Udział w laboratoriach*</i>                                                                | 30                  |                       |
| <i>SAMODZIELNA PRACA STUDENTA /GODZINY NIEKONTAKTOWE/</i>                                     | <b>40</b>           |                       |
| <i>Przygotowanie do wykładu*</i>                                                              | 5                   |                       |
| <i>Przygotowanie do laboratorium*</i>                                                         | 20                  |                       |
| <i>Przygotowanie do kolokwium*</i>                                                            | 15                  |                       |
| <b>ŁĄCZNA LICZBA GODZIN</b>                                                                   | <b>100</b>          |                       |
| <b>PUNKTY ECTS za przedmiot</b>                                                               | <b>4</b>            |                       |

*\*niepotrzebne usunąć*

**Przyjmuję do realizacji** (data i czytelne podpisy osób prowadzących przedmiot w danym roku akademickim)

.....