

## KARTA PRZEDMIOTU

|                           |                     |                                                                             |
|---------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Kod przedmiotu            | 0533.6.FIZ1.B/C.PFK |                                                                             |
| Nazwa przedmiotu w języku | polskim             | <i>Podstawy fizyki kwantowej</i><br><i>Foundations of quantum mechanics</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 Arkadiusz Kuroś         |
| 1.6. Kontakt                               | arkadiusz.kuros@ujk.edu.pl |

### 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                         |                                                                                                                           |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1. Język wykładowy    | Polski                                                                                                                    |
| 2.2. Wymagania wstępne* | Analiza matematyczna, Algebra, Metody matematyczne w fizyce, Podstawy fizyki – Mechanika, Podstawy fizyki - Fale i kwanty |

### 3. SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                               |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.1. Forma zajęć              | Wykład, konwersatorium                                                                                                                            |                                                                                                                                                                  |
| 3.2. Miejsce realizacji zajęć | Zajęcia w pomieszczeniach dydaktycznych UJK                                                                                                       |                                                                                                                                                                  |
| 3.3. Forma zaliczenia zajęć   | Wykład - egzamin, konwersatorium - zaliczenie z oceną                                                                                             |                                                                                                                                                                  |
| 3.4. Metody dydaktyczne       | Wykład: wykład informacyjny, pogadanka, wykład konwersatoryjny, wykład problemowy<br>Konwersatorium: dyskusja dydaktyczna, ćwiczenia przedmiotowe |                                                                                                                                                                  |
| 3.5. Wykaz literatury         | podstawowa                                                                                                                                        | 1. R. Shankar, „Mechanika kwantowa”, PWN, Warszawa, 2006<br>2. L. D. Landau, J. M. Lifszyc, „Mechanika kwantowa. Teoria nierelatywistyczna”, PWN, Warszawa, 2012 |
|                               | uzupełniająca                                                                                                                                     | 1. R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands: Feynmana wykłady z fizyki, t.3, PWN, Warszawa, 2014                                                                    |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.1. Cele przedmiotu (z uwzględnieniem formy zajęć)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Wykład</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wiedza – zapoznanie z formalizmem mechaniki kwantowej</li> <li>2. Umiejętności – kształtowanie umiejętności wykorzystania narzędzi matematycznych w opisie układów kwantowych</li> <li>3. Kompetencje społeczne – uwrażliwienie na potrzebę stosowania teorii kwantowej do opisu układów fizycznych</li> </ol> <b>Konwersatorium</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wiedza – zapoznanie z pojęciami i metodami rachunku prawdopodobieństwa i statystyki</li> <li>2. Umiejętności – kształtowanie umiejętności wykorzystania narzędzi matematycznych w opisie układów kwantowych</li> <li>3. Kompetencje społeczne – uwrażliwienie na potrzebę stosowania teorii kwantowej do opisu układów fizycznych</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4.2. Treści programowe (z uwzględnieniem formy zajęć)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Wykład:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Dualizm korpuskularno-falowy:</b> ogólne charakterystyki widm atomów, promieniowanie ciała doskonale czarnego, model Bohra atomu wodoru, kwantowanie momentu pędu, spin, fermiony i bozony, zasada Pauliego, hipoteza de Broglie'a.</li> <li>2. <b>Równanie Schrödingera:</b> heurystyczne wyprowadzenie równania Schrödingera, funkcja falowa i jej interpretacja fizyczna, funkcja falowa jako amplituda prawdopodobieństwa, relacje nieoznaczoności Heisenberga</li> <li>3. <b>Kwantowanie jako zagadnienie własne:</b> funkcje własne operatorów pędu i położenia, reprezentacja położeniowa i pędowa funkcji falowej, równanie Schrödingera niezależne od czasu, Hamiltonian i jego stany własne</li> <li>4. <b>Amplitudy prawdopodobieństwa:</b> funkcja delta Diraca i jej podstawowe własności, podstawowe reguły działań na amplitudach prawdopodobieństwa</li> <li>5. <b>Stan układu w mechanice klasycznej i mechanice kwantowej:</b> zupełny układ wielkości fizycznych, proces pomiaru w mechanice kwantowej, redukcja funkcji falowej, niedeterministyczny charakter mechaniki kwantowej, twierdzenie Ehrenfesta</li> <li>6. <b>Przykłady zastosowania równania Schrödingera:</b> problemy jednowymiarowe, nieskończona studnia</li> </ol> |

### Konwersatorium:

1. **Dualizm korpuskularno-falowy:** model Bohra atomu wodoru
2. **Równanie Schrödingera:** funkcja falowa i jej interpretacja fizyczna, funkcja falowa jako amplituda prawdopodobieństwa, relacje nieoznaczoności Heisenberga
3. **Kwantowanie jako zagadnienie własne:** funkcje i wartości własne operatorów, równanie Schrödingera niezależne od czasu
4. **Stan układu w mechanice kwantowej:** wyniki pomiarów i prawdopodobieństwa ich uzyskania
5. **Przykłady zastosowania równania Schrödingera:** problemy jednowymiarowe, nieskończona studnia potencjału, bariery potencjału

| Efekt                                      | Student, który zaliczył przedmiot                                                                                                                                                                                       | Odniesienie do kierunkowych efektów uczenia się |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| w zakresie <b>WIEDZY:</b>                  |                                                                                                                                                                                                                         |                                                 |
| W01                                        | definiuje prawa i pojęcia mechaniki kwantowej                                                                                                                                                                           | FIZ1A_W01<br>FIZ1A_W04                          |
| W02                                        | zna i rozumie postulaty mechaniki kwantowej                                                                                                                                                                             | FIZ1A_W01<br>FIZ1A_W04<br>FIZ1A_W12             |
| W03                                        | charakteryzuje model atomu wodoru Bohra                                                                                                                                                                                 | FIZ1A_W01<br>FIZ1A_W02                          |
| w zakresie <b>UMIEJĘTNOŚCI:</b>            |                                                                                                                                                                                                                         |                                                 |
| U01                                        | stosuje równanie Schrödingera do rozwiązywania problemów mechaniki kwantowej                                                                                                                                            | FIZ1A_U01<br>FIZ1A_U02<br>FIZ1A_U10             |
| U02                                        | rozwiązuje zagadnienia mechaniki kwantowej prowadzące do równań różniczkowych cząstkowych                                                                                                                               | FIZ1A_U01<br>FIZ1A_U02<br>FIZ1A_U10             |
| U03                                        | zapisuje Hamiltonian dla prostego układu fizycznego znając jego klasyczny odpowiednik                                                                                                                                   | FIZ1A_U01<br>FIZ1A_U02<br>FIZ1A_U10             |
| U04                                        | wyznacza charakterystyki układów kwantowych na podstawie znajomości ich funkcji falowych                                                                                                                                | FIZ1A_U01<br>FIZ1A_U02<br>FIZ1A_U10             |
| w zakresie <b>KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH:</b> |                                                                                                                                                                                                                         |                                                 |
| K01                                        | Jest gotów do dostrzegania znaczenia kwantowego opisu procesów fizycznych oraz jego praktycznych zastosowań we współczesnej nauce i technice, a także do popularyzowania wiedzy na ten temat.                           | FIZ1A_K02                                       |
| K02                                        | Student jest gotów do krytycznego porównywania klasycznego i kwantowego opisu procesów fizycznych oraz systematycznego pogłębiania wiedzy dotyczącej granic stosowalności obu opisów i ciągłości przejścia między nimi. | FIZ1A_K04                                       |

| <b>4.4. Sposoby weryfikacji osiągnięcia przedmiotowych efektów uczenia się</b> |     |                                   |          |            |                    |          |            |                    |          |            |                    |          |            |                                    |          |            |                          |          |            |                            |          |            |                                                                          |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|----------|------------|--------------------|----------|------------|--------------------|----------|------------|--------------------|----------|------------|------------------------------------|----------|------------|--------------------------|----------|------------|----------------------------|----------|------------|--------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <b>Efekty<br/>przedmiotowe</b><br><i>(symbol)</i>                              |     | <b>Sposób weryfikacji (+/-)</b>   |          |            |                    |          |            |                    |          |            |                    |          |            |                                    |          |            |                          |          |            |                            |          |            |                                                                          |  |  |
|                                                                                |     | <b>Egzamin<br/>ustny/pisemny*</b> |          |            |                    |          |            | <b>Kolokwium*</b>  |          |            | <b>Projekt*</b>    |          |            | <b>Aktywność<br/>na zajęciach*</b> |          |            | <b>Praca<br/>własna*</b> |          |            | <b>Praca<br/>w grupie*</b> |          |            | <b>Inne<br/>(jakie?)*<br/>np. test -<br/>stosowany w<br/>e-learningu</b> |  |  |
|                                                                                |     | <i>Forma zajęć</i>                |          |            | <i>Forma zajęć</i> |          |            | <i>Forma zajęć</i> |          |            | <i>Forma zajęć</i> |          |            | <i>Forma zajęć</i>                 |          |            | <i>Forma zajęć</i>       |          |            | <i>Forma zajęć</i>         |          |            |                                                                          |  |  |
|                                                                                |     | <i>W</i>                          | <i>K</i> | <i>...</i> | <i>W</i>           | <i>K</i> | <i>...</i> | <i>W</i>           | <i>K</i> | <i>...</i> | <i>W</i>           | <i>K</i> | <i>...</i> | <i>W</i>                           | <i>K</i> | <i>...</i> | <i>W</i>                 | <i>K</i> | <i>...</i> | <i>W</i>                   | <i>K</i> | <i>...</i> |                                                                          |  |  |
|                                                                                | W01 | +                                 |          |            |                    | +        |            |                    |          |            |                    |          |            |                                    | +        |            |                          |          |            |                            |          |            |                                                                          |  |  |
|                                                                                | W02 | +                                 |          |            |                    | +        |            |                    |          |            |                    |          |            |                                    | +        |            |                          |          |            |                            |          |            |                                                                          |  |  |
|                                                                                | W03 | +                                 |          |            |                    | +        |            |                    |          |            |                    |          |            |                                    |          |            |                          |          |            |                            |          |            |                                                                          |  |  |
|                                                                                | U01 | +                                 |          |            |                    | +        |            |                    |          |            |                    |          |            |                                    | +        |            |                          |          |            |                            |          |            |                                                                          |  |  |
|                                                                                | U02 | +                                 |          |            |                    | +        |            |                    |          |            |                    |          |            |                                    | +        |            |                          |          |            |                            |          |            |                                                                          |  |  |
|                                                                                | U03 | +                                 |          |            |                    | +        |            |                    |          |            |                    |          |            |                                    | +        |            |                          |          |            |                            |          |            |                                                                          |  |  |
|                                                                                | U04 | +                                 |          |            |                    | +        |            |                    |          |            |                    |          |            |                                    | +        |            |                          |          |            |                            |          |            |                                                                          |  |  |

|     |   |  |  |  |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|---|--|--|--|---|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| K01 | + |  |  |  | + |  |  |  |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| K02 | + |  |  |  | + |  |  |  |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

*\*niepotrzebne usunąć*

| 4.5. Kryteria oceny stopnia osiągnięcia efektów uczenia się |       |                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Forma zajęć                                                 | Ocena | Kryterium oceny                                                                    |
| wykład (W)<br>(w tym e-learning)                            | 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                                    |
| konwersatorium (K)*<br>(w tym e-learning)                   | 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 |
| LICZBA GODZIN REALIZOWANYCH PRZY BEZPOŚREDNIM UDZIALE NAUCZYCIELA /GODZINY KONTAKTOWE/ | <b>60</b>           |                       |
| Udział w wykładach *                                                                   | 30                  |                       |
| Udział w konwersatoriach *                                                             | 30                  |                       |
| SAMODZIELNA PRACA STUDENTA /GODZINY NIEKONTAKTOWE/                                     | <b>40</b>           |                       |
| Przygotowanie do konwersatorium *                                                      | 20                  |                       |
| Przygotowanie do egzaminu/kolokwium *                                                  | 20                  |                       |
| <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)

.....