**Nazwa przedmiotu:**

Wytwarzanie i badanie komponentów ogniw litowo-jonowych

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Marta Kasprzyk

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inżynieria Pojazdów Elektrycznych i Hybrydowych

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

-

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

5

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin kontaktowych - 65 godz., w tym
a) wykład - 15 godz.;
b) projekt - 45 godz.;
c) konsultacje - 5 godz.

2) Praca własna studenta 40 godz., w tym
a) 25 godz. – przygotowanie do kolokwium końcowego oraz do bieżących zajęć projektowych;
b) 15 godz. – opracowanie sprawozdań z prowadzonych zajęć projektowych.

3) RAZEM 105 godz.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2.5 punktu ECTS 65 godz. w tym:
a) wykład - 15 godz.;
b) projekt - 45 godz.;
c) konsultacje - 5 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

2 punktów ECTS 50 godz. w tym:
a) zajęcia projektowe - 45 godz.;
b) konsultacje - 5 godz.

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 15h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 45h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawowa wiedza dotycząca chemicznych źródeł prądu i elektrochemii

**Limit liczby studentów:**

Zgodnie z Rozporządzeniem Rektora PW

**Cel przedmiotu:**

Wykład:
Celem wykładu jest poszerzenie, pogłębienie i uporządkowanie wiedzy studentów z zakresu elektrochemii, a w szczególności z zakresu chemicznych źródeł prądu (ze szczególnym uwzględnieniem ogniw do zastosowania i układach pojazdów elektrycznych i hybrydowych). Przedstawiona zostanie wiedza z zakresu materiałów do ogniw litowo-jonowych. Przekazana zostanie wiedza dotycząca podstaw metod pomiarowych najczęściej wykorzystywanych w badaniach nad ogniwami litowo-jonowymi.

Projekt:
Podczas zajęć projektowych studenci poznają zjawiska fizyczne i chemiczne zachodzące w ogniwach litowo-jonowych. Poznają (w części samodzielnie zsyntezują) materiały i komponenty do budowy ogniw. Studenci poznają również najważniejsze metody badawcze dla branży ogniw litowo-jonowych. Dowiedzą się w jaki sposób przedstawiać i analizować uzyskane wyniki pomiarowe. W trakcie kursu uzyskają umiejętności wykonywania i analizowania uzyskanych wyników. Podczas dyskusji ze studentami w trakcie zajęć projektowych będą poruszane tematy dotyczące optymalizacji uzyskanych układów oraz w jaki sposób można dane układy modyfikować w celu osiągnięcia konkretnych efektów.
Zaznaczona zostanie i wyjaśniona studentom potrzeba ciągłego samokształcenia, pozyskiwania nowych informacji, jak również istota konsultacji z ekspertami.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Na wykładzie zostaną przedstawione zagadnienia, które później będą pokazywane w ramach zajęć projektowych. Wśród tych zagadnień należy wymienić:
- przedstawienie poszczególnych komponentów ogniwa ze szczególnym uwzględnieniem materiałów, które będą przedstawiane w trakcie zajęć projektowych
- przedstawienie różnorodnych technik pomiarowych i ich aspektów teoretycznych; wśród przedstawionych metod będą: pomiar przewodności jonowej, pomiary liczb przenoszenia kationu, woltamperometria, pomiar cyklowania ogniwa, pomiar metodą spektroskopii impedancyjnej, pomiar metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej, pomiar za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego, pomiar termograwimetryczny, pomiary spektroskopowe, pomiar stabilności elektrochemicznej ogniwa, pomiar i inne;
- przedstawienie sposobów syntezy materiałów elektrodowych i elektrolitów;
- przedstawienie metod optymalizacji w celu uzyskania ogniw o żądanych parametrach.

Projekt:
W ramach zajęć projektowych zostaną przedstawione podstawowe techniki pomiarowe najczęściej stosowane w technologii ogniw litowo-jonowych.
Wśród omawianych zagadnień pojawią się:
- parametry wpływające na przewodność elektrolitu;
- synteza elektrolitów żelowych/stałych polimerowych;
- synteza anod i ich charakterystyka;
- synteza katod i ich charakterystyka;
- pomiar liczb przenoszenia metodą Bruce’a-Vincenta;
- pomiary metodą woltamperometrii;
- charakterystyka i składanie ogniw;
- metody obrazowania: badania mikroskopowe powierzchni elektrod i elektrolitów stałych;
- pomiary termiczne i ich znaczenie w określaniu zakresu temperaturowego działania ogniwa;
- pomiar współczynników dyfuzji w materiałach elektrodowych i ich wpływ na działanie elektrod.
Istotnym elementem powyższych zajęć projektowych będzie możliwość samodzielnego wykonania wszystkich komponentów ogniwa. Następnie w zależności od grupy będą prowadzone pomiary na tych materiałach, co pozwoli studentom nabyć unikalnych umiejętności praktycznych i pozwoli na znacznie lepsze rozumienie zagadnień związanych z magazynowaniem energii.

**Metody oceny:**

Oceną z przedmiotu będzie wynik kolokwium pisemnego i/lub pracy domowej.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Instrukcje do indywidualnych ćwiczeń dostępne m.in. na stronie pirg.ch.pw.edu.pl
G.A. Nazri, G. Pistoia, Lithium Batteries: Science and Technology, Springer 2004
W. Bogusz, F, Krok, Elektrolity stałe, WNT 1995
M. Winter, Chem. Rev. 104 (2004) 4245.
M.S. Whittingham, Chem. Rev. 104 (2004) 4271.
K. Xu, Chem. Rev. 104 (2004) 4303.
K. Xu, Chem. Rev. 114 (2014) 11504.

**Witryna www przedmiotu:**

pirg.ch.pw.edu.pl - zakładka Zajęcia

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka K\_W01:**

Student ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie elektrochemii, a w szczególności chemicznych źródeł prądu do zastosowania w pojazdach elektrycznych i hybrydowych. Opisuje prawidłowo i analizuje działanie systemów akumulacji energii, elementów tych systemów, a także zna podstawy zjawisk fizycznych w nich występujących.

Weryfikacja:

Wynik kolokwium pisemnego i sprawdzianów pisemnych lub ustnych w trakcie zajęć projektowych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W05, K\_W06, K\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka K\_W02:**

Student ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie elektrochemii. Prawidłowo wskazuje elementy budowy ogniw, zna zachodzące wewnątrz ogniwa zjawiska. Zna materiały służące do budowy ogniw i wie jakie komponenty najlepiej ze sobą współdziałają.

Weryfikacja:

Wynik kolokwium pisemnego i sprawdzianów pisemnych lub ustnych w trakcie zajęć projektowych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05, K\_W06, K\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka K\_W03:**

Student zna metody, techniki i narzędzia, w tym informatyczne, stosowane przy projektowaniu komponentów i systemów generowania, przekształcania i akumulacji energii. Wie, w jaki sposób i do jakich materiałów należy dobierać odpowiednie techniki pomiarowe.

Weryfikacja:

Wynik kolokwium pisemnego i sprawdzianów pisemnych lub ustnych w trakcie zajęć projektowych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W10, K\_W11, K\_W12, K\_W13, K\_W14, K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka K\_U01:**

Student potrafi pracować indywidualnie i w zespole, potrafi oszacować czas potrzebny na realizację zleconego zadania i rozumie istotę planowania w przypadku wykonywania określonych zadań. Potrafi rozplanować pracę, by dotrzymać założonych terminów oddania pracy. Potrafi przeprowadzić pomiary zgodnie z założonym planem, opracować dokumentację badawczą do przeprowadzonych eksperymentów wraz z opracowaniem wyników pomiarów i krytycznym przedstawieniem wyników zakończonych wnioskami.

Weryfikacja:

Ocena sprawozdań i wyniki ze sprawdzianu pisemnego podczas zajęć projektowych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U13, K\_U01, K\_U03, K\_U04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o, I.P7S\_UW, I.P7S\_UO, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o

**Charakterystyka K\_U02:**

Student potrafi planować i przeprowadzić pomiary do wyznaczenia charakterystyk elektrycznych, mechanicznych, czy elektrochemicznych. Potrafi przeanalizować otrzymane wyniki, by charakteryzować materiały i układy do ogniw litowo-jonowych. Student ma umiejętność przedstawienia otrzymanych wyników w formie liczbowej i graficznej. Dokonuje prawidłowej interpretacji uzyskanych wyników i wyciąga właściwe wnioski. Potrafi na tej podstawie trafnie określić sposób udoskonalenia układu lub w jaki sposób wyeliminować potencjalne błędy układu (zarówno pomiarowe, jak i materiałowe).

Weryfikacja:

Ocena sprawozdań i wyniki ze sprawdzianu pisemnego podczas zajęć projektowych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U13, K\_U08, K\_U09, K\_U10, K\_U11, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K\_K01:**

Student rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego dokształcania się. Rozumie konieczność podnoszenia własnych kompetencji zawodowych, osobistych i społecznych oraz zasięgania opinii ekspertów. Student rozumie potrzebę uzyskiwania nowych umiejętności oraz poszerzania swej wiedzy z zakresu elektrochemicznych źródeł prądu. Potrafi pracować w grupie zgodnie ze swoją rolą.

Weryfikacja:

Wynik kolokwium pisemnego oraz prace pisemne w ramach zajęć projektowych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01, K\_K03, K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KK, I.P7S\_KR, I.P7S\_KO