



Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	MATERIAŁY ELEKTRODOWE I ICH RECYKLING, PG_00058364						
Kierunek studiów	Technologie wodorowe i elektromobilność						
Data rozpoczęcia studiów	październik 2023 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu			2026/2027		
Poziom kształcenia	I stopnia - inżynierskie	Grupa zajęć			Grupa zajęć obowiązkowych z zakresu kierunku studiów Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki		
Forma studiów	stacjonarne	Sposób realizacji			na uczelni		
Rok studiów	4	Język wykładowy			polski		
Semestr studiów	7	Liczba punktów ECTS			3.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki	Forma zaliczenia			zaliczenie		
Jednostka prowadząca	Wydziały Politechniki Gdańskiej -> Wydział Chemiczny -> Katedra Korozji i Elektrochemii						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot	dr inż. Zuzanna Zarach					
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu	dr inż. Zuzanna Zarach					
Formy zajęć	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	15.0	0.0	15.0	0.0	0.0	30
	W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0						
Aktywność studenta i liczba godzin pracy	Aktywność studenta	Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów		Udział w konsultacjach		Praca własna studenta	RAZEM
	Liczba godzin pracy studenta	30		6.0		39.0	75
Cel przedmiotu	Celem przedmiotu jest przekazanie studentom kompleksowej wiedzy na temat materiałów elektrodowych, ich właściwości oraz metod recyklingu materiałów elektrodowych wykorzystywanych w nowoczesnych systemach elektrochemicznych, takich jak akumulatory litowo-jonowe, kondensatory elektrochemiczne czy ogniwa paliwowe. Szczególny nacisk położony jest na zagadnienia związane z doбором i optymalizacją materiałów anodowych i katodowych, procesami ich degradacji w cyklu pracy oraz czynnikami wpływającymi na ich trwałość i wydajność. Częścią kursu jest problematyka recyklingu i odzysku surowców krytycznych z zużytych urządzeń elektrochemicznych, z uwzględnieniem aspektów technologicznych, środowiskowych i ekonomicznych.						

Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
	[K6_U02] potrafi pracować indywidualnie i w zespole, umie porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym, a także dokumentować i analizować wyniki swojej pracy, potrafi oszacować czas potrzebny na realizację powierzonego zadania	Student potrafi pracować indywidualnie i zespołowo przy realizacji doświadczeń/projektów dotyczących materiałów elektrodowych i recyklingu, umie skutecznie komunikować się z wykorzystaniem różnych technik prezentacji wyników, a także dokumentować i analizować efekty własnej pracy, planując i oceniając czas potrzebny na wykonanie zadań badawczych.	[SU1] Ocena realizacji zadania [SU4] Ocena umiejętności korzystania z metod i narzędzi [SU5] Ocena umiejętności zaprezentowania wyników realizacji zadania
	[K6_W04] zna właściwości materiałów stosowanych przy rozwiązywaniu prostych zadań inżynierskich związanych z kierunkiem studiów, w szczególności ma wiedzę w zakresie materiałoznawstwa i potrafi powiązać właściwości materiałów z ich strukturą i składem, zna teoretyczny opis zjawisk zachodzących w materiałach poddanych czynnikom zewnętrznym	Student zna podstawowe właściwości materiałów elektrodowych stosowanych w systemach elektrochemicznych, potrafi powiązać ich strukturę i skład chemiczny z właściwościami użytkowymi, a także rozumie wpływ czynników zewnętrznych na zachodzące w nich procesy, w tym na degradację i możliwości recyklingu.	[SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym [SW1] Ocena wiedzy faktograficznej
	[K6_W19] ma wiedzę o właściwościach roztworów elektrolitów, procesach elektrodowych i niektórych istotnych dla praktyki przemysłowej procesach elektrochemicznych oraz o zastosowaniu elektrochemii w praktyce	Student posiada wiedzę na temat właściwości roztworów elektrolitów, procesów elektrodowych oraz wybranych procesów elektrochemicznych istotnych dla praktyki przemysłowej, a także rozumie ich znaczenie w kontekście działania i recyklingu nowoczesnych systemów elektrochemicznych.	[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej [SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym

Treści przedmiotu	Treści przedmiotu - wykład		
	1. Wprowadzenie do materiałów elektrodowych w systemach elektrochemicznych. 2. Klasyfikacja i właściwości materiałów anodowych i katodowych. 3. Ogniwa galwaniczne: wtórne i pierwotne. 4. Materiały elektrodowe w pierwotnych ogniwach alkalicznych. 5. Procesy degradacji materiałów elektrodowych podczas pracy urządzeń elektrochemicznych. 6. Charakterystyka elektrochemiczna materiałów elektrodowych. 7. Akumulatory litowo-jonowe: materiały anodowe i katodowe. 8. Alternatywy dla akumulatorów litowo-jonowych. 9. Surowce krytyczne w systemach elektrochemicznych: znaczenie i dostępność. 10. Recykling akumulatorów litowo-jonowych. 11. Recykling akumulatorów kwasowo-ołowiowych. 12. Aspekty środowiskowe i ekonomiczne recyklingu systemów elektrochemicznych.		
	Treści przedmiotu - laboratoria		
	Metody recyklingu akumulatorów litowo-jonowych (mechaniczne, hydrometalurgiczne, pirometalurgiczne). Odzysk litu, kobaltu, niklu i innych surowców krytycznych (np. grafitu). Metody syntezy i wytwarzania nowoczesnych materiałów elektrodowych oraz wykorzystania materiałów odzyskanych poprzez recykling.		
Wymagania wstępne i dodatkowe			
Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się	Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej
	Wykład	60.0%	70.0%
	Laboratorium	60.0%	30.0%

Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	1. Kebede M. A., Ezema F. I. (red.), <i>Electrode Materials for Energy Storage and Conversion</i>, CRC Press, Boca Raton, 2021. 2. Breitkopf C., Swider-Lyons K. (red.), <i>Springer Handbook of Electrochemical Energy</i>, Springer, Berlin–Heidelberg, 2017. 3. Nölle R., Beltrop K., Holtstiege F., Kasnatscheew J., Placke T., Winter M., "A Reality Check and Tutorial on Electrochemical Characterization of Battery Cell Materials: How to Choose the Appropriate Cell Setup", <i>Materials Today</i>, 2020, 32, 131–146. 4. Baum Z. J., Bird R. E., Yu X., Ma J., "Lithium-Ion Battery Recycling—Overview of Techniques and Trends", <i>ACS Energy Letters</i>, 2022, 7(2), 712–719. 5. Thompson D. L., Hartley J. M., Lambert S. M., Shiref M., Harper G. D. J., Kendrick E., Anderson P., Ryder K. S., Gaines L., Abbott A. P., "The Importance of Design in Lithium-Ion Battery Recycling—A Critical Review", <i>Green Chemistry</i>, 2020, 22(22), 7585–7603.
	Uzupełniająca lista lektur	1. Yanamandra K., Pinisetty D., Daoud A., Gupta N., "Recycling of Li-Ion and Lead-Acid Batteries: A Review", <i>Journal of the Indian Institute of Science</i>, 2022, 102(1), 281–295. 2. Ma X., Meng Z., Bellonia M. V., Spangenberg J., Harper G., Gratz E., Olivetti E., Arsenault R., Wang Y., "The Evolution of Lithium-Ion Battery Recycling", <i>Nature Reviews Clean Technology</i>, 2025, 1(1), 75–94.
	Adresy eZasobów	Podstawowe https://doi.org/10.1007/978-3-662-46657-5 - Breitkopf C., Swider-Lyons K. (red.), Springer Handbook of Electrochemical Energy, Springer, Berlin–Heidelberg, 2017. https://doi.org/10.1201/9781003145585 - Kebede M. A., Ezema F. I. (red.), Electrode Materials for Energy Storage and Conversion, CRC Press, Boca Raton, 2021 https://doi.org/10.1016/j.mattod.2019.07.002 - Nölle R., Beltrop K., Holtstiege F., Kasnatscheew J., Placke T., Winter M., "A Reality Check and Tutorial on Electrochemical Characterization of Battery Cell Materials: How to Choose the Appropriate Cell Setup", <i>Materials Today</i>, 2020, 32, 131–146. https://doi.org/10.1021/acsenergylett.1c02602 - Baum Z. J., Bird R. E., Yu X., Ma J., "Lithium-Ion Battery Recycling—Overview of Techniques and Trends", <i>ACS Energy Letters</i>, 2022, 7(2), 712–719. https://doi.org/10.1039/D0GC02745F - Thompson D. L., Hartley J. M., Lambert S. M., Shiref M., Harper G. D. J., Kendrick E., Anderson P., Ryder K. S., Gaines L., Abbott A. P., "The Importance of Design in Lithium-Ion Battery Recycling—A Critical Review", <i>Green Chemistry</i>, 2020, 22(22), 7585–7603. Uzupełniające https://doi.org/10.1007/s41745-021-00269-7 - Yanamandra K., Pinisetty D., Daoud A., Gupta N., "Recycling of Li-Ion and Lead-Acid Batteries: A Review", <i>Journal of the Indian Institute of Science</i>, 2022, 102(1), 281–295. https://doi.org/10.1038/s44359-024-00010-4 - Ma X., Meng Z., Bellonia M. V., Spangenberg J., Harper G., Gratz E., Olivetti E., Arsenault R., Wang Y., "The Evolution of Lithium-Ion Battery Recycling", <i>Nature Reviews Clean Technology</i>, 2025, 1(1), 75–94.

Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	1. Właściwości i mechanizmy degradacji materiałów elektrodowych stosowanych w akumulatorach litowo-jonowych. 2. Metody recyklingu akumulatorów litowo-jonowych – charakterystyka i porównanie procesów mechanicznych, hydrometalurgicznych i pirometalurgicznych. 3. Budowa, właściwości i zastosowanie materiałów katodowych typu NMC.
Zajęcia praktyczne w ramach przedmiotu	Nie dotyczy

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.