



Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	ZIELONA CHEMIA: RECYKLING MATERIAŁOWY I ENERGETYCZNY W PRAKTYCE, PG_00064503						
Kierunek studiów	Chemia						
Data rozpoczęcia studiów	październik 2024 r.		Rok akademicki realizacji przedmiotu		2026/2027		
Poziom kształcenia	I stopnia - inżynierskie		Grupa zajęć		Grupa zajęć fakultatywnych Grupa zajęć z obszarów nauk humanistycznych lub nauk społecznych Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki		
Forma studiów	stacjonarne		Sposób realizacji		na uczelni		
Rok studiów	3		Język wykładowy		polski		
Semestr studiów	6		Liczba punktów ECTS		4.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki		Forma zaliczenia		zaliczenie		
Jednostka prowadząca	Wydziały Politechniki Gdańskiej -> Wydział Chemiczny -> Katedra Konwersji i Magazynowania Energii						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot		dr hab. inż. Monika Wilamowska-Zawłocka				
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu						
Formy zajęć	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	15.0	0.0	15.0	15.0	0.0	45
	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	45		5.0		55.0	105
Cel przedmiotu	Przedmiot ma na celu dostarczenie studentom kompleksowej wiedzy z zakresu otrzymywania materiałów w sposób zrównoważony oraz zaawansowanych technologii recyklingu, skupiając się zarówno na aspektach materiałowych, jak i energetycznych. Studenci zdobędą umiejętności projektowania i zrównoważonej syntezy materiałów oraz planowania, projektowania i analizy procesów recyklingu, a także zrozumieją szerszy kontekst zrównoważonego rozwoju i roli technologii w ochronie środowiska.						

Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
	[K6_W04] identyfikuje uwarunkowania procesów chemicznych zachodzących w analizowanych systemach poprzez odpowiedni dobór metod ich rozwiązania z uwzględnieniem współzależności struktury i właściwości materiałów kluczowych w technologiach zrównoważonego rozwoju	ma szczegółową wiedzę na temat procesów chemicznych związanych z procesami technologicznymi. Posiada wiedzę dotyczącą zagadnień związanych z doбором materiałów w technologiach zrównoważonego rozwoju materiało- i energooszczędnych.	[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej
	[K6_K02] ma świadomość ważności pozatechnicznych aspektów i skutków działalności inżynierskiej, w tym jej wpływu na środowisko i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje	ocenia wpływ technologii zrównoważonej syntezy materiałów oraz procesów recyklingu materiałowego i energetycznego na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo, uwzględniając zasady zrównoważonego rozwoju oraz odpowiedzialność za podejmowane decyzje projektowe i technologiczne.	[SK5] Ocena umiejętności rozwiązywania problemów występujących w praktyce [SK1] Ocena umiejętności pracy w grupie
	[K6_U05] projektuje i przeprowadza eksperymenty pozwalające potwierdzić daną hipotezę, rozpoznaje szerszy, często pozatechniczny kontekst analizowanych zjawisk	potrafi samodzielnie planować, projektować i przeprowadzać eksperymenty w celu potwierdzenia postawionej hipotezy. Posiada umiejętność analizy zjawisk w szerszym kontekście, uwzględniając aspekty społeczne, ekonomiczne, etyczne i środowiskowe.	[SU4] Ocena umiejętności korzystania z metod i narzędzi [SU3] Ocena umiejętności wykorzystania wiedzy uzyskanej w ramach przedmiotu
	[K6_U09] potrafi rozpoznać niebezpieczeństwo, przeciwdziałając mu i pracując z odczynnikami chemicznymi oraz podstawową aparaturą techniczną zgodnie z zasadami BHP i koncepcją zrównoważonego rozwoju	potrafi skutecznie rozpoznawać potencjalne zagrożenia związane z pracą z odczynnikami chemicznymi oraz podstawową aparaturą techniczną. Posiada umiejętności przeciwdziałania niebezpieczeństwom i prowadzenia prac laboratoryjnych zgodnie z zasadami Bezpieczeństwa i Higieny Pracy (BHP).	[SU2] Ocena umiejętności analizy informacji [SU4] Ocena umiejętności korzystania z metod i narzędzi

Treści przedmiotu	Treści przedmiotu - wykład Przedmiot obejmuje zagadnienia związane z zieloną chemią, zrównoważoną syntezą materiałów oraz technologiami recyklingu materiałowego i energetycznego. W części wprowadzającej omawiane są podstawowe pojęcia dotyczące recyklingu i utylizacji, odzysku materiałowego i energetycznego, gospodarki o obiegu zamkniętym, a także znaczenie surowców krytycznych, wtórnych i zrównoważonego pozyskiwania materiałów. W ramach technologii recyklingu materiałowego prezentowane są zasady zrównoważonego projektowania procesów recyklingowych oraz metody odzysku metali, tworzyw sztucznych, szkła i materiałów celulozowych. Omawiane są również biologiczne i termiczne metody przetwarzania biomasy w celu odzysku materiałów i energii. Część poświęcona odzyskowi energetycznemu obejmuje procesy termiczne i chemiczne wykorzystywane do pozyskiwania energii z odpadów, w tym technologie przetwarzania paliw alternatywnych RDF oraz zagadnienia związane z efektywnością energetyczną obiegu materiałów. Istotnym elementem kursu są zagadnienia projektowania i syntezy materiałów zgodnie z zasadami gospodarki obiegu zamkniętego. Studenci poznają zastosowanie Analizy Cyklu Życia (LCA) do oceny wpływu produktów i procesów na środowisko oraz metody projektowania procesów produkcyjnych z wykorzystaniem surowców wtórnych. Przedmiot obejmuje także podstawy zielonej inżynierii, środowiskowe aspekty syntezy i recyklingu materiałów, ocenę efektywności energetycznej technologii recyklingowych oraz wybrane innowacyjne rozwiązania wspierające zrównoważony rozwój i racjonalne gospodarowanie zasobami. Treści przedmiotu - laboratoria Laboratoria obejmują praktyczne zagadnienia związane z recyklingiem materiałowym w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym oraz odzysku surowców krytycznych z wyeksploatowanych urządzeń elektrochemicznych. Studenci zapoznają się z budową i zasadą działania akumulatorów litowo-jonowych, identyfikacją ich komponentów oraz oceną możliwości odzysku materiałów o wysokiej wartości gospodarczej. W ramach zajęć realizowane są ćwiczenia dotyczące przygotowania zużytych ogniw do procesów recyklingu, obejmujące ich bezpieczny demontaż, separację komponentów oraz charakterystykę odzyskiwanych materiałów. Studenci poznają i wykonują wybrane etapy recyklingu bezpośredniego, hydrometalurgicznego i pirometalurgicznego akumulatorów litowo-jonowych, analizując efektywność odzysku poszczególnych składników aktywnych. Laboratoria obejmują również procesy odzysku surowców krytycznych, w szczególności grafitu oraz metali stosowanych w materiałach elektrodowych. Studenci wykonują podstawowe operacje technologiczne związane z ekstrakcją, oczyszczaniem i charakterystyką odzyskanych materiałów, a także oceniają ich jakość i przydatność do ponownego wykorzystania. Istotnym elementem zajęć jest praktyczne zastosowanie materiałów pochodzących z recyklingu do wytwarzania nowych komponentów ogniw litowo-jonowych. Studenci przygotowują wybrane materiały elektrodowe z udziałem odzyskanych surowców, wykonują podstawowe badania właściwości materiałów oraz analizują wpływ recyklingu na parametry użytkowe i środowiskowe produktów. W trakcie laboratoriów omawiane są również aspekty środowiskowe, energetyczne i ekonomiczne poszczególnych technologii recyklingu, ze szczególnym uwzględnieniem zasad zielonej chemii, efektywności wykorzystania zasobów oraz ograniczania śladu środowiskowego procesów produkcyjnych. Treści przedmiotu - projekt Zajęcia projektowe poświęcone są praktycznemu wykorzystaniu metodyki Analizy Cyklu Życia (Life Cycle Assessment, LCA) do oceny wpływu materiałów i procesów technologicznych na środowisko. Studenci realizują projekty dotyczące wybranych materiałów i produktów omawianych podczas wykładów, ze szczególnym uwzględnieniem materiałów stosowanych w nowoczesnych technologiach energetycznych, materiałach funkcjonalnych oraz rozwiązaniach opartych na gospodarce o obiegu zamkniętym. W ramach zajęć studenci zapoznają się z zasadami definiowania celu i zakresu analizy, tworzenia modeli cyklu życia produktu, gromadzenia i weryfikacji danych inwentaryzacyjnych oraz interpretacji wyników środowiskowych. Projekty realizowane są w sali komputerowej z wykorzystaniem profesjonalnego oprogramowania do analiz LCA oraz specjalistycznych baz danych środowiskowych.
-------------------	--

	Studenci wykonują modelowanie cyklu życia wybranych materiałów, uwzględniając etapy pozyskania surowców, produkcji, użytkowania, recyklingu i zagospodarowania po zakończeniu eksploatacji. Analizowany jest wpływ zastosowania surowców pierwotnych i wtórnych, różnych scenariuszy recyklingu oraz odzysku energetycznego na wskaźniki środowiskowe i zużycie zasobów. Efektem końcowym projektu jest przeprowadzenie kompletnej analizy LCA wybranego materiału lub produktu, identyfikacja etapów generujących największe obciążenia środowiskowe oraz opracowanie rekomendacji dotyczących możliwości ograniczenia wpływu środowiskowego zgodnie z zasadami zielonej chemii, zielonej inżynierii i gospodarki o obiegu zamkniętym.														
Wymagania wstępne i dodatkowe	Znajomość podstaw chemii nieorganicznej oraz organicznej. Podstawowa znajomość matematyki.														
Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się	<table><tr><th>Sposób oceniania (składowe)</th><th>Próg zaliczeniowy</th><th>Składowa ocena końcowej</th></tr><tr><td>Wykład - egzamin</td><td>60.0%</td><td>40.0%</td></tr><tr><td>Laboratoria - raport</td><td>60.0%</td><td>30.0%</td></tr><tr><td>Projekt - ukończone zadanie projektowe</td><td>60.0%</td><td>30.0%</td></tr></table>	Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa ocena końcowej	Wykład - egzamin	60.0%	40.0%	Laboratoria - raport	60.0%	30.0%	Projekt - ukończone zadanie projektowe	60.0%	30.0%		
Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa ocena końcowej													
Wykład - egzamin	60.0%	40.0%													
Laboratoria - raport	60.0%	30.0%													
Projekt - ukończone zadanie projektowe	60.0%	30.0%													
Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	1) N. J. Themelis, Recovery of Materials and Energy from Urban Waste, in R. A. Meyers (ed.), Encyclopedia of Sustainability Science and Technology, Springer Science+Business Media LLC, part of Springer Nature 2018 2) S. K. Ghosh, Energy Recovery Processes from Wastes, Springer Verlag, Singapore, 2020 3) C. Hubert, Handbook of Recycling Technology, Syrawood Publishing House, 2019 4) A. K. Błędzki, R. Jeziórska, J. Kijeński, Odzysk i recykling materiałów polimerowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021 5) E. Klugmann-Radziemska, J. T. Haponiuk, J. Datta, K. Formela, M. Sienkiewicz, M. Włoch, Nowoczesne technologie recyklingu materiałowego, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2017 6) T. Georgi-Maschler et al., Development of a recycling process for Li-ion batteries J. Power Sources 207 (2012) 173–182. 7) Odpady niebezpieczne. Przepisy i codzienność, Wiktoria Sobczyk, Wydawnictwo AGH, Kraków, 2019 8) Gospodarka odpadami niebezpiecznymi pod redakcją Krystyny Mędzyckiej, Wydział Chemiczny Politechniki Gdańskiej, 1996													
	Uzupełniająca lista lektur	1) Basic hazardous waste management, William C. Blackman Jr., Lewis Publishers, New York, 2001 2) G. Harper et al., Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles, Nature volume 575 (2019) 75–86. 3) I. A. Ignatyev et al., Recycling of Polymers: A Review, Chem. Sus. Chem, 7 (2014) 1579-1593. 4) O. Dogu et al., The chemistry of chemical recycling of solid plastic waste via pyrolysis and gasification: State-of-the-art, challenges, and future directions, Progress in Energy and Combustion Science, 84 (2021) 100901.													

	Adresy eZasobów	
Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	1. Opisz różnice pomiędzy recyklingiem materiałowym, surowcowym i energetycznym. 2. Opisz wybraną technologię recyklingu materiałowego. 3. Opisz wybraną technologię recyklingu energetycznego. 4. Sposoby odzysku metali z odpadów elektronicznych?	
Zajęcia praktyczne w ramach przedmiotu	Nie dotyczy	

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.