

Rekrutacja do Szkoły Doktorskiej w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach na rok akademicki 2026/2027

Admission to the Doctoral School at the University of Silesia in Katowice for academic year 2026/2027

<p style="text-align: center;">Inżynieria materiałowa temat nr 1</p>	<p style="text-align: center;">Material engineering topic No. 1</p>
<p>Zaawansowane porowate nanomateriały o regulowanej geometrii porów i chemii powierzchni do selektywnego usuwania jonów metali ciężkich</p>	<p>Advanced porous nanomaterials with tunable pore geometry and surface chemistry for selective removal of heavy metal ions</p>
<p>PhD supervisor: dr hab. Mateusz Dulski, prof. UŚ</p>	
<p>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</p> <p>Celem planowanego projektu będzie opracowanie nowej generacji zaawansowanych sorbentów opartych na mezoporowatych nanomateriałach krzemionkowych, przeznaczonych do selektywnego i wysokoefektywnego wychwytu jonów metali ciężkich z fazy wodnej, w szczególności Co^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+} i Ni^{2+} oraz innych jonów metali przejściowych i toksycznych. Materiałem referencyjnym będzie SBA-15, natomiast kluczową innowacją projektu będzie zastosowanie struktur o trójwymiarowej lub hierarchicznej architekturze porów (SBA-16, KIT-6, FDU-1, DFNS oraz WMS), które mają zapewnić usprawniony transport masy, zwiększoną dostępność centrów sorpcyjnych oraz wyższą pojemność sorpcyjną w warunkach zmiennego składu środowiska wodnego. Selektywność i efektywność sorpcji będą osiągnięte poprzez kontrolowaną funkcjonalizację powierzchni porów wyselekcjonowanymi grupami chemicznymi (karboksylowymi, fosforanowymi, tiolowymi, aminowymi i amidoksymowymi), umożliwiającymi konkurencyjne wiązanie jonów metali nawet w obecności współwystępujących zanieczyszczeń. Projekt zakłada również opracowanie inteligentnych sorbentów reagujących na bodźce</p>	<p>Brief description of research assumptions and goals</p> <p>The objective of the planned project is to develop a new generation of advanced sorbents based on mesoporous silica nanomaterials for the selective and highly efficient capture of heavy metal ions from aqueous media, particularly Co^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}, and Ni^{2+}, as well as other toxic and transition metal ions. SBA-15 will serve as the reference material, while the key innovation of the project will be the use of structures with three-dimensional or hierarchical pore architectures (SBA-16, KIT-6, FDU-1, DFNS, and WMS), which are expected to provide improved mass transport, enhanced accessibility of sorption sites, and increased sorption capacity under conditions of variable water composition. Sorption selectivity and efficiency will be achieved through controlled functionalization of the pore surfaces with selected chemical groups (carboxyl, phosphate, thiol, amine, and amidoxime), enabling competitive binding of metal ions even in the presence of coexisting contaminants. The project also envisions the development of intelligent sorbents responsive to environmental stimuli, such as pH, temperature, and ionic strength, allowing for dynamic tuning of sorption properties, controlled regeneration, and extended material lifetime. An additional objective</p>





środowiskowe, takie jak pH, temperatura i siła jonowa, co pozwoli na dynamiczną regulację właściwości sorpcyjnych, kontrolowaną regenerację materiałów oraz wydłużenie ich czasu użytkowania. Dodatkowym założeniem projektu będzie wdrożenie zrównoważonej i ekonomicznie uzasadnionej strategii syntezy, opartej na wykorzystaniu popiołu lotnego jako alternatywnego źródła ditlenku krzemu, wpisującej się w model gospodarki o obiegu zamkniętym. Zależności pomiędzy strukturą porowatą, chemią powierzchni a efektywnością i selektywnością sorpcji jonów metali zostaną określone z wykorzystaniem komplementarnych technik charakteryzacyjnych, obejmujących analizę powierzchni właściwej (BET), mikroskopię TEM, niskokątowe rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego (SAXS), spektroskopię fotoelektronów (XPS), spektroskopię Ramana oraz oznaczanie stężenia jonów metali metodą absorpcji atomowej (AAS).

of the project will be the implementation of a sustainable and economically justified synthesis strategy based on the use of fly ash as an alternative source of silica, consistent with the circular economy concept. The relationships between pore structure, surface chemistry, and the efficiency and selectivity of metal ion sorption will be determined using complementary characterization techniques, including specific surface area analysis (BET), transmission electron microscopy (TEM), small-angle X-ray scattering (SAXS), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), Raman spectroscopy, and atomic absorption spectroscopy (AAS).

Planowany wkład w rozwój dyscypliny

Planowany projekt wniesie istotny wkład w inżynierię materiałową poprzez opracowanie nowej klasy funkcjonalnych mezoporowatych nanomateriałów krzemionkowych o kontrolowanej architekturze porów i precyzyjnie modyfikowanej chemii powierzchni. Kluczową nowością będzie systematyczne powiązanie trójwymiarowych i hierarchicznych struktur porowych (SBA-16, KIT-6, FDU-1, DFNS, WMS) z transportem masy, dostępnością centrów aktywnych oraz selektywnym wychwytem jonów metali ciężkich (Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+}). Projekt rozwine koncepcję materiałów inteligentnych poprzez zaprojektowanie sorbentów reagujących na bodźce środowiskowe, umożliwiających dynamiczną regulację właściwości funkcjonalnych i kontrolowaną regenerację. Istotnym aspektem inżynierskim będzie również wdrożenie zrównoważonej strategii syntezy z wykorzystaniem popiołu lotnego jako alternatywnego źródła krzemionki. Uzyskane zależności struktura–chemia powierzchni–właściwości sorpcyjne dostarczą uniwersalnych zasad projektowania zaawansowanych materiałów porowatych.

Planned contribution to the development of the discipline

The planned project will contribute to materials engineering through the development of a new class of functional mesoporous silica nanomaterials with controlled pore architecture and precisely tailored surface chemistry. A key advancement will be the systematic correlation of three-dimensional and hierarchical pore structures (SBA-16, KIT-6, FDU-1, DFNS, WMS) with mass transport, accessibility of active sites, and selective capture of heavy metal ions (Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+}). The project will advance smart material design by introducing stimuli-responsive sorbents enabling dynamic control of functional properties and controlled regeneration. Additionally, the implementation of a sustainable synthesis strategy based on fly ash as an alternative silica source will expand materials engineering approaches to waste-derived functional materials. The resulting structure–surface chemistry–property relationships will provide general design principles for advanced porous sorbents.





Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata

Wiedza: znajomość inżynierii materiałowej, fizykochemii materiałów porowatych oraz metod charakteryzacji nanomateriałów. Umiejętności: potrafi projektować, syntezować i funkcjonalizować materiały porowate lub chciałby poznać tajniki procesu syntezy; zna podstawy analizy właściwości sorpcyjnych, łatwo przyswaja nowe techniki i potrafi stosować zrównoważone metody syntezy. Kompetencje społeczne: umiejętność pracy w zespole, efektywnej komunikacji wyników badań oraz współpracy w środowisku interdyscyplinarnym.

Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate

Knowledge: familiarity with materials engineering, physico-chemistry of porous materials, and characterization methods for nanomaterials. Skills: able to design, synthesize, and functionalize porous materials, or willing to learn the details of the synthesis process; familiar with basic analysis of sorption properties, quick to learn new techniques, and capable of applying sustainable synthesis methods. Social competencies: ability to work in a team, communicate research results effectively, and collaborate in an interdisciplinary environment.

