

**Zgłoszenie zagadnienia badawczego realizowanego
w Krakowskiej Interdyscyplinarnej Szkole Doktorskiej
w dyscyplinie nauki fizyczne**

**w Jednostce: Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk**

1	Nazwisko i imię promotora, tytuł/stopień naukowy, jednostka, adres e-mail	Piotr M. Zieliński, Dr hab. Zakład badań materii miękkiej NZ35, IFJ PAN, pm.zielinski@ifj.edu.pl
2	Nazwisko i imię promotora pomocniczego (opcjonalnie), jednostka, adres e-mail	Katarzyna Chat Zakład badań materii miękkiej NZ35, IFJ PAN, katarzyna.chat@ifj.edu.pl
3	Temat zagadnienia badawczego+ krótki (do 250 słów) opis tematyki badawczej	Temat zagadnienia: Eksperymentalne badania mechanizmów amorficznej separacji faz w dyspersjach amorficznych API–polimer oraz jej wpływu na stabilność fizyczną i procesy rekrytalizacji. Amorficzne dyspersje API–polimer stanowią jedną z kluczowych strategii zwiększania rozpuszczalności i biodostępności trudno rozpuszczalnych substancji czynnych. Mimo ich szerokiej implementacji w technologii farmaceutycznej, utrzymanie stabilności amorficznej pozostaje poważnym wyzwaniem ze względu na podatność takich układów na rekrytalizację. Coraz więcej danych wskazuje, że istotną rolę w tym procesie odgrywa amorficzna separacja faz (APS), polegająca na spontanicznym rozdzieleniu jednorodnej mieszaniny API–polimer na domeny o zróżnicowanym składzie i właściwościach fizykochemicznych. Tematyka badawcza pracy koncentruje się na eksperymentalnym wyjaśnieniu mechanizmów inicjacji i przebiegu APS oraz ocenie jej wpływu na procesy rekrytalizacji API. Badania obejmą identyfikację warunków sprzyjających amorficznej separacji faz (temperatura, wilgotność, skład) oraz analizę relacji między APS, a mobilnością molekularną i lokalną dynamiką łańcuchów polimeru. Zastosowanie zaawansowanych technik, takich jak DSC/TMDSC, BDS, FTIR, AFM-IR czy XRD in situ, umożliwi detekcję lokalnych zmian strukturalnych, charakterystykę domen APS oraz określenie, czy APS pełni funkcję pre-nukleacyjną ułatwiającą początek rekrytalizacji. Ostatecznym celem jest zbudowanie modelu zależności między właściwościami polimeru, kompatybilnością z API a ryzykiem wystąpienia APS, co pozwoli projektować stabilne dyspersje

		amorficzne i minimalizować podatność substancji czynnych na utratę amorficzności. Wyniki badań dostarczą fundamentalnej wiedzy niezbędnej do racjonalnego projektowania układów farmaceutycznych o podwyższonej stabilności fizycznej.
4	Wymagania w stosunku do kandydata (wykształcenie, umiejętności/kursy)	• Ukończone studia magisterskie na jednym z kierunków: fizyka, chemia, inżynieria materiałowa, inżynieria biomedyczna lub pokrewnym • Znajomość języka angielskiego na poziomie pozwalającym na czytanie i tworzenie publikacji, udział w konferencjach • Znajomość fizyki ciała stałego, termodynamiki • Gotowość do odbycia wymaganego stażu zagranicznego
5	Wskazanie możliwych źródeł i zakresu finansowania spoza subwencji, np. stypendium naukowego, kosztów badań, wyjazdów itp.	Stypendium doktoranckie, planowane wystąpienie doktoranta o środki w ramach konkursu PRELIDIUM BIS, stypendium naukowe - planowane wystąpienie promotora o środki w ramach konkursu OPUS

1	Supervisor: name/surname, degree, affiliation, e-mail address	Piotr M. Zieliński, Dr hab. Department of soft matter research NZ35, IFJ PAN, pm.zielinski@ifj.edu.pl
2	Auxiliary supervisor (optional) affiliation,e-mail address	Katarzyna Chat Department of soft matter research NZ35, IFJ PAN, katarzyna.chat@ifj.edu.pl
3	Research subject title Short description, up to 250 words	Research subject title: Experimental Investigation of Amorphous Phase Separation Mechanisms in Amorphous API-Polymer Dispersions and Their Impact on Physical Stability and Recrystallization Processes. Short description: Amorphous polymer dispersions are widely used to enhance the solubility and bioavailability of poorly water-soluble active pharmaceutical ingredients (APIs). Despite their technological advantages, maintaining the physical stability of amorphous APIs remains a critical challenge due to their intrinsic tendency to recrystallize. Recent evidence indicates that amorphous phase separation (APS)—the spontaneous demixing of a nominally homogeneous API-polymer system into compositionally distinct amorphous domains—may play a fundamental role in triggering nucleation and subsequent crystallization. However, the mechanisms, kinetics and thermodynamic driving forces underlying APS, as well as its precise relationship to recrystallization, are still insufficiently

		understood. The proposed research focuses on the experimental investigation of APS mechanisms in selected API–polymer systems, with particular attention to environmental conditions, local molecular mobility, intermolecular interactions and structural changes leading to phase demixing. The study will aim to determine whether APS acts as a pre-nucleation event that facilitates the onset of crystallization and how its occurrence can be controlled through polymer selection or processing parameters. Advanced analytical techniques—including TMDSC, BDS, FTIR/Raman spectroscopy, AFM-IR imaging and in-situ XRD—will be employed to detect early structural changes, characterize phase-separated domains and correlate APS with crystallization kinetics. Ultimately, the project seeks to develop a mechanistic model linking polymer properties, API–polymer compatibility and the likelihood of APS. The results will contribute to a deeper understanding of amorphous drug stabilization and support the rational design of physically stable amorphous dispersions.
4	Additional requirements to the candidate (education, skills / courses)	- Completed master's degree in one of the following fields: physics, chemistry, materials engineering, biomedical engineering, or a related field - Knowledge of English at a level sufficient to read and write publications and participate in conferences - Knowledge of solid state physics and thermodynamics - Willingness to complete the required internship abroad
5	Possible sources of financing, other than subsidy, e.g., scientific scholarship, research and travel costs, etc.	Doctoral scholarship, planned application by the doctoral student for funding under the PRELIDIUM BIS competition, research scholarship – planned application by the supervisor for funding under the OPUS competition.