

Przewodzenie ciepła przez ciało stałe jest jednym z trzech, obok promieniowania i konwekcji mechanizmów transportu energii termicznej. Z praktyki dnia codziennego wiadomo, że różne ciała stałe posiadają różniące się od siebie zdolności do przenoszenia energii cieplnej – znane są zarówno bardzo dobre izolatory cieplne (np. drewno czy korek) jak i bardzo dobre przewodniki (np. czyste metale). Do ilościowego wyrażania zdolności ciała do transportowania energii termicznej służy wielkość fizyczna zwana współczynnikiem przewodnictwa cieplnego. Jego wartość zależy nie tylko od cech materiału, ale również od temperatury. Temperaturowe zmiany tej wielkości mogą być bardzo duże i w przypadku niektórych ciał stałych mogą sięgać nawet kilku rzędów wielkości. Badania nad zrozumieniem **zjawiska transportu energii cieplnej** na poziomie mikroskopowym prowadzone są od wielu dziesięcioleci. Relatywnie najprostszy opis transportu ciepła zaproponowany został w 1929 roku przez Peierlsa. W nim, wzbudzenia termiczne mają postać fal biegnących w strukturze ciała stałego, których kwanty unosząc energię cieplną przemieszczają się podobnie do atomów (cząsteczek) w gazie, rozpraszając się na defektach struktury i wymieniając energię podczas wzajemnych zderzeń. Ten obraz bardzo dobrze wyjaśnia zjawisko transportu ciepła w kryształach w niskich temperaturach i z tego powodu bywa stosowany do dziś. Gdy jednak średnia droga pomiędzy kolejnymi zderzeniami kwantu staje się porównywalna z długością fali, którą kwant reprezentuje, opis Peierlsa załamuje się i zbudowane w oparciu o niego modele nie opisują obserwacji eksperymentalnych. Tym samym powyższe podejście nie wyjaśnia zależności zmian współczynnika przewodnictwa cieplnego od temperatury obiektów takich jak na przykład ciała amorficzne czy niektórych kryształów w temperaturach pokojowych. Przez bardzo długi czas, mimo wielu prób i wysiłków badaczy, nie udało się zaproponować teorii przewodnictwa cieplnego dla sytuacji, w której średnia droga swobodna kwantu wzbudzenia termicznego jest porównywalna z jego długością fali. Przełom nastąpił w 2019 roku za sprawą publikacji proponującej **zunifikowaną teorię transportu cieplnego w kryształach i ciałach amorficznych** [M. Simoncelli, N. Marzari, F. Mauri, Nat. Phys. **15**, 809 (2019)]. W teorii tej transport ciepła w ciele stałym odbywa się jednocześnie dwoma kanałami, „klasycznym”, znanym z opisu Peierlsa oraz opartym na mechanizmie tunelowym i prawach dyfuzji. Celem niniejszego projektu jest poddanie tej teorii **eksperymentalnej weryfikacji**. W związku z tym, zaplanowano wykonanie szeregu pomiarów zależności współczynnika przewodnictwa cieplnego różnych ciał stałych od temperatury. Obiektami badań eksperymentalnych podjętych w projekcie mają być materiały, co do których istnieją przesłanki lub fragmentaryczne dane eksperymentalne, wskazujące na **nie-Peierlsowskie przewodnictwo cieplne**. Z uwagi na stosunkowo niską efektywność transportu ciepła w mechanizmie tunelowym, materiały te cechuje niska wartość współczynnika przewodnictwa cieplnego. Odrębnym elementem prowadzonych w ramach projektu badań będą symulacje komputerowe przewodnictwa cieplnego badanych materiałów w oparciu o weryfikowaną teorię. W rezultacie dokonana zostanie ocena zgodności danych uzyskanych na drodze eksperymentalnej z obliczeniami. W porównaniach analizowana będzie przede wszystkim zgodność jakościowa zmian współczynnika przewodnictwa cieplnego w funkcji temperatury. Bezpośrednim rezultatem projektu będzie potwierdzenie lub odrzucenie nowej uogólnionej teorii transportu cieplnego w ciałach stałych. Będzie to niezwykle ważne z punktu widzenia badań poznawczych, ale również będzie miało ogromne znaczenie dla przyszłych wdrożeń aplikacyjnych. Końcowym rezultatem działań przewidzianych w projekcie będzie odpowiedź na pytania dotyczące lepszego zrozumienia mechanizmów transportu ciepła w ciałach stałych. Wiedza ta pozwala na projektowanie materiałów o najbardziej pożądanym dla danej aplikacji wartościach współczynnika przewodnictwa cieplnego. A materiały te stosowane są praktycznie wszędzie. Z wykorzystaniem materiałów o odpowiednio niskim przewodnictwie cieplnym spotykamy się np. od izolacji termicznych stosowanych w reaktorach termojądrowych (tokamak czy ITER) po izolacje cieplne przegród zewnętrznych budynków, natomiast o wysokim przewodnictwie cieplnym np. wszędzie tam, gdzie skutkiem pracy urządzeń jest generowanie dużej ilości ciepła, które musi być odprowadzone celem zapewnienia bezawaryjnej pracy urządzenia, jak w różnego rodzaju układach elektronicznych czy laserach.