

**Zgłoszenie tematu badawczego realizowanego w Krakowskiej Interdyscyplinarnej
Szkole Doktorskiej w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, dyscyplina nauki fizyczne**

1	Nazwisko i imię promotora, tytuł/stopień naukowy, jednostka, adres e-mail	dr hab. Ipsita Mandal Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii nauk ipsita.mandal@ifj.edu.pl
2	Nazwisko i imię promotora pomocniczego (opcjonalnie), jednostka, adres e-mail	dr hab. Przemysław Piekarz Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk przemyslaw.piekarz@ifj.edu.pl
3	Temat pracy badawczej + krótki (do 250 słów) opis tematyki badawczej	<p>TOTEM: Topologia, transport i efekty niehermitowskie</p> <p>Zachowanie elektronów opisuje się przy pomocy matematycznej formuły zwanej funkcją falową, która jest częścią abstrakcyjnej, wielowymiarowej przestrzeni Hilberta. Geometria tej abstrakcyjnej przestrzeni może być opisana przy pomocy topologii, gałęzi matematyki do badania kształtów obiektów geometrycznych i ich ułożenia w przestrzeni -- ich skręcenia, rozciągnięcia lub ściśnięcia. Topologia przestrzeni funkcji falowej jest źródłem niezwykle ciekawych kwantowych własności wielu materiałów. Ich charakterystyczną cechą jest występowanie punktów na poziomie Fermiego, w których dwa lub więcej pasm elektronowych styka się dla szczególnych wartości wektorów falowych kryształu w pierwszej strefie Brillouina. To co sprawia, że te układy są potencjalnie bardziej interesujące jest związana z topologią charakterystyczna odpowiedź spektralna oraz inne cechy, takie jak stany brzegowe. Wiele własności transportowych jest skwantowanych, pomimo obecności wielu niedoskonałości/domieszek w badanej próbce. Pierwszym celem projektu TOTEM jest wyznaczenie takich uniwersalnych (niezależnych od szczegółów materiałowych) topologicznych własności transportowych, w szczególności dichroizmu kołowego i efektu Magnusa Halla.</p> <p>Używając teorii rozpraszania Floqueta, drugim celem projektu</p>

		<p>TOTEM jest wyznaczenie własności transportowych półmetali związanych z tunelowaniem przez zależną nieadiabaticznie od czasu studnię potencjału, oraz określić egzotyczną strukturę pasmową, która pojawia się w periodycznie zmieniającym się potencjale.</p> <p>Ostatni postęp w eksperymentalnym kontrolowaniu dyssypacji spowodował niespotykaną elastyczność w wytwarzaniu otwartych układów klasycznych i kwantowych opisywanych niehermitowskimi hamiltonianami (NH). Co jest niezwykle w tym kontekście, wiele unikalnych aspektów niehermitowskości zaobserwowano w nowych systemach topologicznych (nieposiadających hermitowskich odpowiedników), co rozszerzyło pojęcie faz topologicznych na układy niehermitowskie. Znalezienie charakterystyk wyróżniających takie fazy, oraz wskazujące na ich relację z wyjątkową degeneracją dowolnych porządków, jest trzecim celem projektu TOTEM.</p>
4	Wymagania w stosunku do kandydata	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Ukończenie studiów magisterskich z fizyki lub matematyki;</i> - <i>Podstawowa wiedza z mechaniki kwantowej i fizyki materii skondensowanej/fizyki ciała stałego;</i> - <i>Angielski na poziomie ogólnej komunikacji i takim, który umożliwia czytanie artykułów;</i> - <i>Podstawowa wiedza dowolnego języka programowania, takiego jak Python, C++, etc.</i>
5	Wskazanie źródeł finansowania	Badania w pracy doktorskiej będą finansowane ze środków zaakceptowanego projektu PRELUDIUM BIS-2 (UMO-2020/39/O/ST3/00973).

1	Supervisor: name/surname, degree, affiliation, e-mail address	<p>dr hab. Ipsita Mandal</p> <p>Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii nauk</p> <p>ipsita.mandal@ifj.edu.pl</p>
2	Auxiliary supervisor (optional) affiliation, e-mail address	<p>dr hab. Przemysław Piekarczyk</p> <p>Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk</p> <p>przemyslaw.piekarczyk@ifj.edu.pl</p>
3	Research subject Title Short description, up to 250 words	<p>TOTEM: TOpology, Transport, and Effects of Non-HerMiticity</p> <p>Electrons behave according to mathematical abstractions called wavefunctions, which live in an abstract, higher-dimensional</p>

		<p>space called Hilbert space. The geometry of this abstract space can be described using topology, which is the branch of mathematics to study shapes of geometrical objects and their arrangement in space. The topology of the wavefunction space gives rise to intriguing quantum properties of many materials. Recent work has shown that certain gapless systems in two or three dimensions may also be topologically nontrivial, and hence dubbed “topological semimetals”. Their defining feature is the appearance of band touching points / nodes at the Fermi energy. Many transport properties are quantized in spite of the presence of imperfections / impurities. TOTEM’s first goal is to compute such universal topological transport properties, in particular, circular dichroism and Magnus Hall effect.</p> <p>Using the Floquet scattering theory, the second goal of TOTEM is to compute the transport properties for semimetals while tunneling through a non-adiabatic time-dependent well, and to determine the exotic band-structures that emerge due to the harmonically driven potential.</p> <p>Recent experimental advances in controlling dissipation have brought about unprecedented flexibility in engineering of open classical and quantum systems described by non-Hermitian (NH) Hamiltonians. Remarkably, in this context a plethora of uniquely NH aspects of novel topological systems (with no Hermitian counterparts) have been observed, extending the notion of topological phases to NH systems. Finding the distinctive characteristics of these phases, emphasizing on their relation to exceptional degeneracies of arbitrary order, is the third goal of TOTEM.</p>
4	Additional requirements to the candidate	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Graduation studies in physics or mathematics;</i> - <i>Basic knowledge of quantum mechanics and condensed matter physics / solid state physics;</i> - <i>English on the level of general communication and that enables reading of articles;</i> - <i>Basic knowledge of any programming language like python, C++, etc.</i>
5	Sources of financing	<p>The doctoral research will be funded from the approved PRELUDIUM BIS-2 project (UMO-2020/39/O/ST3/00973) of NCN.</p>