

SZCZEGÓŁOWY PLAN ZADANIOWY
INSTYTUTU FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRYKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK NA
2025 ROK



Spis treści

Spis treści	1
Temat 1. BADANIA EKSPERYMENTALNE I TEORETYCZNE W ZAKRESIE FIZYKI I ASTROFIZYKI CZĄSTEK	4
<i>zadanie 1. Eksperyment Belle przy akceleratorze KEKB i eksperyment Belle II przy SuperKEKB (Japonia) (Andrzej Bożek)</i>	<i>4</i>
<i>zadanie 2. Eksperymenty promieniowania kosmicznego: AUGER, CREDO i P-ONE (Dariusz Góra)</i>	<i>5</i>
<i>zadanie 3. Badanie oddziaływań i oscylacji neutrin (Tomasz Wąchała)</i>	<i>5</i>
<i>Zadanie 4. Symulacje numeryczne dla przyszłego europejskiego detektora fal grawitacyjnych nowej generacji Teleskopu Einsteina (David Alvarez Castillo)</i>	<i>6</i>
<i>zadanie 5. Eksperyment ATLAS na akceleratorze LHC w CERN (Ewa Stanecka)</i>	<i>7</i>
<i>zadanie 6. Eksperyment LHCb na akceleratorze LHC w CERN (Mariusz Witek)</i>	<i>8</i>
<i>zadanie 7. Projekt zderzaczy elektron-pozyton (liniowych ILC i CLIC oraz kołowego FCC) oraz badanie ich potencjału fizycznego (Marcin Kucharczyk)</i>	<i>9</i>
<i>zadanie 8. Eksperyment MUonE na akceleratorze SPS w CERN (Marcin Kucharczyk)</i>	<i>10</i>
<i>zadanie 9. Badania w zakresie astronomii gamma (Jacek Niemiec)</i>	<i>10</i>
<i>zadanie 10. Badanie procesów elastycznego rozpraszania, miękkiej i twardej dyfrakcji (Janusz Chwastowski)</i>	<i>11</i>
<i>zadanie 11. Teoria i fenomenologia oddziaływań fundamentalnych z uwzględnieniem eksperymentów fizyki cząstek elementarnych (Krzysztof Kutak)</i>	<i>12</i>
<i>zadanie 12. Nietermiczne procesy w plazmie kosmicznej (Jacek Niemiec)</i>	<i>13</i>
<i>zadanie 13. Wybrane problemy fizyki matematycznej (Katarzyna Górka)</i>	<i>13</i>
Temat 2. BADANIA EKSPERYMENTALNE I TEORETYCZNE W ZAKRESIE FIZYKI JĄDROWEJ I ODDZIAŁYWAŃ SILNYCH	14
<i>zadanie 1. Mechanizm reakcji jądrowych i produkcja mezonów w zderzeniach hadronów (Adam Kozela)</i>	<i>14</i>
<i>zadanie 2. Ewolucja własności jąder w funkcji temperatury, spinu i izospinu (Piotr Bednarczyk)</i>	<i>15</i>
<i>zadanie 3. Prace badawczo-rozwojowe nowych technik detekcji dla fizyki jądrowej (Piotr Bednarczyk)</i>	<i>16</i>
<i>zadanie 4. Projekt PARIS (Adam Maj)</i>	<i>17</i>
<i>zadanie 5. Badania z fizyki jądrowej na wiązce protonów cyklotronu Proteus C-235 (Adam Maj)</i>	<i>17</i>
<i>zadanie 6. Oddziaływania relatywistycznych jonów przy energiach LHC i SPS - eksperymenty ALICE i NA61/SHINE (Marek Kowalski)</i>	<i>18</i>
<i>zadanie 7. Badanie struktury i dynamiki układów wielu ciał (Antoni Szczurek)</i>	<i>19</i>
<i>zadanie 8. Badania teoretyczne struktury materii w powiązaniu z obecnymi i przyszłymi eksperymentami (Krzysztof Golec-Biernat)</i>	<i>20</i>
Temat 3. BADANIA FAZY SKONDENSOWANEJ MATERII	21
<i>zadanie 1. Badania strukturalnych i dynamicznych własności materiałów w różnych skalach wielkości i czasu (Mirosław Gałgza)</i>	<i>21</i>
<i>zadanie 2. Badanie struktury, własności chemicznych i magnetycznych układów submikronowych i nanomateriałów (Michał Krupiński)</i>	<i>22</i>

<i>zadanie 3. Prace nad poznaniem struktury i dynamiki materii miękkiej, w tym materiałów funkcjonalnych i farmaceutyków, przy pomocy komplementarnych metod doświadczalnych i obliczeniowych (Ewa Juszyńska-Gałzka)</i>	23
<i>zadanie 4. Projektowanie, synteza i charakteryzacja nanocząstek metalicznych do różnych zastosowań (Magdalena Parlińska-Wojtan)</i>	24
<i>zadanie 5. Badania teoretyczne struktury i dynamiki materiałów krystalicznych oraz nanomateriałów (Przemysław Piekarczyk)</i>	25
<i>zadanie 6. Opracowanie i fizyczna realizacja podstawowych elementów składowych molekularnej sieci neuronowej (Łukasz Laskowski)</i>	26
<i>zadanie 7. Badania właściwości magnetycznych materiałów molekularnych o różnej wymiarowości (Magdalena Fitta)</i>	26
Temat 4. BADANIA INTERDYSCYPLINARNE I STOSOWANE	27
<i>zadanie 1. Interdyscyplinarne aspekty fizyki układów złożonych (Stanisław Drożdż)</i>	27
<i>zadanie 2. Badania oddziaływania promieniowania jądrowego z różnymi ośrodkami (Urszula Wiącek)</i> ...	28
<i>zadanie 3. Diagnostyka plazmy wysokotemperaturowej (Marek Scholz)</i>	29
<i>zadanie 4. Obrazowanie i zlokalizowana spektroskopia magnetycznego rezonansu w badaniach biomedycznych i materiałowych (Władysław Węglarz)</i>	30
<i>zadanie 5. Badanie struktury elektronowej materii metodami spektroskopii oraz mikroskopii rentgenowskiej (Joanna Czaplą-Masztafiak)</i>	31
<i>zadanie 6. Multimodalne obrazowanie spektroskopowe układów złożonych wspomagane badaniami biomolekularnymi (Katarzyna Pogoda)</i>	32
<i>zadanie 7. Radiochemiczne i instrumentalne metody analizy i syntezy sztucznych pierwiastków promieniotwórczych w zastosowaniu do radioekologii, geochemii izotopowej i radiofarmaceutyków (Jerzy W. Mieliski)</i>	33
<i>zadanie 8. Pierwiastki promieniotwórcze i metale ciężkie w środowisku oraz w organizmie człowieka (Edyta Łokas)</i>	34
<i>zadanie 9. Izotopy promieniotwórcze w fizyce środowiska i ochronie radiologicznej (Krzysztof Kozak)</i>	34
<i>zadanie 10. Dozymetria luminescencyjna w pomiarach promieniowania jonizującego (Paweł Biłski)</i>	35
<i>zadanie 11. Wykorzystanie wiązek protonowych do badań w dziedzinie fizyki materiałowej, radiochemii, radiobiologii i fizyki medycznej (Paweł Olko)</i>	36
<i>zadanie 12. Wieloparametryczne obrazowanie i badanie właściwości biofizycznych układów biologicznych w mikro- i makroskali (Małgorzata Lekka)</i>	37
<i>zadanie 13. Badania translacyjne w dziedzinie fizyki medycznej na potrzeby rozwoju radioterapii protonowej (Renata Kopeć)</i>	38
Temat 5. PRACE APARATUROWE I METODYCZNE ORAZ BADANIA APARATUROWE STOSOWANE	39
<i>zadanie 1. Budowa detektorów i infrastruktury badawczej dla eksperymentów z fizyki i nauk pokrewnych (Jacek Świerblewski)</i>	39
<i>zadanie 2. Modernizacja i eksploatacja cyklotronu AIC-144 dla potrzeb badań z obszaru radiochemii, fizyki, biologii i inżynierii materiałowej (Jacek Sulikowski)</i>	40
<i>zadanie 3. Rozwój sieci lokalnej LAN oraz współpraca z akademicką siecią MAN (Zbigniew Natkaniec)</i>	40
<i>zadanie 4. Wykorzystanie technologii obliczeń w chmurze w badaniach naukowych i gospodarce (akronim CC1) (Mariusz Witek)</i>	41

Szczegółowy plan zadaniowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN na 2025 r.

zadanie 5. Badania naukowe i prace rozwojowe w dziedzinie nadprzewodnictwa stosowanego (Dariusz Bocian) 41

Szczegółowy plan zadaniowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN zawiera przedmiot działalności naukowych komórek organizacyjnych na 2025 rok. Wyniki badań będą prezentowane w licznych publikacjach w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym oraz poprzez aktywny udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych i seminariach. Ponadto, w ramach prowadzonych w Instytucie badań naukowych, realizowane będą prace doktorskie, magisterskie oraz praktyki studenckie.

Temat 1. BADANIA EKSPERYMENTALNE I TEORETYCZNE W ZAKRESIE FIZYKI I ASTROFIZYKI CZĄSTEK

BADANIA EKSPERYMENTALNE

zadanie 1. Eksperyment Belle przy akceleratorze KEKB i eksperyment Belle II przy SuperKEKB (Japonia) (Andrzej Bożek)

Cel główny zadania:

Na program badawczy eksperymentów Belle i Belle II, przeprowadzonych od 1999 roku przy zderzaczu KEKB i SuperKEKB w ośrodku badawczym fizyki wysokich energii KEK w Japonii, składają się przede wszystkim szczegółowe testy Modelu Standardowego (MS) w części dotyczącej fizyki zapachu, połączone z poszukiwaniem efektów wykraczających poza teorię oddziaływań elektroslabych. Program ten jest realizowany w sektorze mezonów pięknych i powabnych oraz ciężkich leptonów τ , w oparciu o unikalne próbki danych sięgające blisko miliarda przypadków.

Celem zadania jest wykonanie precyzyjnych pomiarów obserwabli czułych na efekty spoza Modelu Standardowego w rozpadach mezonów B, B_s , $D_{(s)}$ i leptonów τ na podstawie czystych próbek danych zebranych w warunkach fabryki B, poszukiwanie rozpadów łamiących zachowanie liczby leptonowej oraz rozwój monolitycznych detektorów mozaikowych dla eksperymentów fizyki wysokich energii, mogących znaleźć w przyszłości zastosowanie w obrazowaniu medycznym i w radiobiologii.

Cele szczegółowe zadania:

1. Udział w analizach danych Belle ze szczególnym uwzględnieniem rozpadów mezonów B z brakującą energią (Jarosław Wiechczyński).
1. Udział w eksperymencie Belle II przy SuperKEKB. Udział w obsłudze i kalibracjach detektorów wierzchołka spektrometru Belle II, udział w analizie danych oraz dyżury podczas naświetlań. Uczestnictwo w pracach nad przyszłą modernizacją spektrometru Belle II i, związanym z tym, rozwojem nowych technologii (SOI), zwłaszcza w dziedzinie monolitycznych detektorów mozaikowych (Andrzej Bożek).

zadanie 2. Eksperymenty promieniowania kosmicznego: AUGER, CREDO i P-ONE (Dariusz Góra)

Cel główny zadania:

Celem eksperymentu Pierre Auger jest badanie promieni kosmicznych o skrajnie wysokich energiach, powyżej 10^{18} eV, wyznaczenie widma oraz ich składu masowego, a także rozkładu kierunków ich przylotu do Ziemi. Celem międzynarodowej Współpracy CREDO jest wykonanie zbiorczej analizy danych dotyczących promieniowania kosmicznego, rejestrowanych przez detektory działające dotąd niezależnie, a także potwierdzenie istnienia bądź wyznaczenie górnych ograniczeń na występowanie w przyrodzie wielkich kaskad cząstek o pochodzeniu pozaatmosferycznym. Eksperyment Pacific Ocean Neutrino Experiment (P-ONE) ma z kolei na celu badanie strumieni neutrin o energiach w zakresie 100 TeV - 100 PeV, pochodzących ze źródeł astrofizycznych, takich jak aktywne jądra galaktyk czy rozbłyski promieniowania gamma.

Cele szczegółowe zadania:

2. Analiza procesu detekcji wielkich pęków atmosferycznych, akwizycja i analiza danych w Obserwatorium Pierre Auger. Szczegółowa analiza procesów rozwoju wielkiego pęku i jego rejestracji w detektorach oraz doprecyzowanie stosowanych przybliżeń. Dyżury w Obserwatorium, akwizycja danych eksperymentalnych oraz analiza danych (**Dariusz Góra**).
3. Globalna analiza danych dotyczących promieniowania kosmicznego w ramach projektu Cosmic-Ray Extremely Distributed Observatory (CREDO). Analiza wszelkich dostępnych danych dotyczących promieniowania kosmicznego w pełnym zakresie widma energii, pochodzących zarówno z dużych obserwatoriów (np. Obserwatorium Pierre Auger), jak i sieci detektorów edukacyjnych (np. HiSPARC, Showers of Knowledge) oraz sieci smartfonów wyposażonych w aplikacje umożliwiające rejestrację cząstek (np. CREDO Detector) (**Piotr Homola**).
4. Eksperyment Pacific Ocean Neutrino Experiment (P-ONE) – budowa, kalibracja, symulacje i analizy. Budowa systemu laserowej kalibracji detektora, rozwój oprogramowania do symulacji detektora oraz analiza pierwszych danych z linii pilotażowych (**Paweł Malecki**).

zadanie 3. Badanie oddziaływań i oscylacji neutrin (Tomasz Wąchała)

Cel główny zadania:

Celem prowadzonych prac jest poznanie własności neutrin poprzez badanie ich oddziaływań i oscylacji, głównie w oparciu o eksperymenty z wiązkami neutrin akceleratorowych:

Eksperyment Tokai to Kamionka (T2K) dostarcza dokładnego pomiaru dwóch z sześciu parametrów oscylacji neutrin, różnicy kwadratów mas Δm^2_{23} i kąta mieszania θ_{23} oraz jako pierwszy ograniczył (z dokładnością trzech odchyień standardowych) zakres wartości

parametru δ_{CP} , związanego z fundamentalną symetrią CP, czyli symetrią przestrzenno-ładunkową, której ewentualne złamanie objawia się różnym prawdopodobieństwem oscylacji dla neutrin i antyneutrin. Priorytetem współpracy T2K na następne lata jest dokładniejszy pomiar parametru oscylacji neutrin δ_{CP} związanego z fundamentalną symetrią CP.

W ramach eksperymentu Hyper-Kamiokande (HK) zbudowany zostanie nowy daleki detektor, o nazwie Hyper-Kamiokande (5-krotnie większy od obecnego dalekiego detektora Super-Kamiokande) oraz pośredni detektor IWCD (Intermediate Water Cherenkov Detector). HK będzie korzystał z modernizowanych obecnie: wiązki neutrin i układu bliskich detektorów eksperymentu T2K. Uruchomienie eksperymentu HK planowane jest na 2027 rok.

Cele szczegółowe zadania:

1. Udział w akceleratorowym eksperymencie neutrinowym T2K prowadzonym w Japonii i przygotowania do drugiej fazy eksperymentu – T2K-II. Pomiary przekrojów czynnych dla oddziaływań neutrin mionowych w bliskim detektorze ND280, rozwój oprogramowania do rekonstrukcji i analizy danych oraz rozwój strony publicznej T2K. W ramach przygotowań do T2K-II: udział w modernizacji detektora ND280 (projekt i realizacja elementów nowych komór TPC), udział w testach komór TPC w CERN, uczestnictwo w pracach związanych z integracją nowych poddetektorów w ND280 oraz z bezpieczeństwem prac modernizacyjnych na terenie ośrodka akceleratorowego J-PARC w Japonii.
2. Udział w pracach tzw. Europejskiej Platformy Neutrinowej w CERN. Wsparcie fizyków uczestniczących w eksperymentach neutrinowych w USA (DUNE, SBN, ICARUS) i w Japonii (T2K, Hyper-Kamiokande).
3. Prace w projekcie Hyper-Kamiokande (HK) – następcy eksperymentu T2K. Promocja i popularyzacja projektu w ramach komitetu Hyper-Kamiokande Outreach.

Zadanie 4. Symulacje numeryczne dla przyszłego europejskiego detektora fal grawitacyjnych nowej generacji Teleskopu Einsteina (David Alvarez Castillo)

Cel główny zadania:

Teleskop Einsteina (ET) to europejski projekt podziemnego detektora fal grawitacyjnych (GW) trzeciej generacji, którego głównym celem jest wykrywanie źródeł fal grawitacyjnych. Detektory ET będą znacznie czulsze niż istniejące obecnie, o rząd wielkości, co pozwoli na badania zwartych układów podwójnych, takich jak podwójne czarne dziury (BBH), podwójne gwiazdy neutronowe (BNS), czy detekcję fal grawitacyjnych z wirujących gwiazd neutronowych. ET pozwoli także na testowanie ogólnej teorii względności, badania samego początku wszechświata, a także rozwiąże wiele innych istotnych problemów naukowych z zakresu astrofizyki, kosmologii i fizyki fundamentalnej.

Cele szczegółowe zadania:

1. Modelowanie przebiegów falowych dla zwartych układów podwójnych, ekstremalne efekty materii w gwiazdach neutronowych, modelowanie wyższych harmonicznych fal grawitacyjnych.
2. Symulacje równań niepewności stanu, opracowywanie modeli równania stanu dla egzotycznej materii (materii kwarkowej, materii bogatej w hiperony, kondensatów mezonowych), które będą stosowane do historii chłodzenia, szybkich konfiguracji rotacyjnych i fuzji układów podwójnych.
3. Przeprowadzanie symulacji fuzji binarnych, ewolucji pozostałości po fuzji i pól magnetycznych obejmujących symulacje magnetohydrodynamiczne.

zadanie 5. Eksperyment ATLAS na akceleratorze LHC w CERN (Ewa Stanecka)

Cel główny zadania:

Prowadzone prace kontynuują badania szeregu szczegółowych przewidywań Modelu Standardowego i pozwolą wykryć lub wykluczyć istnienie dodatkowych bozonów pola Higgsa oraz ewentualnie badać ich własności, korzystając z licznych możliwych kanałów rozpadu. Szeroki program badawczy eksperymentu zawiera też analizy prowadzące do potwierdzenia przewidywań modeli supersymetrycznych. Celem prowadzonych analiz jest wykrycie lub istotne przesunięcie granic obserwowalności efektów spoza Modelu Standardowego. Wyniki badań oddziaływań ciężkich jonów pozwolą na dalsze poznanie własności nowego stanu materii – plazmy kwarkowo-gluonowej.

Grupa realizująca zadanie bierze udział w modernizacji i przygotowaniu detektora ATLAS do pracy na akceleratorze HL-LHC o 10-krotnie zwiększonej świetlności w stosunku do obecnego akceleratora LHC. Zadania przewidziane do realizacji obejmują opracowanie projektów, wykonanie i testy prototypowych elementów detektora, przygotowanie dokumentacji, pilotowanie produkcji, realizację niezbędnych zakupów i instalację wybranych elementów detektora ATLAS. Udział w projekcie modernizacji detektora ATLAS umożliwi polskim zespołom prowadzenie zaawansowanych badań w dziedzinie cząstek elementarnych z wykorzystaniem najpotężniejszego akceleratora cząstek w skali światowej, jakim będzie HL-LHC, i stowarzyszonej infrastruktury badawczej.

Cele szczegółowe zadania:

Badania oddziaływań proton-proton i ciężkich jonów przy energiach LHC.

1. Udział w analizie danych proton-proton (**Anna Kaczmarek, Paweł Brückman de Renstrom**).
2. Udział w analizie danych ołów-ołów i proton-ołów (**Adam Trzupek, Dominik Derendarz**).
3. Obsługa spektrometru ATLAS w trakcie naświetlań, rozwój oprogramowania do rekonstrukcji śladów cząstek naładowanych oraz identyfikacji cząstek, przygotowanie danych (**Krzysztof Woźniak**).

4. Zarządzanie systemem kontroli detektora TRT oraz prace inżynierskie przy modyfikacji, wymianie lub naprawie aparatury detektora wewnętrznego (**Dominik Derendarz, Ewa Stanecka**).
5. Udział w pracach badawczo-rozwojowych dla Super (HL)-LHC (**Marcin Wolter, Paweł Brückman de Renstrom**).
6. Modernizacja i przystosowanie detektora ATLAS do eksperymentu przy akceleratorze HL-LHC w CERN. Prace nad nowym, całkowicie krzemowym detektorem śladów cząstek naładowanych (**Ewa Stanecka**).
7. Rozwój infrastruktury komputerowej typu Grid dla eksperymentów LHC, w tym udział w zarządzaniu i rozbudowie gridowego klastra komputerowego w IFJ PAN (**Bartłomiej Żabiński**).

zadanie 6. Eksperyment LHCb na akceleratorze LHC w CERN **(Mariusz Witek)**

Cel główny zadania:

Głównym celem jest badanie łamania symetrii przestrzenno-ładunkowej CP oraz poszukiwanie efektów fizyki spoza Modelu Standardowego w rozpadach hadronów zawierających kwarki ciężkie. Prace prowadzone są w ramach eksperymentu LHCb, który bada efekty nowej fizyki spoza Modelu Standardowego metodami pośrednimi, poszukując odchyień od przewidywań teoretycznych w precyzyjnych pomiarach rozpadów hadronów zawierających kwarki ciężkie: kwarki piękne i powabne. Pomiar pośrednie pozwalają na poszukiwania efektów od cząstek o masach znacznie przekraczających energię dostępną w pomiarach bezpośrednich na obecnych akceleratorach. Prowadzone są także badania procesów zachodzących poprzez oddziaływania silne w obszarze małych kątów obejmujące korelację Bosego-Einsteina, analizę dżetów kwarków pięknych oraz pomiary dyfrakcyjnych procesów centralnej produkcji ekskluzywnej.

Współpraca LHCb prowadzi przygotowania do drugiej fazy modernizacji detektora pozwalającej na zebranie i analizę danych przy zwiększonej świetlności. Jednym z kluczowych elementów jest opracowanie nowych wersji podsystemów detektora ze znacznie lepszą rozdzielczością przestrzenno-czasową odpowiednią do pracy przy dużej liczbie oddziaływań na jedno przecięcie wiązek i wynikającej z tego wysokiej krotności śladów w obszarze czynnym detektora LHCb.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie łamania symetrii CP oraz poszukiwanie nowej fizyki w rozpadach hadronów zawierających kwarki ciężkie (**Jolanta Brodzicka**).
 - a. Precyzyjne pomiary łamania symetrii CP w rozpadach mezonów pięknych oraz wyznaczane stosunków częstości rozpadów hadronów pięknych.
 - b. Analiza rozkładów kątowych w czterociałowych rozpadach mezonów pięknych.
 - c. Poszukiwanie rzadkich oraz wzbronionych w ramach Modelu Standardowego rozpadów hadronów pięknych i powabnych.

- d. Udział w pracach Heavy Flavor Averaging Group (HFLAV).
- 2. Badanie procesów zachodzących poprzez oddziaływania silne w obszarze małych kątów **(Marcin Kucharczyk)**.
 - a. Badanie korelacji Bosego-Einsteina.
 - b. Analiza dżetów kwarków pięknych.
 - c. Pomiary dyfrakcyjnych procesów centralnej produkcji ekskluzywnej.
- 3. Udział w przygotowaniach eksperymentu LHCb do pracy przy zwiększonej świetności wiązki LHCb-Upgrade II **(Mariusz Witek)**.
 - a. Modernizacja detektora śladowego SciFi wykorzystującego włókna scyntylacyjne.
 - b. Modernizacja detektora do identyfikacji cząstek RICH.
 - c. Rozwój programu pełnej symulacji dla modernizowanych detektorów SciFi i RICH.
- 4. Rozwój i obsługa oprogramowania eksperymentu LHCb oraz lokalnej infrastruktury obliczeniowej **(Agnieszka Dziurda)**.
 - a. Obsługa oraz udoskonalanie algorytmów RTA (Real Time Analysis).
 - b. Obsługa oraz udoskonalanie algorytmów do monitorowania jakości zbieranych danych w trybie online.
 - c. Rozwój narzędzi do analizy danych w trybie online i offline oraz rozbudowa lokalnych klastrów obliczeniowych.
- 5. Udział w projektowaniu i produkcji detektorów śladowych Magnet Station dla zmodernizowanego detektora LHCb **(Marcin Chrzęszcz)**.

zadanie 7. Projekt zderzaczy elektron-pozyton (liniowych ILC i CLIC oraz kołowego FCC) oraz badanie ich potencjału fizycznego (Marcin Kucharczyk)

Cel główny zadania:

Realizacja programu fizycznego zderzaczy elektron-pozyton dotyczy zbadania czułości eksperymentów International Linear Collider (ILC), Compact Linear Collider (CLIC) oraz Future Circular Electron-Positron Collider (FCCee) na efekty tzw. Nowej Fizyki. W szczególności badana będzie czułość na parametry egzotycznych cząstek ukrytej doliny, tj. przeprowadzona zostanie analiza związana z poszukiwaniem długożyciowych cząstek egzotycznych z dżetami b w stanie końcowym w zderzeniach $e+e-$ dla planowanych eksperymentów na akceleratorach ILC (o energii zderzeń 1 TeV), CLIC (do 3 TeV) i zderzacza kołowego o bardzo wysokiej świetności FCC. Poszukiwania tego typu cząstek są interesujące ze względu na czyste środowisko eksperymentalne oraz dużą liczbę przypadków, którą planuje się zebrać w przyszłych eksperymentach pracujących przy akceleratorach zderzających ze sobą wysokoenergetyczne leptony. Pozwoli to stworzyć zupełnie nowy obszar do poszukiwań zjawisk Nowej Fizyki.

Cele szczegółowe zadania:

- 1. Udział w badaniach procesów fizycznych przy ILC/CLIC/FCC: symulacje fizyczne zmierzające do oszacowania czułości eksperymentalnej poszukiwań łamania liczby leptonowej i neutrin

Majorany w rozpadach bozonu Z i leptonu τ oraz czułości na rzadkie rozpady mezonów B **(Marcin Chrzęszcz)**.

2. Uruchomienie na lokalnych zasobach obliczeniowych w IFJ PAN oficjalnego oprogramowania współprac związanych z wyżej wymienionymi zderzaczami (Cloud Computing, Grid) **(Tomasz Wojtoń)**.
3. Symulacje fizyczne zmierzające do oszacowania czułości na obserwację egzotycznych cząstek przewidywanych przez modele Hidden Valley **(Marcin Kucharczyk)**.

zadanie 8. Eksperyment MUonE na akceleratorze SPS w CERN **(Marcin Kucharczyk)**

Cel główny zadania:

Prowadzone prace związane są z badaniami w ramach współpracy eksperymentu MUon ON Electron elastic scattering (MUonE) na akceleratorze SPS w CERN. MUonE jest eksperymentem na wiązce mionów planowanym na lata 2025-2030. Obserwowane obecnie odstępstwo zmierzonego anomalnego momentu magnetycznego od wartości przewidzianej w Modelu Standardowym na poziomie 3.6σ sugeruje możliwość występowania zjawisk Nowej Fizyki. Eksperyment MUonE pozwoli precyzyjnie zmierzyć przyczynę od procesów hadronowych, a co za tym idzie, ograniczyć znacząco błąd teoretyczny. Pozwoli to na zwiększenie znaczącości ewentualnego odkrycia do około 7σ . Celem zadania są precyzyjne pomiary poprawki hadronowej do anomalnego momentu magnetycznego mionu wykorzystujące elastyczne rozpraszanie mionów na elektronach atomów o niskiej liczbie atomowej w celu poszukiwania zjawisk spoza Modelu Standardowego.

Cele szczegółowe zadania:

1. Udział w przygotowaniach do uruchomienia eksperymentu MUonE **(Marcin Kucharczyk)**.
2. Rozwój algorytmów rekonstrukcji w trybie *online* i *offline*. Prowadzenie analiz fizycznych na danych z testowej wiązki mionów zebranych w latach 2022-2023 **(Mariusz Witek)**.
3. Wykorzystanie technik sztucznych sieci neuronowych (*DNN – Deep Neural Network*) do optymalizacji algorytmów rekonstrukcji przypadków tzw. *pattern recognition* **(Marcin Kucharczyk)**.
4. Rozwój programu pełnej symulacji detektora **(Mariusz Witek)**.

zadanie 9. Badania w zakresie astronomii gamma (Jacek Niemiec)

Cel główny zadania:

Badanie emisji promieniowania gamma z obiektów astrofizycznych oraz procesów fizycznych odpowiedzialnych za generację nietermicznych cząstek, które są źródłem emisji promieniowania elektromagnetycznego wysokich energii. Realizacja zadania obejmuje udział w międzynarodowych eksperymentach astronomicznych, a także budowę i rozwój instrumentów służących do detekcji promieni gamma oraz rozwój metod obserwacyjnych.

Cele szczegółowe zadania:

1. Udział w eksperymencie H.E.S.S. (High-Energy Stereoscopic System) (**Alicja Wiercholska**).
 - a. Akwizycja i analiza danych obserwacyjnych, w szczególności dotyczących pozostałości po supernowych, gromad gwiazd oraz aktywnych jąder galaktyk.
 - b. Przygotowywanie projektów obserwacyjnych.
2. Udział w eksperymencie HAWC (High Altitude Water Cherenkov) (**Sabrina Casanova**).
 - a. Akwizycja i analiza danych obserwacyjnych, szczególnie w celu poszukiwania źródeł promieniowania kosmicznego wysokich energii.
 - b. Udział w obsłudze detektora.
3. Udział w fazie budowy obserwatorium CTAO (Cherenkov Telescope Array Observatory) (**Jacek Niemiec**).
 - a. Przygotowywanie podstaw naukowych projektu.
 - b. Konstrukcja zwierciadeł kompozytowych do średnich teleskopów sieci CTAO.
 - c. Organizacja i realizacja procesu wniesienia wkładu rzeczowego do projektu CTAO, w tym koordynacja działań związanych z produkcją, dostawą oraz integracją komponentów technicznych.
4. Udział w eksperymencie SST-1M (Single-mirror Small-Size Telescope) (**Jacek Niemiec**).
 - a. Koordynowanie i prowadzenie prac związanych z obsługą, rozwojem oraz utrzymaniem stanu technicznego struktur mechanicznych teleskopów SST-1M, obejmujących monitorowanie ich sprawności, planowanie działań serwisowych oraz wprowadzanie zmian technicznych.
 - b. Konstrukcja zwierciadeł kompozytowych do teleskopów SST-1M.
 - c. Akwizycja i analiza danych obserwacyjnych uzyskanych za pomocą mini sieci dwóch teleskopów SST-1M.

zadanie 10. Badanie procesów elastycznego rozpraszania, miękkiej i twardej dyfrakcji (Janusz Chwastowski**)**

Cel główny zadania:

Głównym celem zadania jest badanie przewidywań Modelu Standardowego. Prowadzone prace dotyczą oddziaływań proton-proton obserwowanych na akceleratorze LHC przy użyciu detektora ATLAS. Ich tematyka skupia się na testach perturbacyjnej i nieperturbacyjnej chromodynamiki kwantowej prowadzonych w oparciu o studia procesów rozpraszania elastycznego proton-proton, a także miękkich i twardych procesów dyfrakcyjnych. Wspomniane zagadnienia są wzbogacone o badania procesów dwu-fotonowych i poszukiwanie potencjalnych sygnatur rozszerzeń Modelu Standardowego, również w oddziaływaniach lepton-hadron na planowanym akceleratorze EIC.

Cele szczegółowe zadania:

1. Udział w analizie danych i w pracach nad detektorami ATLAS Roman Pots (ARP) (**Janusz Chwastowski**).
 - a. Analiza rozpraszania elastycznego przy energiach LHC (**Rafał Staszewski**).

- b. Analiza wielocząstkowych stanów końcowych w pojedynczej dysocjacji dyfrakcyjnej w oddziaływaniach proton-proton z wykorzystaniem detektorów ARP (**Rafał Staszewski**).
 - c. Analiza produkcji dżetów w procesach pojedynczej i ekskluzywnej produkcji dyfrakcyjnej (**Maciej Trzebiński**).
 - d. Analiza produkcji dwu-fotonowej z tagowaniem protonu (**Rafał Staszewski**).
 - e. Koordynacja działania detektorów ARP (**Maciej Trzebiński**).
 - f. Zarządzanie systemem kontroli detektora ARP (**Elżbieta Banaś**).
 - g. Zarządzanie systemem trygera i akwizycji danych detektorów ARP i ZDC (**Krzysztof Korcyl**).
2. Udział w przygotowaniu eksperymentu Electron-Proton Ion Collider (ePIC) na przyszłym akceleratorze Electron Ion Collider (EIC) w Brookhaven National Laboratory, USA (BNL USA). Prace dotyczące układu precyzyjnego pomiaru świetlności maszyny, tagowania elektronów rozproszonych pod małymi kątami (*współpraca z Akademią Górniczo-Hutniczą, BNL USA*), tagowania protonów i innych cząstek wyprodukowanych w przód (*współpraca z BNL USA*) oraz testów radiacyjnych detektorów LGAD (*współpraca z BNL, Rice University USA*) (**Janusz Chwastowski, Rafał Staszewski**).
 3. Udział w eksperymencie TWOCRIST w CERN. Eksperyment ten ma na celu przetestowanie wykorzystania tunelowania kanałowego w kryształach do tworzenia wtórnej wiązki dla eksperymentów ze spoczywającą tarczą, poświęconych pomiarowi czynników postaci hadronów o małym czasie życia. Prace dotyczące konstrukcji i zarządzanie systemami TDAQ dla prototypowego układu eksperymentalnego są prowadzone wspólnie z CERN (**Krzysztof Korcyl**).

BADANIA TEORETYCZNE

zadanie 11. Teoria i fenomenologia oddziaływań fundamentalnych z uwzględnieniem eksperymentów fizyki cząstek elementarnych **(Krzysztof Kutak)**

Cel główny zadania:

Obliczenia teoretyczne i fenomenologiczne dla precyzyjnego wyjaśnienia oraz dostarczenia przewidywań dla eksperymentów prowadzonych przy istniejących i planowanych zderzaczkach cząstek (LHC, fabryki mezonów, ILC, CLIC, FCC-ee (Future Circular Electron-Positron Collider), FCC-hh (Future Circular Proton-Proton Collider), CEPC (Circular Electron-Positron Collider) i EIC).

Cele szczegółowe zadania:

1. Obliczenia analityczne, numeryczne i symulacje Monte Carlo prowadzone w ramach kwantowej teorii pola, obejmujące oddziaływania: elektromagnetyczne, słabe, silne.
2. Konstrukcja i rozwój oprogramowania dla potrzeb analizy danych w detektorach cząstek.

3. Obliczenia entropii splątania związanej ze strukturą protonu (*współpraca z Brookhaven National Laboratory (USA)*).
4. Symulacje tłumienia dżetu w plazmie kwarkowo-gluonowej z uwzględnieniem rozszerzania się plazmy (*współpraca z Uniwersytetem w Bergen (Norwegia)*).
5. Otrzymanie przekroju czynnego na faktoryzacje w pędach poprzecznych rzędu NLO (*współpraca z IJCLab (Francja)*).
6. Otrzymanie wzoru na masywny soft current rzędu N^2LO (*współpraca z Uniwersytetem RWTH w Aachen (Niemcy)*).
7. Obliczenia przekrojów czynnych w rzędach N^2LO i N^3LO dla wielodżetowych procesów na LHC (*współpraca z Uniwersytetem RWTH w Aachen (Niemcy)*).

zadanie 12. Nietermiczne procesy w plazmie kosmicznej (Jacek Niemiec)

Cel główny zadania:

Badanie i modelowanie procesów fizycznych zachodzących w kosmicznych układach plazmy bezzderzeniowej, prowadzących do generacji nietermicznej populacji cząstek (elektronów i protonów). Celem jest szczegółowe zrozumienie zjawisk fizycznych w skali mikroskopowej poprzez zastosowanie zaawansowanych metod obliczeń numerycznych, w tym kinetycznych symulacji particle-in-cell (PIC) oraz kinetyczno-płynowych symulacji hybrydowych. Zadanie obejmuje również rozwój oprogramowania oraz metod symulacji kinetycznych.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie procesów przyspieszania elektronów i protonów w nierelatywistycznych falach uderzeniowych o małej liczbie Macha rozchodzących się w słabo zmagnetyzowanej plazmie gromad galaktyk.
2. Badanie nierelatywistycznych fal uderzeniowych o dużej liczbie Macha w zastosowaniu do młodych pozostałości po wybuchach supernowych oraz fali łukowej Ziemi: procesy formowania się fal uderzeniowych, generacji fal plazmowych i turbulencji elektromagnetycznej oraz przyspieszania elektronów i protonów.
3. Badanie relatywistycznych fal uderzeniowych w zmagnetyzowanej plazmie: procesy formowania się fal uderzeniowych, generacji fal plazmowych i turbulencji elektromagnetycznej oraz przyspieszania elektronów i protonów.
4. Badanie niestabilności plazmowych i procesów generacji turbulencji elektromagnetycznej oraz przyspieszania i rozpraszania cząstek w innych układach plazmy kosmicznej.

zadanie 13. Wybrane problemy fizyki matematycznej (Katarzyna Górska)

Cel główny zadania:

Celem zadania jest rozwiązywanie nielokalnych w czasie równań ewolucji, tak zwanych uogólnionych równań ewolucji, przy ustalonych warunkach początkowych oraz brzegowych.

Cele szczegółowe zadania:

1. Analiza dyfuzyjnych i falowych własności rozwiązań uogólnionych równań ewolucji. (współpraca z Uniwersytetem w Bari (Włochy), Uniwersytetem w Poczdamie (Niemcy), Uniwersytetem Óbuda w Budapeszcie (Węgry), Macedońską Akademią Nauk i Sztuk i Uniwersytetem św. Cyryla i Metodego w Skopje (Macedonia Północna); Uniwersytetem w Ołomuńcu (Czechy)).
2. Analiza własności uogólnionych stanów koherentnych budowanych w oparciu o własność reprodukowania. Konstrukcja i wykorzystanie uogólnień schematu Bargmanna. Analiza własności metod kwantowania bazujących na uogólnionych stanach koherentnych (współpraca z Uniwersytetem Sorbony w Paryżu (Francja), Instytutem Matematyki UJ oraz Wydziałem Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH).

Temat 2. BADANIA EKSPERYMENTALNE I TEORETYCZNE W ZAKRESIE FIZYKI JĄDROWEJ I ODDZIAŁYWAŃ SILNYCH

BADANIA EKSPERYMENTALNE

Badanie oddziaływań jądrowych w obszarze niskich i pośrednich energii

zadanie 1. Mechanizm reakcji jądrowych i produkcja mezonów w zderzeniach hadronów (Adam Kozela)

Cel główny zadania:

Badanie mechanizmów reakcji w szerokim zakresie energii zderzenia oraz złożoności jąder, poczynając od systemów kilkunukleonowych, aż do zderzeń pomiędzy ciężkimi jonami. Różne rodzaje reakcji wymagają różnych wyspecjalizowanych systemów detekcyjnych, dostarczając zupełnie różnych informacji. Reakcje w systemach kilkunukleonowych służą do walidacji rygorystycznych obliczeń dynamiki oddziaływania jądrowego, pozwalających wyodrębnić różne jego składowe, jak siła trzynukleonowa czy efekty relatywistyczne. Reakcje pomiędzy ciężkimi jądrami dają wgląd w równanie stanu materii jądrowej, czy efekty klasteryzacji, natomiast zastosowanie energii powyżej 1 GeV umożliwia badanie efektów kaskady wewnątrzjądrowej, produkcję różnych mezonów oraz ich propagację w materii jądrowej. Eksperymenty z zastosowaniem swobodnych neutronów umożliwiają z kolei badanie podstawowych symetrii oddziaływań oraz poszukiwanie efektów spoza Modelu Standardowego, w tym zupełnie nowych cząstek potencjalnie wyjaśniających problem Ciemnej Materii we wszechświecie.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie mechanizmu reakcji jądrowych:
 - a. Analiza danych z eksperymentów ciężkojonowych (eksperymenty INDRA i ALADIN w GSI (Niemcy)) (Jerzy Łukasik).

- b. Badanie reakcji spalacji jądrowej wywołanej protonami (*eksperymenty HADES (Niemcy)*) **(Krzysztof Pysz)**.
 - c. Badanie zależności energii symetrii od gęstości (*współpraca ASY-EOS w GSI (Niemcy) RIKEN (Japonia) i MSU (USA)*) **(Jerzy Łukasik)**.
2. Produkcja mezonów w zderzeniach hadronów:
- a. Produkcja mezonów w zderzeniach jądrowych; pomiary poświęcone strukturze i oddziaływaniu mezonów (*eksperyment WASA na synchrotronie COSY w FZ Jülich (Niemcy), współpraca z IF UJ*) **(Krzysztof Pysz)**.
 - b. Poszukiwanie efektów działania oddziaływań trójciałowych w reakcji „breakup’u” $d(p,pp)X$ oraz $d(d,X)Y$ (*eksperyment w KVI, Groningen w Holandii*) **(Adam Kozela)**.
 - c. Poszukiwanie cząstek o sygnaturze aksjonów oraz łamania liczby barionowej poprzez pomiar oscylacji neutron-antyneutron na Europejskim Źródle Spalacyjnym ESS w Lund, Szwecja **(Krzysztof Pysz)**.
 - d. Badanie produkcji i rozpadów mezonów i hiperonów w zderzeniach proton-proton oraz badanie reakcji indukowanych pionami ujemnymi dla energii dostępnych na akceleratorze SIS18/FAIR w eksperymencie *HADES@GSI* **(Izabela Ciepał)**.
 - e. Symulacje reakcji jądrowych, układów eksperymentalnych oraz detektorów, analiza danych, rozwój metod identyfikacyjnych, konstrukcja detektorów cząstek naładowanych (zastosowanie w badaniach energii symetrii przy wysokich gęstościach – *współpraca ASY-EOS II (GSI/FAIR (Niemcy)), SPIRIT (MSU (USA)), RIKEN (Japonia)*) **(Jerzy Łukasik)**.
 - f. Budowa i testy detektorów oraz rozwój systemów zbierania danych opartych o cyfrową analizę sygnałów dla układu pomiarowego PANDA na akceleratorze FAIR **(Krzysztof Pysz)**.

zadanie 2. Ewolucja własności jąder w funkcji temperatury, spinu i izospinu (Piotr Bednarczyk)

Cel główny zadania:

Celem zadania są badania struktury stanów wzbudzonych w egzotycznych - niestabilnych ze względu na rozpady radioaktywne, jądrach atomowych. Nuklidy te wytwarzane będą w reakcjach jądrowych indukowanych wiązkami przyśpieszonych stabilnych i radioaktywnych jonów, jak również neutronami. W eksperymentach wykorzystane będą metody spektroskopii promieniowania gamma z użyciem zaawansowanych spektrometrów. Do analizy danych eksperymentalnych posłużą nowoczesne metody teoretyczne.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie wysokospinowych stanów wzbudzonych w izotopach Sc i Ca, związanych ze wzbudzeniem rdzenia ^{40}Ca **(Piotr Bednarczyk)**.
2. Spektroskopowe badania efektów kolektywnych i deformacji kształtu w jądrach z różnych obszarów masowych przy wysokich spinach z użyciem: spektrometrów promieniowania

- gamma, m.in. *AGATA*, *PARIS*, *EAGLE*, nu-Ball, detektorów cząstek takich jak: *NEDA*, *DIAMANT* i krakowskiego detektora jąder odrzutu *RFD*, oraz metodą wzbudzenia kulombowskiego (*współpraca z GANIL (Francja), IJCLAB (Francja), LNL (Włochy), GSI/FAIR (Niemcy), ŚLCJ (Warszawa)*) (**Piotr Bednarczyk**).
3. Pomiar spektroskopowy struktury egzotycznych jąder atomowych na wiązkach relatywistycznych fragmentów w *GANIL (Francja)* i *GSI/FAIR (Niemcy)*, jak i z wiązkami wtórnymi typu *ISOL* w *GANIL*, *IJCLAB (Francja)* oraz *CERN-ISOLDE (Szwajcaria)* (**Piotr Bednarczyk**).
 4. Badanie własności gorących jąder atomowych z różnych obszarów masowych metodami dyskretnej spektroskopii gamma oraz poprzez rejestrację rozpadu gamma gigantycznych rezonansów i emisji cząstek naładowanych i neutronów (*współpraca z GANIL (Francja), LNL (Włochy), IJCLAB (Francja), RCNP (Japonia), ELI-NP (Rumunia)*) (**Maria Kmiecik**).
 5. Badania eksperymentalne stanów wzbudzonych i ich rozpadów w jądrach: i) z obszaru podwójnie magicznych rdzeni: ^{78}Ni , ^{132}Sn i ^{208}Pb – stany izomeryczne, sprzężenie wzbudzeń jednocząstkowych i kolektywnych, ii) bogatych w neutrony z okolicy $N=60$ – przejście fazowe związane ze zmianą kształtu jądra, iii) $^{62-66}\text{Ni}$ oraz $^{112-120}\text{Sn}$ – koegzystencja kształtów, iv) ^{11}B , ^{14}C – rozpad gamma stanów okołoprogowych, v) ^7Li – rozpad gamma do continuum ze stanu po wychwycie neutronu (*współpraca z GANIL (Francja), LNL (Włochy), IJCLAB (Francja), CERN (Szwajcaria), ILL (Francja), IFIN-HH (Rumunia)*) (**Bogdan Fornal**).
 6. Badanie egzotycznej radioaktywności w procesach dwu- i jednofotonowego rozpadu gamma jąder: ^{137}Ba , ^{60}Ni i ^{54}Cr , z użyciem detektorów układu *PARIS* (**Michał Ciemata**).
 7. Badanie dynamiki procesów rozszczepienia za pomocą spektroskopii gamma jąder wzbudzanych w kolizjach wiązek ciężkich jonów i neutronów (*współpraca z GANIL (Francja), IJCLAB (Francja)*) (**Michał Ciemata**).
 8. Badania teoretyczne w zakresie modelowania kształtu i symetrii średniego pola sił jądrowych. Przygotowanie oprogramowania do interaktywnego prowadzenia zaawansowanych obliczeń struktury jądra (*współpraca z IPHC Strasbourg (Francja), Uniwersytet w Sewilli (Hiszpania), Uniwersytet w Mediolanie (Włochy), GSI/FAIR (Niemcy)*) (**Irene Dedes**).

zadanie 3. Prace badawczo-rozwojowe nowych technik detekcji dla fizyki jądrowej (Piotr Bednarczyk)

Cel główny zadania:

Celem zadania jest rozwój zaawansowanych technologii pomiarowych i analitycznych dla detektorów stosowanych w spektroskopii gamma i fizyce jądrowej. W szczególności prace w zakresie budowy i instalacji na wiązkach jonów zaawansowanych spektrometrów promieniowania gamma.

Cele szczegółowe zadania:

1. Instalacja pomocniczych detektorów cząstek (m.in. detektor jąder odrzutu *RFD*)

w połączeniu ze spektrometrami promieni gamma (AGATA, EAGLE) dla eksperymentów na wiązkach jonów (współpraca z GANIL, IJCLAB (Francja) i LNL (Włochy), ŚLCJ (Warszawa)).

2. Prototypowanie elektroniki dla nowych detektorów scyntylacyjnych (LaBr₃) oraz detektorów diamentowych czułych na pozycję (współpraca z GSI/FAIR (Niemcy), GANIL (Francja), Uniwersytetem w Mediolanie (Włochy), Uniwersytetem w Huelvie i Uniwersytetem w Walencji (Hiszpania)).
3. Rozwój systemów akwizycji danych dla kompleksowych układów detekcyjnych (współpraca z GSI/FAIR (Niemcy), GANIL (Francja), LNL (Włochy)).
4. Projektowanie i budowa segmentowych detektorów do monitoringu wiązek fragmentów o dużym natężeniu oraz infrastruktury dla detektorów promieniowania dla eksperymentów spektroskopowych na wiązkach radioaktywnych (współpraca z GSI/FAIR, (Niemcy)).

zadanie 4. Projekt PARIS (Adam Maj)

Cel główny zadania:

Celem projektu Photon Array for studies with Radioactive Ion and Stable beams (PARIS) jest skonstruowanie i wykorzystanie nowatorskiego kalorymetru promieniowania gamma w badaniach wzbudzonych jąder atomowych z różnych obszarów masowych, w eksperymentach prowadzonych w laboratoriach europejskich.

Cele szczegółowe zadania:

1. Projektowanie i budowa układu do detekcji wysokoenergetycznego promieniowania gamma – PARIS, testy prototypowych detektorów scyntylacyjnych:
 - a. Podłączenie mechaniczne i elektroniczne spektrometru wysokoenergetycznego promieniowania gamma – PARIS Demonstrator-PD (10 klastrów detektorów *phoswich* LaBr₃/NaI i CeBr₃/NaI) do układu detektorów AGATA w LNL Legnaro (Włochy).
 - b. Wykorzystanie PD w pomiarach fizycznych, prowadzonych na wiązkach jonów w IFJ PAN, LNL Legnaro (Włochy), GANIL/SPIRAL2 (Francja) oraz IJCLab Orsay (Francja).

zadanie 5. Badania z fizyki jądrowej na wiązce protonów cyklotronu Proteus C-235 (Adam Maj)

Cel główny zadania:

Celem zadania jest poszerzenie wiedzy o fundamentalnych procesach i zjawiskach w fizyce jądrowej poprzez badania dynamiki reakcji jądrowych, struktury i wzbudzeń jąder atomowych oraz poprzez testowanie nowych układów detekcyjnych.

Cele szczegółowe zadania:

1. Poszukiwanie efektów działania oddziaływań trójciałowych w rozpraszaniu elastycznym i w reakcji „breakup’u” $d(p,pp)X$ i ${}^3\text{He}(p,pd)X$, z wykorzystaniem *detektora BINA* (**Adam Kozela**).
2. Badanie efektów relatywistycznych w reakcji „breakup’u” $d(p,pp)n$ z wykorzystaniem detektora KRATTA (**Izabela Ciepał**).
3. Badanie kolektywnych wibracji jądra atomowego, wzbudzanych w reakcjach z wiązką protonów, metodami spektroskopii gamma z zastosowaniem układu scyntylatorów $LaBr_3$ i *PARIS* (**Maria Kmiecik**).
4. Przeprowadzenie eksperymentów dyskretnej spektroskopii gamma (**Piotr Bednarczyk**).
5. Badanie rozpadu rezonansów M4 w lekkich jądrach atomowych wzbudzanych w reakcji (p,p') (**Natalia Cieplicka**).
6. Badanie procesów rozszczepienia ciężkich jąder indukowanych wiązką protonów (**Michał Ciemala**).
7. Prowadzenie testów różnych układów detekcyjnych na wiązce (**Michał Ciemala**).
8. Implementacja metody czasu przelotu do precyzyjnej diagnostyki wiązki protonowej wykorzystywanej w Centrum Cyklotronowym Bronowice (**Wiktor Parol**).

Badanie oddziaływań jądrowych w obszarze wysokich energii

zadanie 6. Oddziaływania relatywistycznych jonów przy energiach LHC i SPS - eksperymenty ALICE i NA61/SHINE (Marek Kowalski**)**

Cel główny zadania:

Badanie zderzeń relatywistycznych jąder ołowiu i protonów przy energiach LHC i SPS, prowadzące do uzyskania informacji o gęstej i gorącej materii jądrowej.

Prace w eksperymencie ALICE prowadzą do uzyskania nowej informacji nt. korelacji i fluktuacji w produkcji cząstek oraz ich związku z wczesnymi etapami zderzenia, a także weryfikacji istniejących modeli teoretycznych. Istotne jest uzyskanie nowej informacji doświadczalnej nt. procesów jedno- i dwu-fotonowych, które pozwolą na weryfikację istniejących modeli saturacji i zbadanie możliwych przyczynków spoza Modelu Standardowego. Niezależnie prowadzone i koordynowane są prace badawczo-rozwojowe detektora FIT.

W eksperymencie NA61/SHINE będą kontynuowane pomiary z wiązkami hadronowymi i jądrowymi z dziesięciokrotnie zwiększoną prędkością zbierania danych, co pozwoli na uzyskanie wyników symulacji i przygotowanie nowej analizy produkcji mezonów K_S^0 w reakcjach jądro-jądro. Ponadto, możliwe będzie uzyskanie nowej informacji doświadczalnej i fenomenologicznej nt. efektów elektromagnetycznych w reakcjach jądro-jądro w funkcji rozmiaru zderzającego się systemu, udoskonalenie istniejącej dotychczas metodologii badania zjawisk intermitencji w emisji cząstek i określenie optymalnych warunków dla przyszłych pomiarów tego zjawiska. Celem analizy mezonów $\phi(1020)$ będzie uzyskanie nowej informacji o procesie ich produkcji w systemie pośredniej wielkości (Ar+Sc), w funkcji energii zderzenia

w zakresie energii akceleratora SPS. W ramach nowego zadania będą także prowadzone prace eksperckie związane z systemem gazowym eksperymentu.

Cele szczegółowe zadania:

1. Eksperyment ALICE na akceleratorze LHC w CERN:
 - a. Udział w zbieraniu danych w eksperymencie ALICE (**Marek Kowalski**).
 - b. Badanie zderzeń ultraperyferycznych i dyfrakcyjnych (**Adam Matyja**).
 - c. Badanie korelacji i fluktuacji w zderzeniach protonów i jąder atomowych (**Iwona Sputowska**).
 - d. Badania fenomenologiczne zjawisk korelacji i fluktuacji w zakresie energii $5 \text{ GeV} < \sqrt{s_{NN}} < 14 \text{ TeV}$ (**Iwona Sputowska**).
 - e. Badanie charakterystyk cząstek produkowanych w zderzeniach jądro-jądro (**Jacek Otwinowski**).
 - f. Prace rozwojowe i modernizacyjne detektora FIT (**Jacek Otwinowski**).
 - g. Prace projektowe detektora FOCAL (**Jacek Otwinowski**).
2. Eksperyment NA61/SHINE na akceleratorze SPS w CERN:
 - a. Udział w zbieraniu danych w eksperymencie NA61/SHINE (**Andrzej Rybicki**).
 - b. Badanie efektów elektromagnetycznych w zderzeniach jąder atomowych przy energiach SPS – studia zależności od wielkości jądra i energii zderzenia (**Andrzej Rybicki**).
 - c. Badanie zjawisk intermitencji w zderzeniach jądro-jądro (**Nikolaos Davis**).
 - d. Badanie produkcji mezonów $\phi(1020)$ w reakcjach jądro-jądro przy energiach SPS (**Antoni Marcinek**).
 - e. Badania produkcji mezonów K^0_S w reakcjach jądro-jądro (**Antoni Marcinek**).
 - f. Prace eksperckie związane z systemem gazowym eksperymentu (**Vitalii Ozvenchuk**).
 - g. Koordynacja całości prac rozwojowych nad oprogramowaniem eksperymentu NA61/SHINE (**Antoni Marcinek**).

BADANIA TEORETYCZNE

zadanie 7. Badanie struktury i dynamiki układów wielu ciał (Antoni Szczurek**)**

Cel główny zadania:

Celem zadania są badania reakcji jądrowych i hadronowych w obszarze wysokich energii. Badania koncentrują się na zrozumieniu mechanizmów wspomnianych reakcji w ramach kwantowej chromodynamiki, kwantowej elektrodynamiki, bądź modeli jądrowych. Z jednej strony interpretowane są najnowsze dane eksperymentalne, z drugiej wykonywane są przewidywania dla przyszłych eksperymentów. Jednocześnie rozwijane i weryfikowane są podejścia teoretyczne, a także tworzone nowe modele.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie struktury i dynamiki układów wielu ciał – fizyka jądrowa:
 - a. Badanie atomów i molekuł egzotycznych (**Antoni Szczurek**).
 - b. Produkcja mezonów, cząstek elementarnych oraz par leptonów i mezonów lub innych obiektów w zderzeniach ultrarelatywistycznych ciężkich jonów (**Wolfgang Schäfer, Mariola Kłusek-Gawenda**).
 - c. Badanie reakcji fuzji i rozszczepienia przy pomocy równań Langevina (**Katarzyna Mazurek**).
 - d. Badanie emisji różnych cząstek z wysoko wzbudzonych jąder (**Katarzyna Mazurek, Mariola Kłusek-Gawenda**).
2. Badanie struktury i dynamiki układów wielu ciał – fizyka hadronów:
 - a. Badanie mechanizmów produkcji cząstek w zderzeniach proton-proton (**Rafał Maciuła**).
 - b. Badanie mechanizmów produkcji cząstek w zderzeniach nukleon-jądro atomowe (**Wolfgang Schäfer**).
 - c. Ekskluzywna produkcja mezonów lub par mezonów i fotonów w zderzeniach proton-proton (**Piotr Lebiedowicz**).
 - d. Badanie czynników kształtu przejścia dla różnych mezonów i produkcja kwarkoniów (**Izabela Babiarz**).
 - e. Badanie mechanizmów reakcji w zderzeniach elektronów na protonach i jądrach atomowych (**Wolfgang Schäfer, Izabela Babiarz**).

zadanie 8. Badania teoretyczne struktury materii w powiązaniu z obecnymi i przyszłymi eksperymentami (Krzysztof Golec-Biernat**)**

Cel główny zadania:

Celem zadania jest poznanie własności oddziaływań silnych i słabych cząstek elementarnych, badanie zgodności przewidywań teoretycznych z danymi doświadczalnymi. W wysokoenergetycznych zderzeniach cząstek oraz jąder atomowych dominują oddziaływania silne opisywane przy pomocy chromodynamiki kwantowej (QCD). Aspekt perturbacyjny tych oddziaływań z kwarkami i gluonami jako podstawowymi kwantami energii jest dość dobrze opanowany teoretycznie. To, co stwarza nietrywialne problemy, to aspekty nieperturbacyjne chromodynamiki. Zadania badawcze lokują się na styku aspektów perturbacyjnych i nieperturbacyjnych, wykorzystując różnorodne techniki jak: relacje dyspersyjne, modelowanie przy pomocy modeli efektywnych QCD, czy resumacje szeregów perturbacyjnych. W podjętych pracach bardzo ważnym aspektem jest konfrontacja otrzymywanych rezultatów z danymi, gdyż w wypracowywanych podejściach wciąż pozostają do wyznaczenia nieznane liczbowo parametry. Można to osiągnąć porównując otrzymane rezultaty z danymi, by następnie przygotować przewidywania dla nowej klasy danych. Pogłębia to praktyczną wiedzę na temat oddziaływań silnych, niezbędną do planowania i przeprowadzania nowych eksperymentów na akceleratorach hadronowych, takich jak FAIR, RHIC, LHC czy planowanym EIC.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie zastosowań modeli hydrodynamicznych do opisu zderzeń jądrowych o średnich i najwyższych energiach na akceleratorach FAIR, RHIC i LHC poprzez opis fluktuacji w modelu hydrodynamiki relatywistycznej z lepkością z uwzględnieniem polaryzacji spinowej materii. Badanie korelacji hadronów w modelach fenomenologicznych (*współpraca z National Institute of Science Education and Research (NISER) (Indie), Université Paris Saclay, CNRS, CEA (Francja)*).
2. Analiza wielokanałowych oddziaływań mezonów w stanach końcowych z rozpadów B i D i z procesów fotoprodukcji, na podstawie nowych wyników eksperymentalnych z ośrodków KEK, LHCb i Jefferson Laboratory (*współpraca z LPNHE Uniwersytetu P. i M. Curie, Paryż; IJCLab, Orsay (Francja)*).
3. Poszukiwania lekkich mezonów egzotycznych na podstawie danych z detektora GlueX w Jefferson Laboratory przy pomocy analizy oddziaływań lekkich mezonów oraz relacji dyspersyjnych z wbudowaną symetrią skrzyżowania w kanałach sprzężonych (*współpraca z Jefferson Laboratory (USA), IJCLab (Francja)*).
4. Analiza teoretyczna procesów wielopartonowych na zderzaczu LHC (*współpraca z Pennsylvania State University (USA)*).
5. Analiza znaczenia efektów pozaeikonalnych dla opisu saturacji partonowej w eksperymentach na akceleratorach EIC i LHC (*współpraca z IJCLab (Francja)*).
6. Badanie nieperturbacyjnej struktury hadronów w powiązaniu z przyszłymi eksperymentami na EIC, Super-KEKB, ILC oraz symulacjami QCD na sieciach (*współpraca z Uniwersytetem w Grenadzie (Hiszpania)*).

Temat 3. BADANIA FAZY SKONDENSOWANEJ MATERII

zadanie 1. Badania strukturalnych i dynamicznych własności materiałów w różnych skalach wielkości i czasu (Mirostaw Gałazka)

Cel główny zadania:

Określenie wpływu oddziaływań blisko- i dalekozasięgowych na zmiany dynamiki molekularnej w różnych fazach termodynamicznych, przechodzonych oraz stanach szklanych. Modelowanie struktury i dynamiki układów z powierzchniami i złączami oraz układów niskowymiarowych. Przeprowadzenie kwantowo-mechanicznych obliczeń własności materiałów i nanomateriałów związanych z konwersją i magazynowaniem energii. Przeprowadzone zostaną badania: objętości swobodnych w polimerach i kompozytach polimerowych, efektu Portvina-Le Chateliera w komercyjnych stopach aluminium oraz głębokościowego rozkładu defektów sieci krystalicznej i ich stabilności termicznej.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie wpływu oddziaływań dalekozasięgowych i lokalnych na zmiany dynamiki wewnętrznej w różnych fazach termodynamicznych, przechodzonych oraz stanach

- szklitych substancji ciekłokrystalicznych. Określenie zmian zachodzących podczas procesu witrifikacji (**Mirosław Gałązka**).
2. Modelowanie struktury i dynamiki układów z powierzchniami i złączami oraz układów niskowymiarowych, w tym ferroelastycznych granic domenowych. Badanie i modelowanie zjawisk związanych z propagacją sygnałów akustycznych (**Piotr Zieliński**).
 3. Kwantowo-mechaniczne obliczenia własności materiałów i nanomateriałów związanych z konwersją i magazynowaniem energii. Obliczenia stabilności, transportu oraz własności strukturalnych w wybranych substancjach (**Zbigniew Łodziana**).
 4. Badania głębokościowego rozkładu defektów sieci krystalicznej w metalach i stopach generowanych różnymi metodami. Wyznaczenie ich stabilności termicznej (**Jerzy Dryzek**).
 5. Porównanie charakterystyk anihilacyjnych w materiałach polimerowych nowych i z recyklingu. Analiza krzywych rozciągania dla stopów aluminium w zależności od parametrów rozciągania w powiązaniu z modelami dynamicznego starzenia odkształceniowego (**Ewa Dryzek**).

zadanie 2. Badanie struktury, własności chemicznych i magnetycznych układów submikronowych i nanomateriałów **(Michał Krupiński)**

Cel główny zadania:

Badanie własności magnetycznych, magnetotransportowych, elektrycznych i optycznych metalicznych oraz tlenkowych materiałów nanostrukturyzowanych: nanodrutów, powłok i cienkich warstw oraz submikronowych cząstek magnetycznych. Cel ten obejmuje określenie wpływu efektów rozmiarowych i modyfikacji struktury w skali nano (m.in. poprzez kontrolowane wprowadzanie defektów) na wyżej wymienione właściwości oraz rozwój niekonwencjonalnych metod mikro- i nanostrukturyzacji. Głównym efektem naukowym przeprowadzonych badań będzie poszerzenie wiedzy na temat własności nanomateriałów i opisanie zjawisk w nich zachodzących z wykorzystaniem metod fizyki teoretycznej i doświadczalnej.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie struktury i własności magnetycznych cienkowarstwowych stopów i układów wielowarstwowych nanostrukturyzowanych metodami fizycznymi, chemicznymi, wiązkami jonowymi i wiązką lasera (*współpraca z Uniwersytetem w Augsburgu (Niemcy), Akademickim Centrum Materiałów i Nanotechnologii AGH (ACMiN), Centrum Helmholtza Drezno-Rossendorf (Niemcy)*) (**Marta Wolny-Marszałek, Michał Krupiński**).
2. Badanie własności strukturalnych, optycznych i magnetycznych nanokompozytowych cząstek magnetycznych otrzymywanych metodą naświetlania laserem impulsowym w zależności od długości fali promieniowania i czasu trwania impulsu (*współpraca z Uniwersytetem Hokkaido (Japonia) i Laboratoire Hubert Curien, CNRS, University of Lyon, Aix-Marseille Universite (Francja)*) (**Żaneta Świątkowska-Warkocka**).

3. Badania własności optycznych, magnetycznych, magnetotransportowych i elektrycznych heterostruktur, opartych na porowatych tlenkach metali przejściowych dla zastosowań w czujnikach i elektronice (**Arkadiusz Zarzycki**).
4. Przeprowadzenie badań zależności własności fizycznych i chemicznych materiałów metalicznych i półprzewodnikowych od rodzaju i dawki implantowanych jonów (*współpraca z Katedrą Elektroniki AGH*) (**Marzena Mitura-Nowak**).
5. Modelowanie analityczne oraz komputerowe, symulacje atomistyczne i mikromagnetyczne nanostrukturizowanych cienkich warstw oraz układów makrospinowych wraz z dynamiką fal spinowych. Badanie własności magnetycznych, struktury domen oraz ruchów ścian domenowych, procesów przemagnesowania, histerezy magnetycznej, wpływu zewnętrznych pól i temperatury na konfiguracje namagnesowania (**Paweł Sobieszczyk**).
6. Badania odporności radiacyjnej materiałów. Modyfikacja własności materiałów poprzez kontrolowane wprowadzenie defektów strukturalnych i nanostrukturizacji. Badanie uszkodzeń strukturalnych generowanych przez wysokoenergetyczne ciężkie jony (kilkaset MeV) oraz jony o energiach od kilkudziesięciu do kilkuset keV. Badanie profili defektów, ich zasięgu oraz rodzaju. Analiza termodynamiki defektów w materiałach (**Paweł Horodek, Krzysztof Siemek**).

zadanie 3. Prace nad poznaniem struktury i dynamiki materii miękkiej, w tym materiałów funkcjonalnych i farmaceutyków, przy pomocy komplementarnych metod doświadczalnych i obliczeniowych (Ewa Juszyńska-Gałązka**)**

Cel główny zadania:

Określenie fizykochemicznych własności nowo zsyntetyzowanych związków molekularnych (ciekłe kryształy i ich mieszaniny, struktury typu core-shell, taktyczność polimerów, etc.). Zbadanie różnic oddziaływań molekularnych typu krótkiego i długiego zasięgu, wynikających z rodzaju form badanych próbek (próbki objętościowe, w formie cienkich warstw, umieszczone w ograniczeniach twardych - nanomatryce i miękkich – włókna polimerowe). Wykazanie korelacji pomiędzy własnościami strukturalnymi i termodynamicznymi, a zmianami dynamiki molekularnej (zarówno wewnętrznej cząsteczek jak i stochastycznej). Określenie wpływu budowy molekularnej na własności substancji materii miękkiej z wykorzystaniem metod wzajemnie uzupełniających się oraz na dostępnych urządzeniach wielkoskalowych przy źródłach neutronowych, wspartych symulacjami i obliczeniami teoretycznymi.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie polimorfizmu (własności termicznych i strukturalnych) substancji organicznych o różnym stopniu uporządkowania (*współpraca z Research Center for Thermal and Entropic Science, Osaka University (Japonia)*). Opis wymiarowości stanu

termodynamicznego, kinetyki procesów: witrifikacji i zimnej krystalizacji (**Aleksandra Deptuch, Ewa Juszyńska-Gałązka**).

2. Badanie zmian dynamiki wibracyjnej i stochastycznej w próbkach objętościowych i w warunkach ograniczenia przestrzennego z wykorzystaniem metod wzajemnie uzupełniających się oraz metod rozpraszania neutronów, wspartych obliczeniami teoretycznymi (**Ewa Juszyńska-Gałązka, Marcin Piwowarczyk**).
3. Badania stabilności fizykochemicznej różnych stanów termodynamicznych wybranych substancji leczniczych pozostających w formie natywnej i otrzymanych w procesie amorfizacji (*współpraca z Wydziałem Farmaceutycznym CMUJ*) (**Natalia Osiecka-Drewniak, Piotr M. Zieliński**).
4. Badanie wpływu ograniczenia przestrzennego (włókna polimerowe, cienkie warstwy, nanopory, nanorurki, etc.) na procesy relaksacyjne oraz kinetykę krystalizacji w układach molekularnych typu ciekłe kryształy, polimery, farmaceutyki w warunkach normalnego i podwyższonego ciśnienia oraz aktywowanych światłem (*współpraca z Université libre de Bruxelles*) (**Anna Drzewicz, Katarzyna Chat**).

zadanie 4. Projektowanie, synteza i charakteryzacja nanocząstek metalicznych do różnych zastosowań (Magdalena Parlińska-Wojtan**)**

Cel główny zadania:

Głównym celem zadania jest zaprojektowanie nanocząstek (NPs) „na miarę”, ich synteza i weryfikacja, czy uzyskane zostały takie cząstki, jak zaplanowane. Nanocząstki metali szlachetnych osadzone na nanocząstkach tlenkowych znajdują zastosowanie w katalizie. Jedną z najbardziej obiecujących kategorii NPs, są puste nanoszkielety, gdyż oferują one zwiększoną powierzchnię aktywną. Wymiana galwaniczna jest najpopularniejszą metodą ich syntezy – aby w pełni ją kontrolować będą prowadzone obserwacje przebiegu reakcji w czasie rzeczywistym, najbardziej zaawansowanymi technikami mikroskopii transmisyjnej w cieczy: elektronową (LC-TEM) i oraz rentgenowską (LC-STXM). Natomiast nanocząstki metali o różnych kształtach będą badane jako radiouczulacze w terapii protonowej różnych rodzajów nowotworów.

Cele szczegółowe zadania:

1. Zastosowanie nanocząstek metali oraz tlenków metali jako materiałów anodowych w ogniwach paliwowych wraz z monitorowaniem produktów pośrednich oraz końcowych reakcji utleniania etanolu (EOR) w czasie rzeczywistym techniką spektroskopii w podczerwieni (**Joanna Depciuch**).
2. Zbadanie mechanizmów reakcji wymiany galwanicznej w pustych nanocząstkach obserwowanych technikami mikroskopii transmisyjnej in-situ w cieczy: elektronową (LC-TEM) i oraz rentgenowską (LC-STXM) (**Magdalena Parlińska-Wojtan, Joanna Depciuch**).
3. Synteza ultramałych nanocząstek metalicznych (np. złota, platyny, palladu, miedzi, srebra), ocena ich cytotoksyczności oraz właściwości radiouczulających względem komórek raka piersi (**Bartosz Klębowski**).

4. Przyżyciowe długoczasowe badania dynamicznych procesów, takich jak absorpcja oraz interakcja nanocząstek o różnych kształtach z komórkami nowotworowymi oraz zdrowymi w mikroskopie Nanolive 3D (**Joanna Depciuch**).
5. Modelowanie mechanizmów zachodzących podczas wymiany galwanicznej w eksperymentach LC-TEM i STXM metodami z pierwszych zasad oraz dynamiki molekularnej (**Wojciech Tomczyk**).

zadanie 5. Badania teoretyczne struktury i dynamiki materiałów krystalicznych oraz nanomateriałów (Przemysław Piekarz**)**

Cel główny zadania:

Celem zadania jest zbadanie własności elektronowych, strukturalnych i dynamicznych kryształów i nanostruktur w oparciu o teorię funkcjonału gęstości oraz modele numeryczne. W ramach zadania rozwijane są metody obliczeniowe pozwalające badać dynamikę sieci i własności termodynamiczne z uwzględnieniem efektów anharmonicznych. Celem zadania jest również opis teoretyczny ultraszybkich procesów i zmian zachodzących w materiałach pod wpływem promieniowania X emitowanego przez laser na swobodnych elektronach (FEL).

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie ultraszybkich procesów i przejść fazowych w materiałach pod wpływem impulsów promieniowania X emitowanego przez laser na swobodnych elektronach (FEL) (**Beata Ziaja-Motyka**).
2. Badanie własności fononowych i termodynamicznych cienkich warstw żelaza o różnej grubości na powierzchni GaAs (**Małgorzata Sternik**).
3. Rozszerzenie opracowanej metody próbkowania przestrzeni konfiguracyjnej (HECSS) przy użyciu algorytmu kształtowania rozkładu prawdopodobieństwa oraz opracowanie metodologii rozszerzania jej możliwości poprzez system dynamicznie ładowanych modułów obliczeniowych (**Paweł Jochym**).
4. Badanie wpływu domieszkowania na widmo fononowe i podstawowe własności termodynamiczne matrycy na bazie obliczeń z pierwszych zasad (**Jan Łażewski**).
5. Badanie dynamiki sieci w związkach bez centrum inwersji (**Andrzej Ptok**).
6. Wyznaczenie widm fononowych i własności termodynamicznych nanomateriałów zawierających metale ziem rzadkich (**Przemysław Piekarz**).
7. Badanie stanów związanych Shibya w obecności porządku ładunkowego (**Andrzej Ptok**).
8. Analiza właściwości dynamicznych pirofosforanu żelaza (**Svitlana Pastukh**).
9. Badanie właściwości dynamicznych oraz elektronowych tiofosforanów zawierających metale przejściowe (**Svitlana Pastukh**).
10. Zbadanie własności termodynamicznych oraz przewodnictwa cieplnego w strukturach dwuwymiarowych grafenu i azotku boru (**Svitlana Pastukh**).

zadanie 6. Opracowanie i fizyczna realizacja podstawowych elementów składowych molekularnej sieci neuronowej (Łukasz Laskowski)

Cel główny zadania:

Celem realizacji zadania badawczego jest opracowanie i wytworzenie prototypu sztucznej sieci neuronowej, działającej w oparciu o molekuly magnetyczne. Planuje się realizację proponowanej struktury w oparciu o magnetyki molekularne typu Mn_{12} , osadzone na monokrystalicznym granacie itrowo-żelazowym, co umożliwi ich kontrolowaną komunikację za pomocą fal spinowych.

Cele szczegółowe zadania:

1. Synteza i badanie własności układów nanometrycznych jednostek magnetycznych (odpowiednik neuronów w sztucznych sieciach neuronalnych) opartych na porowatych matrycach krzemionkowych (**Łukasz Laskowski**).
2. Otrzymywanie nanometrycznych jednostek magnetycznych metodą elektrodepozycji oraz analiza ich własności (**Małgorzata Kąc**).
3. Wytwarzanie i badanie właściwości porowatych podłoży na bazie tlenku glinu do preparatyki nanometrycznych jednostek przetwarzających (**Mateusz Schabikowski**).
4. Symulacyjna i eksperymentalna charakterystyka jednostek przetwarzających w molekularnych sieciach neuronowych oraz opracowanie ważonych połączeń magnetycznych pomiędzy nimi (**Oleksandr Pastukh**).
5. Symulacje oddziaływań magnetycznych pomiędzy uporządkowanymi w płaszczyźnie układami jednostek trwale magnetycznych (**Dominika Kuźma**).
6. Synteza i charakterystyka nanostrukturyzowanych substratów węglowych do depozycji jednostek magnetycznych opartych na magnetykach molekularnych (**Agnieszka Karczmarska**).

zadanie 7. Badania właściwości magnetycznych materiałów molekularnych o różnej wymiarowości (Magdalena Fitta)

Cel główny zadania:

Celem zadania jest poznanie i zrozumienie kluczowych właściwości magnetycznych badanych materiałów. Szczególny nacisk zostanie położony na precyzyjne określenie wartości momentów magnetycznych, które odgrywają fundamentalną rolę w charakterystyce magnetyków molekularnych. Analizie zostaną poddane również magnetyczne przejścia fazowe, zarówno ich mechanizmy, jak i charakterystyki temperaturowe, pozwalając na zrozumienie zmian właściwości magnetycznych w odpowiedzi na różne czynniki zewnętrzne. Dodatkowo, szczegółowe badania energii oddziaływania między momentami magnetycznymi umożliwią lepsze zrozumienie natury tych oddziaływań w kontekście struktury i dynamiki badanych układów. Rezultaty pozwolą nie tylko na rozwój wiedzy teoretycznej, ale także na

identyfikację potencjalnych zastosowań badanych materiałów w nowoczesnych technologiach.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie przejść fazowych, efektu magnetokalorycznego oraz wpływu czynników fizycznych na własności magnetyków molekularnych (**Magdalena Fitta, Dominik Czernia**).
2. Badanie relaksacji i anizotropii magnetycznej w niskowymiarowych magnetykach molekularnych (**Piotr Konieczny**).
3. Badanie korelacji magneto-strukturalnych w magnetycznych materiałach funkcjonalnych (**Naveen Kumar Chogondahalli Muniraju**).
4. Synteza i badanie właściwości fizykochemicznych przełączalnych magnetyków molekularnych oraz bistabilnych materiałów kompozytowych (**Jędrzej Kobylarczyk**).
5. Opracowanie kwantowo-mechanicznych modeli magnetycznych układów molekularnych, uwzględniających ich własności strukturalne, w celu wyznaczenia parametrów oddziaływania i anizotropii (**Robert Pełka**).

Temat 4. BADANIA INTERDYSCYPLINARNE I STOSOWANE

zadanie 1. Interdyscyplinarne aspekty fizyki układów złożonych (Stanisław Drożdż)

Cel główny zadania:

Zasadniczym celem zadania jest rozwój i zastosowanie zaawansowanych metod analizy wielkoskalowej i multifraktalnej do identyfikacji uniwersalnych mechanizmów i charakterystyk złożoności w różnych systemach, takich jak rynki finansowe, dzieła sztuki, teksty języka naturalnego, muzyka, aktywność mózgu oraz układy kwantowe. Badania obejmują dynamikę tych systemów, korelacje i fluktuacje a także opracowanie nowych formalizmów i algorytmów do ich modelowania, ze szczególnym uwzględnieniem wieloskalowości, zjawisk krytycznych, efektów korelacyjnych i przyczynowości.

Cele szczegółowe zadania:

1. Rozwój metodologii analiz wielkoskalowych umożliwiających identyfikację wpływu rozkładu fluktuacji szeregów czasowych na szerokość spektrum multifraktalnego. Zastosowanie tej metodologii do badania szeregów pochodzących z rynków finansowych, muzyki oraz generowanych przez aktywność mózgu człowieka (*współpraca z Wydziałem Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Krakowskiej*).
2. Uogólnienie i optymalizacja algorytmu wielkoskalowych analiz szorstkich struktur multifraktalnych w dwóch wymiarach. Zastosowanie algorytmu do badania złożoności malarskich dzieł sztuki światowej (*współpraca z Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego*).

3. Badanie charakteru długo-zasięgowych korelacji tekstów pisanych w różnych naturalnych językach świata. Badania prowadzone odpowiednio w reprezentacjach szeregów czasowych oraz sieci złożonych (*współpraca z Georgia Institute of Technology, Atlanta (USA)*).
4. Badanie aktywności mózgu poprzez analizę danych z różnych metod neuroobrazowania z wykorzystaniem algorytmów analizy danych i uczenia maszynowego. Analiza uszkodzeń strukturalnych sieci neuronalnych w kontekście chorób neurodegeneracyjnych mózgu (*współpraca z Uniwersytetem Jagiellońskim*).
5. Rozwój formalizmu uogólnionych drzew rozpinających umożliwiającego badanie lokalizacji siły korelacji w funkcji zasięgu amplitudy fluktuacji szeregów czasowych. Odpowiednie efekty będą w szczególności ilustrowane na przykładzie walut cyfrowych (*współpraca z Wydziałem Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Krakowskiej, Dublin City University (Irlandia)*).
6. Modelowanie dynamiki rynków finansowych w ramach modeli oddziałujących agentów. Odpowiedź na pytanie o możliwość opisu empirycznie obserwowanych rozkładów fluktuacji oraz korelacji multifrakalnych.
7. Prowadzenie prac nad wyjaśnieniem pochodzenia wszechobecnego w układach złożonych efektu wzrostu siły korelacji krzyżowych pomiędzy szeregami czasowymi przy zmniejszaniu częstości próbkowania tych szeregów (*współpraca z Wydziałem Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Krakowskiej*).
8. Analiza przyczynowych mechanizmów korelacji w mechanice kwantowej oraz nierozróżnialności cząstek jako zasób splątania kwantowego (*współpraca z City University London (UK), Technische Hochschule Mittelhessen (Giessen, Niemcy), Instytutem Informatyki Teoretycznej i Stosowanej Polskiej Akademii Nauk, Międzynarodowym Centrum Teorii Technologii Kwantowych Uniwersytetu Gdańskiego*).

zadanie 2. Badania oddziaływania promieniowania jądrowego z różnymi ośrodkami (Urszula Wiącek)

Cel główny zadania:

Głównym celem zadania jest rozwój zagadnień związanych z oddziaływaniem promieniowania jądrowego z różnymi ośrodkami materii. Przez zagadnienie to rozumiemy prace związane z rozwojem nowych źródeł neutronowych (DONES, ITER), metod detekcji promieniowania, oraz odpowiedzi detektorów z uwzględnieniem wpływu otoczenia i zaburzających źródeł promieniowania znajdujących się w pobliżu oraz teoretyczną oceną stopnia aktywacji materiałów konstrukcyjnych urządzeń fuzyjnych. W ramach tego zadania będą prowadzone prace obejmujące zadania typowo doświadczalne związane z eksperymentami, projektowaniem inżynierskim, z obliczeniami teoretycznymi, w tym modelowaniem MCNP zarówno pól promieniowania jądrowego generowanych przez źródła plazmowe i neutronowe, jak i odpowiedzi detektorów w założonych warunkach, oraz analizę wynikowej aktywacji.

Cele szczegółowe zadania:

1. Udział w projektowaniu i realizacji akceleratorowego źródła neutronowego IFMIF-DONES (DEMO Oriented Neutron Source) (*współpraca z konsorcjum EUROfusion i DONES Programme Team*) (**Wojciech Królas**).
2. Opracowanie projektu modułu kalibracyjnego i monitorującego STUMM dla IFMIF-DONES, prace eksperymentalne w oparciu o prototyp modułu STUMM (*współpraca z konsorcjami EUROfusion i IFMIF-DONES España*) (**Urszula Wiącek**).
3. Ocena stopnia aktywacji materiałów konstrukcyjnych tokamaka ITER oraz źródła neutronowego DONES – obliczenia, pomiary i analiza wynikowej aktywacji (*współpraca z konsorcjum EUROfusion, ITER Organisation*) (**Anna Wójcik-Gargula**).
4. Modelowanie pól promieniowania jądrowego generowanych przez źródła plazmowe (PF-24, ITER) i neutronowe (ING-14, DONES) oraz odpowiedzi detektorów z uwzględnieniem wpływu otoczenia i innych zaburzających źródeł promieniowania (*współpraca z konsorcjum EUROfusion, ITER Organisation*) (**Urszula Wiącek**).

zadanie 3. Diagnostyka plazmy wysokotemperaturowej (Marek Scholz)

Cel główny zadania:

Badania nad wykorzystaniem detektorów typu GEM, detektorów diamentowych, krzemowych do pomiaru parametrów emisji neutronów i jonów w plazmie termojądrowej w układach diagnostycznych innych urządzeń fuzyjnych. Rozwój i opracowanie metod obrazowania rentgenowskiego plazmy, metod diagnostyki rentgenowskiej oraz neutronowej do badania plazmy i transportu zanieczyszczeń w rdzeniu plazmy w urządzeniach fuzyjnych. Rozwój badań z zakresu fizyki plazmy i zjawisk towarzyszących szybkim impulsom generowanym w urządzeniu typu Plasma-Focus wraz z obrazowaniem ogniska plazmowego i jego ewolucji w czasie.

Cele szczegółowe zadania:

1. Wykorzystanie detektorów typu GEM oraz detektorów diamentowych do pomiaru parametrów emisji neutronów i jonów w plazmie termojądrowej (*współpraca z konsorcjum EUROfusion, ITER Organisation*) (**Marek Scholz**).
2. Badanie zjawisk fizycznych towarzyszących szybkim impulsom plazmowym generowanym w układzie Plasma-Focus PF-24 (**Agnieszka Kulińska**).
3. Opracowanie metod obrazowania rentgenowskiego plazmy w urządzeniach fuzyjnych w celu badania transportu zanieczyszczeń w rdzeniu plazmy (*współpraca z CEA Cadarache (Francja), konsorcjum EUROfusion*) (**Axel Jardin**).
4. Opracowanie metod diagnostyki rentgenowskiej oraz neutronowej do badania plazmy w urządzeniach fuzyjnych (tokamak WEST, COMPASS-U) (*współpraca z CEA Cadarache (Francja), Instytutem Fizyki Plazmy, Praga (Czechy)*) (**Jakub Bielecki**).

5. Spektrometria neutronowa o wysokiej rozdzielczości energetycznej w celu określania parametrów plazmy termojądrowej pod kątem programu ITER (*współpraca z ITER Organisation*) (Marek Scholz, Jan Dankowski).
6. Badanie metodami obliczeniowymi procesów oddziaływania prędkich elektronów z jonami plazmy termojądrowej (Jakub Bielecki).

zadanie 4. Obrazowanie i zlokalizowana spektroskopia magnetycznego rezonansu w badaniach biomedycznych i materiałowych (Władysław Węglarz)

Cel główny zadania:

Rozwój oraz zastosowanie metod obrazowania i spektroskopii zlokalizowanej magnetycznego rezonansu (MRI/MRS) do badań biomedycznych *in vivo* i *ex vivo* z wykorzystaniem modeli zwierzęcych chorób oraz do badań materiałowych w zakresie poszukiwania nowych środków kontrastowych i teranostycznych. Celem badań jest scharakteryzowanie modeli zwierzęcych chorób, przetestowanie działania środków terapeutycznych zapobiegających rozwojowi tych chorób, a także wspomagających ich diagnostykę.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie struktury i procesów fizjologicznych tkanek i narządów małych zwierząt doświadczalnych w stanach normalnych lub patologicznych, w warunkach *in vivo* i *ex vivo*, metodami MRI/MRS. Celem będzie scharakteryzowanie szurzego modelu udaru mózgu, indukowanego dietą matki mysiego modelu spektrum autyzmu u potomstwa, a także modeli mysich nowotworów mózgu i prostaty, oraz poszukiwanie nowych środków terapeutycznych w tych schorzeniach (*współpraca z University of Victoria, University of Calgary (Kanada), Katedrą Farmakologii CMUJ, Katedrą Patofizjologii Instytutem Zoologii i Badań Biomedycznych UJ, Instytutem Farmakologii PAN, Centrum Rozwoju Terapii Chorób Cywilizacyjnych i Związanych z Wiekiem CMUJ*) (Krzysztof Jasiński, Barbara Błasiak).
2. Zastosowanie obrazowania i spektroskopii MR do badań własności teranostycznych nośników leków, nowoczesnych środków kontrastowych i materiałów porowatych do ulepszonej diagnostyki i terapii udarów mózgu oraz nowotworów mózgu i prostaty (*współpraca z University of Victoria, University of Calgary (Kanada), Uniwersytetem Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, Katedrą Farmacji CMUJ, IKiFP PAN, Wydziałem Chemii UJ, Akademią Górniczo-Hutniczą*) (Krzysztof Jasiński, Barbara Błasiak).
3. Rozwój metod i oprzyrządowania do obrazowania i spektroskopii zlokalizowanej MR, w tym dedykowanych cewek RF na jądra ^{19}F , ^2H , ^3He , ^{129}Xe i innych (*współpraca z University of Toronto (Kanada), Instytutem Fizyki UJ, Akademią Górniczo-Hutniczą*) (Krzysztof Jasiński, Wojciech Rutkowski).

zadanie 5. Badanie struktury elektronowej materii metodami spektroskopii oraz mikroskopii rentgenowskiej (Joanna Czapla-Masztafiak)

Cel główny zadania:

Rozwój oraz wdrażanie w dziedzinach fizyki, chemii, biologii i inżynierii materiałowej metod opartych na promieniowaniu rentgenowskim, takich jak rentgenowska spektroskopia absorpcyjna i emisyjna, rentgenowska spektroskopia fluorescencyjna oraz mikrotomografia rentgenowska, z wykorzystaniem źródeł laboratoryjnych, synchrotronowych oraz laserów na swobodnych elektronach.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie zmian zachodzących w układach biologicznych na poziomie komórkowym i molekularnym z wykorzystaniem technik synchrotronowych, laserów na swobodnych elektronach oraz laboratoryjnych źródeł promieniowania rentgenowskiego. Rozwój układów spektroskopii emisyjnej i absorpcyjnej z wykorzystaniem laboratoryjnych źródeł promieniowania rentgenowskiego. Określenie roli metali i ich wpływu na procesy zachodzące w układach biologicznych. Zastosowanie spektroskopii XAS i XES z wykorzystaniem laboratoryjnego układu spektroskopowego (*współpraca: Wigner Research Institute, Budapest (Węgry), Paul Scherrer Institute, Villigen (Szwajcaria), Uppsala University (Szwecja); Paderborn University (Niemcy), Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*) **(Joanna Czapla-Masztafiak, Wojciech M. Kwiatek)**.
2. Badanie zmian struktury elektronowej atomów w nanomateriałach i układach hybrydowych oraz w procesach chemicznych układów nieuporządkowanych z wykorzystaniem metod spektroskopii rentgenowskiej. Zastosowanie metod synchrotronowych do badania procesów chemicznych w czasie rzeczywistym. Określenie dynamiki elektronowej atomów w układach chemicznych z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego w eksperymentach typu in-situ oraz czasowo-rozdzielczych (*współpraca: Extreme Light Infrastructure, Prague (Czechy), Paul Scherrer Institute, Villigen (Szwajcaria), SACLA Facility (Japonia), European XFEL, Hamburg (Niemcy), Linac Coherent Light Source (USA), Newcastle University (UK)*) **(Gabriela Imbir, Rafał Fanselow)**.
3. Badanie nieliniowych oddziaływań promieniowania rentgenowskiego z materią oraz procesów wielokrotnej jonizacji atomów z wykorzystaniem impulsów lasera rentgenowskiego. Rozwój metod oraz układów pomiarowych do diagnostyki femtosekundowych impulsów rentgenowskich (*współpraca: SwissFEL, Villigen, (Szwajcaria), SACLA Facility (Japonia), European XFEL, Hamburg (Niemcy), Linac Coherent Light Source (USA), Newcastle University (UK)*) **(Wojciech Błachucki)**.
4. Obrazowanie mikrostruktur w układach złożonych za pomocą mikrotomografii komputerowej oraz metodami mikroskopii rentgenowskiej i metodą XRF. Rozwój laboratoryjnych metod tomografii komputerowej i XRF. Określenie składu pierwiastkowego i fazowego układów biologicznych, środowiskowych i materiałowych.

Wykonanie obrazów przestrzennych materiałów biomedycznych i środowiskowych technikami tomografii z uwzględnieniem kontrastu fazowego oraz mikro-spektroskopii rentgenowskiej (*współpraca: Collegium Medicum UJ; Instytut Nauk Geologicznych UJ; Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH; Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH; Wydział Matematyczno-Przyrodniczy Uniwersytetu Rzeszowskiego*) (**Artem Yakovliev**).

zadanie 6. Multimodalne obrazowanie spektroskopowe układów złożonych wspomagane badaniami biomolekularnymi (Katarzyna Pogoda)

Cel główny zadania:

Rozwój nowoczesnych metod spektroskopowych wspieranych obrazowaniem mikroskopowym i metodami biologii molekularnej, który pozwoli na zwiększenie czułości detekcji zmian biomolekularnych w układach żywych. W szczególności poszukiwanie markerów spektroskopowych zmian biochemicznych zachodzących podczas procesów nowotworzenia oraz w rozwoju chorób cywilizacyjnych, takich jak otyłość. Charakterystyka spektralna aktywnych sond biomolekularnych oraz opracowanie protokołów ich implementacji w badaniach układów komórkowych. Ponadto, funkcjonalizacja nanoosłonek metali w celu optymalizacji ich wychwytu przez komórki i analiza spektroskopowa mechanizmów wiązania układów nanocząstka-powierzchniowy czynnik modyfikujący.

Cele szczegółowe zadania:

1. Eksploracja zmienności środowiskowej i zmian patologicznych układów biologicznych z wykorzystaniem metod spektroskopii oscylacyjnej (*współpraca z Collegium Medicum UJ*) (**Wojciech Kwiatek**).
2. Badanie substancji o działaniu adaptogennym jako potencjalnych terapeutyków wspomagających leczenie nowotworów (*współpraca z Universidad De Málaga (Hiszpania)*) (**Ewa Pięta**).
3. Analiza oddziaływania związków biologicznie aktywnych z powierzchnią nanocząstek metali przy użyciu metod spektroskopowych (*współpraca z Université Paris-Saclay Orsay (Francja), Instytutem Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN, Wydziałem Odlewnictwa AGH*) (**Natalia Piergies**).
4. Monitorowanie skuteczności terapeutycznej potencjalnych leków wspomagających terapię guzów obwodowego układu nerwowego (PNS) (*współpraca z University of Valencia (Hiszpania)*) (**Karolina Chrabąszcz**).
5. Charakterystyka reologiczna i spektroskopowa układów biologicznych wykazujących oporność wielolekową (*współpraca z University of Pennsylvania (USA), Uniwersytetem Medycznym w Białymstoku*) (**Katarzyna Pogoda**).
6. Analiza fizykochemiczna procesów metabolicznych zmienionych na skutek działania czynników genetycznych i środowiskowych (**Zuzanna Bednarczyk**).

7. Badania cyto- i genotoksyczności nanocząstek i biomateriałów o potencjale aplikacyjnym w medycynie (**Agnieszka Panek**).

zadanie 7. Radiochemiczne i instrumentalne metody analizy i syntezy sztucznych pierwiastków promieniotwórczych w zastosowaniu do radioekologii, geochemii izotopowej i radiofarmaceutyków (Jerzy W. Mietelski**)**

Cel główny zadania:

Celem zadania jest rozwój metod detekcji śladowych i ultraśladowych stężeń różnorodnych radionuklidów w środowisku i w materiałach. Badania takie wymagają stosowania i rozwijania metod zatężania radionuklidów i ich radiochemicznego wydzielenia, jak również obniżania tła pomiarowego spektrometrów alfa, beta i gamma wykorzystanych w tych pracach

Cele szczegółowe zadania:

1. Rozwój metodyki badań skażeń promieniotwórczych środowiska:
 - a. Doskonalenie metod wydzielenia pierwiastków promieniotwórczych i preparatyki źródeł dla potrzeb monitoringu emiterów alfa i beta w środowisku naturalnym, w tym prace nad metodyką oznaczania trytu (**Sylwia Błazej**).
 - b. Rozwój metod poszukiwania substancji radioaktywnych wytwarzanych naturalnie na Ziemi w reakcjach jądrowych z wykorzystaniem spektrometrii jądrowej lub mas (**Jerzy W. Mietelski**).
 - c. Wykorzystanie pomiarów spektrometrycznych stężeń emiterów alfa, beta i gamma w badaniach środowiska i w badaniach czystości radiologicznej próbek materiałowych (**Jerzy W. Mietelski, Sylwia Błazej**).
 - d. Rozwój niskotłowej spektrometrii promieniowania gamma (**Jerzy W. Mietelski, Renata Kierepko**).
 - e. Rozwój metodyki pomiaru radioaktywnych gazów szlachetnych w atmosferze (**Jerzy W. Mietelski**).
2. Modernizacja (I etap) Spektrometru Całego Ciała (SCC) i identyfikacja izotopów emitujących promieniowanie gamma w organizmach ludzkich przy użyciu SCC (**Renata Kierepko**).
3. Opracowanie metod wydzielenia radionuklidów z aktywowanych tarcz (**Arshiya A. Ahmed, Tomasz Mróz**).
4. Opracowanie metod wytwarzania powłok kompozytowych do detekcji i usuwania skażeń środowiska metalami ciężkimi i pierwiastkami promieniotwórczymi. (**Magdalena Laskowska**).

zadanie 8. Pierwiastki promieniotwórcze i metale ciężkie w środowisku oraz w organizmie człowieka (Edyta Łokas)

Cel główny zadania:

Badania zmian zachodzących w różnych elementach środowiska (lodowce, torfy, mchy, gleby, filtry powietrza) mające na celu określenie stopnia zanieczyszczenia izotopami sztucznymi, naturalnymi, metalami ciężkimi, wykorzystujące ultraczułą spektrometrię mas. Rozwój metod diagnostycznych w próbkach biologicznych, takich jak włosy i krew, w celu obserwacji zmian stężeń pierwiastków śladowych w chorobach neurodegeneracyjnych, wykorzystujące ultraczułą spektrometrię mas.

Cele szczegółowe zadania:

1. Pomiary stężeń izotopów promieniotwórczych w próbkach środowiskowych z lodowców wysokogórskich, w celu określenia wielkości oraz źródeł skażeń promieniotwórczych. Określenie stopnia zanieczyszczenia izotopami sztucznymi (^{137}Cs , $^{238,239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am) i naturalnymi (^{210}Pb) m.in. kriokonitów, torfów, kulek mszaków z lodowca oraz wskazanie źródeł zanieczyszczenia tymi radionuklidami poprzez wyznaczenie wartości stosunków izotopowych $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$, $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$, $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ oraz $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$. **(Katarzyna Kołtonik, Dariusz Sala)**.
2. Badania dynamiki zmian antropogenicznych izotopów promieniotwórczych ($^{238,239,240}\text{Pu}$ i ^{241}Am) i ich stosunków masowych w filtrach powietrza ze Spitsbergenu **(Anna Cwanek, Edyta Łokas)**.
3. Badanie zmian w procesach metabolicznych u pacjentów poddanych zabiegowi bariatrycznemu (resekcji żołądka). Oznaczenie składu pierwiastkowego (S, Fe, Zn, Cu i Se) we krwi i włosach pacjentów poddawanych operacji bariatrycznej oraz analiza jego zmian spowodowanych zabiegiem (*współpraca z CMUJ*) **(Kamil Brudecki)**.
4. Poszukiwanie markerów wczesnego etapu rozwoju chorób neurodegeneracyjnych (Alzheimer, Parkinson) w oparciu o wartości stosunków izotopowych pierwiastków śladowych. Zbadanie składu izotopowego metali we krwi oraz we włosach pacjentów z rozpoznaną chorobą i u osób zdrowych oraz poszukiwanie specyficznych zmian w składzie izotopowym (*współpraca z CMUJ*) **(Kamil Brudecki)**.
5. Rozwój nowych metod badań skażeń promieniotwórczych środowiska z wykorzystaniem spektrometru masowego **(Anna Cwanek, Edyta Łokas)**.

zadanie 9. Izotopy promieniotwórcze w fizyce środowiska i ochronie radiologicznej (Krzysztof Kozak)

Cel główny zadania:

Głównym celem zadania jest badanie izotopów promieniotwórczych występujących w środowisku. Badania koncentrują się, szczególnie w sytuacji braku zagrożenia radiacyjnego, przede wszystkim na izotopach naturalnych z szeregów promieniotwórczych U-238, Th-232,

a w szczególności na izotopach radonu (Rn-222 i Rn-220). Badanie występowania i poziomów stężeń naturalnych i sztucznych radionuklidów w różnych komponentach środowiska poszerza wiedzę w zakresie procesów środowiskowych oraz wpływu na sytuację radiologiczną populacji. Sztuczne radionuklidy nabierają znaczenia w przypadku wystąpienia zagrożenia radiacyjnego.

Od 2019 roku znowelizowana ustawa *Prawo atomowe* uwzględnia obecność radonu (Rn-222) w pomieszczeniach jako czynnik narażenia na promieniowanie jonizujące, a zatem pomiary stężeń radonu są bardzo istotne dla społeczeństwa w kontekście ochrony radiologicznej.

Cele szczegółowe zadania:

1. Pomiary stężeń izotopów promieniotwórczych (m.in. Rn-222 i Rn-220), mocy dawek promieniowania gamma w środowisku oraz izotopów aktywacyjnych (*współpraca z: CLOR, AGH, GIG, PK, Polskie Centrum Radonowe - Sieć Naukowa, Dowództwo 2 Korpusu Polskiego -Dowództwo Komponentu Lądowego, Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii oraz Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS - UJ*).
2. Prace nad aktualizacją i uzupełnieniem krajowego planu działania w zakresie narażenia na radon (*współpraca z Głównym Inspektoratem Sanitarnym i Ministerstwem Zdrowia*).
3. Badanie współczynnika dyfuzji radonu przez typowe materiały izolacyjne stosowane w budownictwie (*współpraca z AGH*).
4. Kontynuacja prac koncepcyjnych i pomiarowych w celu utworzenia niskotłowego laboratorium podziemnego w Polsce.

zadanie 10. Dozymetria luminescencyjna w pomiarach promieniowania jonizującego (Paweł Bilski)

Cel główny zadania:

Opracowanie i rozwój metod dozymetrycznych w oparciu o detektory luminescencyjne do pomiaru dawek promieniowania jonizującego. Prowadzone pomiary dawek indywidualnych i środowiskowych w ramach działalności Laboratorium Dozymetrii Indywidualnej i Środowiskowej (LADIS) przyczyniają się do powstania szerokiej bazy do analizy narażenia osób pracujących w polu promieniowania jonizującego, zarówno w medycynie, jak i w przemyśle. Uzyskane wyniki pomiarów mogą służyć do dalszej optymalizacji ochrony radiologicznej pracowników.

Cele szczegółowe zadania:

1. Prace i badania zmierzające do wytworzenia nowych materiałów luminescencyjnych oraz badanie ich właściwości dozymetrycznych (**Paweł Bilski**).
2. Kontynuacja pomiarów dawek promieniowania w kosmosie oraz wokół urządzeń fuzji jądrowej (**Paweł Bilski, Mariusz Kłosowski**).
3. Badania nad rozwojem metody fluorescencyjnej detekcji śladów cząstek jądrowych przy pomocy kryształów LiF (**Paweł Bilski**).

4. Rozwój technik dozymetrii dwuwymiarowej OSL oraz badania nad luminescencyjnymi metodami dozymetrii awaryjnej (**Michał Sądel, Anna Mrozik**).
5. Rozwój metod pomiarowych w termoluminescencyjnej dozymetrii indywidualnej, środowiskowej oraz ochronie radiologicznej pacjenta (**Izabela Milcewicz-Mika**).
6. Rozwój badań związanych z możliwością powtórnego odczytu za pomocą wysokoczułych detektorów termoluminescencyjnych typu MCP (LiF: Mg, C, P) (**Izabela Milcewicz-Mika**).
7. Badania nad wpływem zastosowania nowych jednostek dozymetrycznych zaproponowanych przez International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) na wyniki pomiaru dawek indywidualnych na całe ciało przy zastosowaniu rutynowych dawkomierzy typu DI-02 (**Izabela Milcewicz-Mika**).

zadanie 11. Wykorzystanie wiązek protonowych do badań w dziedzinie fizyki materiałowej, radiochemii, radiobiologii i fizyki medycznej (Paweł Olko**)**

Cel główny zadania:

Badania poznawcze i aplikacyjne w obszarze fizyki, chemii, biologii i fizyki medycznej na unikatowych w Polsce wiązkach protonów. Wiązki protonowe wykorzystywane będą do prac związanych z badaniem nowych materiałów luminescencyjnych i opracowywaniem detektorów na potrzeby zastosowań w radioterapii i w misjach kosmicznych. Aktywacje prowadzone na wiązkach protonowych posłużą do opracowania nowych metod radiochemicznego wydzielenia izotopów. Kontynuowane będą prace nad rozwojem i optymalizacją metod napromieniania próbek biologicznych (w tym wiązek o wysokiej intensywności dla radioterapii FLASH), układów elektronicznych i materiałowych i rozwojem metod dozymetrii wykorzystywanych w tego typu napromienieniach. Wiązki protonowe wykorzystywane będą również w testach odporności elektroniki i materiałów na promieniowanie. Kontynuowane będą prace nad rozwojem modeli radiobiologicznych i modeli transportu wiązek protonowych i jonowych na potrzeby interpretacji wyników eksperymentów radiobiologicznych i dla radioterapii.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie materiałów luminescencyjnych z wykorzystaniem wiązki protonowej dla dozymetrii promieniowania kosmicznego i radioterapii protonowej (**Paweł Bilski**).
2. Opracowanie metod otrzymywania i wydzielenia radionuklidów z wykorzystaniem cyklotronu AIC-144 (**Arshiya A. Ahmed**).
3. Rozwój metod radioterapii protonowej oraz napromieniania materiałów biologicznych, systemów elektronicznych i próbek materiałowych na wiązce protonowej (**Jan Swakoń**).
4. Opracowanie modeli radiobiologicznych RBE i modeli transportu wiązek protonowych i węglowych, mających zastosowanie w interpretacji eksperymentów radiobiologicznych oraz dla rozwoju systemów planowania leczenia w radioterapii (**Leszek Grzanka**).

zadanie 12. Wieloparametryczne obrazowanie i badanie właściwości biofizycznych układów biologicznych w mikro- i makroskali (Małgorzata Lekka)

Cel główny zadania:

Zmiany właściwości biofizycznych (lepkość czy adhezja) komórek lub tkanek, mierzone ilościowo za pomocą mikroskopii sił atomowych (AFM), reometru czy układów mikrofluidycznych, są związane z takimi chorobami, jak nowotwory czy stan zapalny związany z wiekiem (tzw. *inflammaging*) lub są wynikiem stosowanych terapii (tj. wielolekowości czy lekooporności). Łączenie badań właściwości biofizycznych z superrozdzielczym obrazowaniem pozwala identyfikować zmiany chorobowe oraz oceniać skuteczność stosowanych terapii w makro-, mikro- i nanoskali. Korelacja ich ze zmianami na poziomie molekularnym i komórkowym umożliwia wieloparametryczną analizę pozwalającą na pełniejsze zrozumienie mechanizmów prowadzących do zmian chorobowych. Wykorzystanie sztucznej inteligencji usprawnia analizę danych, wspierając rozpowszechnienie wieloparametrycznego podejścia do obrazowania w teranostyce medycznej.

Cele szczegółowe zadania:

1. Badanie roli cytoszkieletu oraz mikrośrodowiska komórek śródbłonna zatok wątroby (LSEC) w regulacji liczby fenestracji oraz elastyczności tych komórek (*współpraca z Uniwersytetem Jagiellońskim*) **(Bartłomiej Zapotoczny)**.
2. Mikroskopia superrozdzielcza w ocenie zmian morfomechanicznych i wpływu wielolekowości na komórki śródbłonna w nanoskali (*współpraca z Uniwersytetem w Tromsø (Norwegia)*) **(Bartłomiej Zapotoczny)**.
3. Wieloskalowa reologia (mikro-reo-AFM, reometr i mikrofluidyka) i nanomechanika narzędziem wspomagającym diagnostykę (*współpraca z Uniwersytetem w Grenoble (Francja)*) **(Joanna Zemła)**.
4. Biomechaniczne zróżnicowanie komórek w ocenie zmian patologicznych oraz w ocenie efektywności stosowanych terapii (*współpraca z Instytutem Farmakologii PAN, Katedrą Biochemii Lekarskiej CMUJ, Uniwersytetem w Bremie (Niemcy), Uniwersytetem w Mediolanie (Włochy), Uniwersytetem w Tromsø (Norwegia)*) **(Joanna Zemła, Bartłomiej Zapotoczny)**.
5. Wpływ właściwości mechanicznych środowiska na zmiany strukturalne sferoid komórek nowotworowych w zrozumieniu migracji komórek czy powstawania lekooporności, itp. (*współpraca z Katedrą Biochemii Lekarskiej CMUJ*) **(Małgorzata Lekka)**.
6. Zastosowanie sztucznej inteligencji do analizy danych z mikroskopii sił atomowych w ocenie zmian chorobowych (*współpraca z Institute for Bioengineering of Catalonia (Hiszpania) oraz Uniwersytetem w Ulster (UK)*) **(Małgorzata Lekka, Joanna Zemła)**.

zadanie 13. Badania translacyjne w dziedzinie fizyki medycznej na potrzeby rozwoju radioterapii protonowej (Renata Kopeć)

Cel główny zadania:

Celem zadania są interdyscyplinarne badania aplikacyjne i translacyjne w dziedzinie fizyki medycznej obejmujące prace eksperymentalne i obliczeniowe w celu rozwoju radioterapii protonowej. Badania obejmują rozwój nowych metod planowania leczenia i dozymetrii w celu ulepszenia obecnie stosowanych i opracowania nowych protokołów leczenia pacjentów.

Cele szczegółowe zadania:

1. Wykorzystanie metod dozymetrii względnej i absolutnej dla potrzeb radioterapii protonowej pacjentów (**Dawid Krzempek**).
2. Rozwój metod pomiarowych oraz prowadzenie radioterapii protonowej nowotworów oka (**Tomasz Horwacik**).
3. Opracowanie nowych metod pomiaru dawki oraz parametrów wiązek protonowych z zastosowaniem detektorów wolnych rodników (alaninowych) (**Barbara Michalec**).
4. Zastosowanie metod obliczeniowych Monte Carlo w celu kontroli jakości planów radioterapii protonowej pacjentów (**Jan Gajewski, Dawid Krzempek**).
5. Opracowanie metod optymalizacji protonowych planów terapeutycznych z wykorzystaniem modeli zmiennego RBE oraz metod pomiarowych i obliczeniowych do charakterystyki mieszanych pól promieniowania produkowanych przez terapeutyczne wiązki protonowe, uwzględniających jakość promieniowania (LET) (**Jan Gajewski**).
6. Rozwój i zastosowanie nowych metod pomiarowych i obliczeniowych do monitorowania zasięgu wiązki protonowej (detektor PET, metody MC) oraz nanodozymetrii do planowania leczenia (**Antoni Ruciński**).
7. Wykorzystanie wiązki protonowej do rozwoju metod planowania leczenia, w tym leczenia ruchomych organów w radioterapii nowotworów zlokalizowanych poza narządem wzroku (**Renata Kopeć, Agnieszka Wochnik**).
8. Badania skuteczności biologicznej oraz wpływu genotypu na odpowiedź komórkową po zastosowaniu różnych schematów terapeutycznych, w tym szczególnie opartych o radioterapię protonową (*współpraca z National Cancer Institute, National Institutes of Health, Bethesda (USA), Central South University (Chiny), Katedrą Epidemiologii i Medycyny Zapobiegawczej, Collegium Medicum UJ; Zakładem Genetyki Medycznej, Uniwersyteckiego Szpitala Dziecięcego w Krakowie*) (**Justyna Miszczyk**).

Temat 5. PRACE APARATUROWE I METODYCZNE ORAZ BADANIA APARATUROWE STOSOWANE

zadanie 1. Budowa detektorów i infrastruktury badawczej dla eksperymentów z fizyki i nauk pokrewnych (Jacek Świerblewski)

Cel główny zadania:

Udział w budowie infrastruktury i aparatury umożliwiającej prowadzenie badań naukowych w zakresie fizyki i nauk pokrewnych. Nowa infrastruktura, aparatura naukowo-badawcza, a także modernizacja już istniejących obiektów, umożliwiają prowadzenie badań naukowych w rozszerzonych zakresach, stwarzając warunki dla nowych odkryć oraz pogłębienia aktualnej wiedzy. Wykonanie planowanych prac umożliwi stały wzrost wiedzy, kompetencji i doświadczenia dużego zespołu naukowo-inżynieryjno-technicznego.

Cele szczegółowe zadania:

1. Udział w budowie European Spallation Source (ESS), Lund, Szwecja, w ramach polskiego wkładu rzeczowego (**Dariusz Bocian, Jacek Świerblewski**).
2. Realizacja prac na rzecz grupy Electrical Quality Assurance (ELQA) polegających na przygotowaniu aparatury pomiarowej do następnej przerwy technicznej (LS) akceleratora LHC, CERN, Genewa (**Jaromir Ludwin**).
3. Udział w pracach projektowo-prototypowych radialnego spektrometru neutronowego Radial Neutron Camera (RNC) dla tokamaka International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), prowadzonych w ośrodku ENEA we Frascati, Włochy (**Dariusz Bocian, Jacek Świerblewski**).
4. Przygotowanie i rozpoczęcie udziału w budowie Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR), Darmstadt, Niemcy (**Dariusz Bocian, Jacek Świerblewski**).
5. Modernizacja infrastruktury cieczy kriogenicznych w IFJ PAN (**Jacek Świerblewski, Waldemar Maciocha**).
6. Projekt i budowa prototypu komory laminarnej z funkcją dygestorium, IFJ PAN (**Jacek Świerblewski**).
7. Udział w projekcie i budowie detektora FoCal-E, CERN, Szwajcaria (**Jacek Świerblewski**).
8. Udział w realizacji układu chłodzenia dla detektora ATLAS (**Jacek Świerblewski**).
9. Nadzorowanie i utrzymanie w ruchu lokalnej infrastruktury badawczej do charakteryzacji nadprzewodników (**Jacek Świerblewski, Waldemar Maciocha**).

zadanie 2. Modernizacja i eksploatacja cyklotronu AIC-144 dla potrzeb badań z obszaru radiochemii, fizyki, biologii i inżynierii materiałowej (Jacek Sulikowski)

Cel główny zadania:

Utrzymanie w ruchu i modernizacja cyklotronu AIC-144, generującego stabilną wiązkę protonów o energii 60 MeV (energia, emitancja, stabilność, wielkość prądu wiązki, niezawodność) dla potrzeb ekspozycji naukowych. Modernizacja stanowiska w hali eksperymentalnej nr 1 do wykorzystania wiązki protonów 60 MeV dla celów eksperymentów naukowych.

Cele szczegółowe zadania:

1. Kontrola stabilności pola magnetycznego dla utrzymania wartości maksymalnej energii oraz natężenia i stabilności prądu wiązki protonów (**Paweł Bogdali**).
2. Kontrola stabilności systemu wysokiej częstotliwości dla utrzymania wartości maksymalnej energii oraz natężenia i stabilności prądu wiązki protonów (**Robert Cieślik**).
3. Rozwój systemu diagnostyki i monitoringu wiązki (**Marek Ruszel**).
4. Optymalizacja transportu i stabilności wiązek na stanowisku badawczym (**Artur Sroka**).
5. Modernizacja stanowiska w hali eksperymentalnej wraz z oprzyrządowaniem pomiarowym wiązki do napromieniania materiałów biologicznych, systemów elektronicznych i próbek materiałowych na wiązce protonowej (**Jan Swakoń, Jacek Sulikowski**):
 - a. Rozbudowa układu kolimacji wiązki oraz układu formowania wiązki na stanowisku napromieniania.
 - b. Rozwój zestawu folii i płytek rozpraszających dla poszerzenia zakresu dostępnych energii wiązki do przedziału od 10 MeV do 60 MeV niezbędnego w napromienianiu elektroniki i materiałów.
 - c. Wykonanie nowych uchwytów na folie rozpraszające i elementy formujące poszerzony pik Bragga dla napromieniania metodą FLASH.

zadanie 3. Rozwój sieci lokalnej LAN oraz współpraca z akademicką siecią MAN (Zbigniew Natkaniec)

Cel główny zadania:

Celem głównym zadania jest kompleksowy rozwój i optymalizacja lokalnej sieci komputerowej LAN w IFJ PAN, z jednoczesnym zapewnieniem jej ścisłej współpracy z akademicką siecią MAN. Zadanie obejmuje utrzymanie, rozbudowę oraz modernizację zarówno przewodowej, jak i bezprzewodowej infrastruktury informatycznej, rozbudowę systemów szybkiej transmisji danych, a także zapewnienie bezpieczeństwa, integralności sieci oraz efektywnego monitorowania jej pracy. Ponadto, celem jest także wdrożenie rozwiązań umożliwiających

skuteczną autentykację użytkowników, co zapewni stabilność oraz bezpieczne funkcjonowanie sieci.

Cele szczegółowe zadania:

1. Utrzymanie w ruchu oraz rozbudowa przewodowej i bezprzewodowej infrastruktury informatycznej IFJ PAN.
2. Rozbudowa sieci szybkiej transmisji danych oraz utrzymanie systemów operacyjnych w klastrach serwerów i stacjach roboczych w IFJ PAN.
3. Zapewnienie bezpieczeństwa i integralności sieci komputerowej.
4. Rozbudowa systemu monitorowania ruchu oraz autentykacji użytkowników w sieci LAN.

zadanie 4. Wykorzystanie technologii obliczeń w chmurze w badaniach naukowych i gospodarce (akronim CC1) (Mariusz Witek)

Cel główny zadania:

Utrzymanie infrastruktury informatycznej chmury obliczeniowej CC1. Celem zadania jest zapewnienie pełnej funkcjonalności chmury obliczeniowej IFJ PAN, powstałej w wyniku realizacji projektu POIG 02.03.03-00-033/09-04.

Cele szczegółowe zadania:

1. Obsługa i uaktualnianie systemu elastycznych obliczeń, obsługa użytkowników oraz serwisowanie sprzętu komputerowego.

zadanie 5. Badania naukowe i prace rozwojowe w dziedzinie nadprzewodnictwa stosowanego (Dariusz Bocian)

Cel główny zadania:

Celem zadania są badania nadprzewodników i ich zastosowań, w szczególności obejmujące analizy elektromagnetyczne, analizy mechaniczne oraz analizy ciepłno-przepływowe przewodów, kabli oraz cewek nadprzewodnikowych dla przyszłych akceleratorów cząstek oraz przyszłych urządzeń dla fuzji termojądrowej (w ramach współpracy z CERN (Szwajcaria), CEA Cadarache (Francja) i EPFL-SPC PSI Villigen (Szwajcaria)).

Cele szczegółowe zadania:

1. Charakterystyka przewodów nadprzewodnikowych dla akceleratorów cząstek (Dariusz Bocian).
2. Analizy magnesów nadprzewodnikowych projektowanych dla tokamaka DEMO (Monika Lewandowska, Rafał Ortwein).