



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. директора ІПФ НАН України

д.ф.-м.н., с.д. Лебедь О.А.

(М.П.)

07 » вересня 2024 р.

ВИСНОВОК

Інституту прикладної фізики Національної академії наук України
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
Овчаренка Артура Юрійовича
на тему «Виявлення змін оптичних властивостей та структурних неоднорідностей
матеріалів методами рентгенівського фазового контрасту»

Витяг з протоколу № 10 від 03 жовтня 2024 р. розширеного наукового семінару
відділу ядерно-фізичних досліджень ІПФ НАН України

БУЛИ ПРИСУТНІ:

Головуючий на засіданні: заст. зав. відділу № 30, к.ф.-м.н., с.н.с.
Батурін В.А.

Секретар семінару: н.с. лабораторії №31, к.ф.-м.н. Нагорний Д.А.

Учасники: в.о. директора ІПФ НАН України, д.ф.-м.н., с.д. Лебедь О.А., зав.
відділу №10, д.ф.-м.н., проф. Пономарьов О.Г., зав. відділу №60, д.ф.-м.н., проф.
Харченко Д.О., д.ф.-м.н., професор, заступник директора з наукової роботи
Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова, Лізунов В.В., д.ф.-м.н., пров. н.с. лаб.
№ 41, д.ф.-м.н., с.н.с. Кульментьев О.І., пров. н.с. відділу №60, д.ф.-м.н., с.н.с.
Харченко В.О., учений секретар, с.н.с. відділу №40, к.ф.-м.н., с.н.с. Ворошило О.І.,
в.о. зав. відділу №20, к.ф.-м.н., с.д. Калінкевич О.М., зав. сектору №33, к.ф.-м.н.
Бугай О.М., зав. лаб. №41, к.ф.-м.н. Бистрик Ю.С., зав. сектору № 71, к.ф.-м.н.
Коломієць В.М., с.н.с. лаб. №31, к.ф.-м.н., доц. Денисенко В.Л., в.о. зав. відділу
№40, к.ф.-м.н., с.н.с. Новак О.П., в.о. с.н.с. відділу №40, к.ф.-м.н. Лебединський
С.О., в.о. с.н.с. відділу №40, к.ф.-м.н. Дяченко М.М., с.н.с. лаб. №41, к.ф.-м.н., доц.
Коропов О.В., н.с. лаб. №41, к.ф.-м.н. Алексенко О.В., с.н.с. відділу №60, к.ф.-м.н.
Лисенко О.Б., н.с. відділу №60, к.ф.-м.н. Щокотова О.М., м.н.с. лаб. №31 Поліщук
А.В., м.н.с. лаб. №36 Білогородський Ю.С., м.н.с. відділу №40 Мусієнко І.І.,
аспірант Овчаренко А.Ю., аспірантка Лебединська Ю.С., аспірант Положій Г.Є.

Серед присутніх 6 докторів наук, 12 кандидатів наук. З них 15 – фахівців зі спеціальності, з якої виконувалась дисертація.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта відділу №30 Овчаренка Артура Юрійовича за матеріалами дисертаційної роботи «Виявлення змін оптичних властивостей та структурних неоднорідностей матеріалів методами рентгенівського фазового контрасту» поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» 104 «Фізика та астрономія», Освітньо-наукова програма «Фізика»

Тему дисертаційної роботи «Виявлення змін оптичних властивостей та структурних неоднорідностей матеріалів методами рентгенівського фазового контрасту» затверджено на засіданні Вченої ради Інституту прикладної фізики Національної академії наук України (Протокол № 13 від “7” грудня 2020 р.). Науковим керівником затверджений: д.ф.-м.н., с.д., Лебедь О.А.

2. Запитання до здобувача.

Д.ф.-м.н., с.н.с. Харченко Д.О. поставив питання: “З чим пов’язана поява центрального піка інтенсивності на дифракційних зображеннях від циліндричних зразків у дослідах з ідентифікації фазових переходів та визначення глибини проникнення рентгенівського випромінювання?”

Овчаренко А.Ю. відповів, що поява центральних піків інтенсивності пов’язана з дифракційними ефектами за рахунок зміни різниці фаз рентгенівського випромінювання, а саме: якщо товщина циліндричного зразка змінюється поступово з малим кроком, то центральний максимум періодично змінює свою висоту, як це спостерігалось при зміні товщини циліндра від 1 до 16 мкм.

Д.ф.-м.н., с.н.с. Харченко Д.О. поставив питання про те, чи не буде надто великою відстань 5.6 м між джерелом і об’єктом у дослідах із вивчення умов когерентності протяжних джерел рентгенівського випромінювання.

Овчаренко А.Ю. відповів, що дана відстань була розрахована таким чином, щоб об’єкт повністю поміщався в області когерентності джерела. Дійсно, чим більша відстань «джерело-об’єкт», тим сильнішим є затухання інтенсивності від джерела, це означає, що одержані значення інтенсивності реальні детектори можуть не зафіксувати. Тому для вирішення проблеми зниження інтенсивності, створюють різні оптичні елементи для джерел з метою збільшення розмірів зони когерентності при менших відстанях «джерело-об’єкт».

Д.ф.-м.н., с.н.с. Харченко Д.О. поставив питання: “Чим розроблений у дисертаційній роботі підхід відрізняється від уже існуючих?”

Овчаренко А.Ю. відповів, що у роботах інших авторів для моделювання дифракції розглядалися доволі прості об’єкти, які мали певну симетрію (сферичні, циліндричні тощо). Товщина цих об’єктів розраховувалася аналітично у напрямку, паралельному осі z, що є наближеним значенням. У розробленому підході реалізований інший спосіб створення комп’ютерних моделей об’єктів дослідження довільної геометричної форми, товщина яких розраховувалася з урахуванням кутів нахилу радіус-векторів відносно об’єкта, що підвищує точність обчислень.

Д.ф.-м.н., Лізунов В.В. поставив питання: “Чи пов’язана поява центрального піка інтенсивності на дифракційних картинах від циліндричного зразка з фазовими переходами?”

Овчаренко А.Ю. відповів, що на продемонстрованих зображеннях показано лише картини для 3 значень товщини циліндричного зразка. Висота центрального піка періодично змінювалася, залежно від товщини циліндра. Якщо задати крок зміни висоти циліндра, наприклад, не 1 мкм, а 0,5 мкм чи менше, то можна більш детально відслідкувати періодичну зміну висоти центрального піка. Тому це пов'язано із дифракційними ефектами.

Д.ф.-м.н., Лізунов В.В. поставив питання: “Даний метод потребує високого ступеню когерентності джерела, яка практична реалізація теоретичних методів, запропонованих у роботі?”

Овчаренко А.Ю. відповів, що розміри області когерентності джерел залежить від довжини хвилі, геометричних розмірів та розподілу інтенсивності. Розміри даної області можна збільшувати шляхом збільшення відстані між джерелом та об'єктом. Також існують способи збільшення зони когерентності шляхом застосування певних оптичних елементів, масок для джерел, без необхідності збільшувати відстань між джерелом і об'єктом. Проте це призводить до зменшення сумарної інтенсивності джерела.

Д.ф.-м.н., пров. н.с. Кульментьев О.І. поставив питання: “Які подальші перспективи розвитку даної роботи?”

Овчаренко А.Ю. відповів, що в подальшому є плани більш детально вивчати особливості формування зображень в умовах немонохроматичності джерел, врахування просторового розподілу випромінювання інтенсивності джерела. Результати даної роботи можуть бути корисними для розробників експериментального обладнання та інших дослідників у даній галузі.

Д.ф.-м.н., пров. н.с. Кульментьев О.І. поставив питання: “Чи зберігаються параметри форми об'єктів при просторових поворотах моделей тривимірних об'єктів?”

Овчаренко А.Ю. відповів, що у розробленому підході створення тривимірних моделей об'єктів є можливість повороту та переміщення об'єктів відносно будь-якої координатної осі зі збереженням його початкових форми і розмірів.

3. Виступи за обговореною роботою.

Після запитань на підтримку даної роботи виступив науковий керівник в.о. директора ІПФ НАН України, зав. лаб. № 31, д.ф.-м.н., с.д. Лебедь О.А.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

У різних галузях людської діяльності постійно виникають задачі з виявлення та дослідження внутрішньої будови тих чи інших об'єктів неруйнівним методом. У медицині – це безопераційні діагностика та лікування, у матеріалознавстві – виявлення дефектів деталей та виробів і аналіз їх атомарної структури, у сфері безпеки – сканування об'єктів на наявність заборонених речей та речовин, в геології і археології – вивчення предметів, які мають шарувату структуру, та багато інших застосувань. На сьогоднішній день одним із найпотужніших методів, які можуть

задовольняти ці потреби, є використання рентгенівського випромінювання. Перспективними є підходи, які для виявлення і візуалізації структурних неоднорідностей матеріалів використовують метод рентгенівського фазового контрасту, оскільки це дозволяє одержувати якісні зображення об'єктів з малими декрементами заломлення, що є дуже важливим у медицині при діагностиці захворювань, коли необхідно чітко бачити межі розділу різних тканин внутрішніх органів.

Добре відомо, що оптичні властивості речовин у рентгенівському діапазоні визначаються електронною густиною матеріалу, яка може змінюватися, наприклад, внаслідок механічної деформації, теплового розширення, дифузійних процесів, фазових переходів та інших явищ. При цьому, часто зміни електронної густини є незначними, що у свою чергу слабо змінює оптичні властивості об'єктів. У зв'язку з цим актуальними є задачі, де потрібно якомога чіткіше виявити області всередині досліджуваних зразків, де внаслідок вищезгаданих процесів з'являються неоднорідні області, оптичні властивості яких слабо відрізняються від суміжних областей. У залежності від галузі застосування експериментальне обладнання для проведення подібних досліджень потребує різних характеристик. Тому актуальним є питання розробки малогабаритних і недорогих приладів для вирішення конкретних задач. Таким чином, задачі з виявлення змін оптичних властивостей та структурних неоднорідностей матеріалів методами рентгенівського фазового контрасту є достатньо актуальними.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота є частиною досліджень, які проводилися за темами:

1. "Діагностичне обладнання для фазового контрасту на компактному джерелі рентгенівського випромінювання"(державний реєстраційний номер 0119U100151, термін виконання 01.01.2019 – 31.12.2021)
2. "Розробка елементів рентгенівської оптики із використанням протонно-променевої літографії для рентгенівської фазоконтрастної томографії"(державний реєстраційний номер 0121U110846, термін виконання 10.02.2021 – 31.01.2022),
3. "Фізичні основи формування рентгенівських фазоконтрастних зображень з використанням джерел квазімонохроматичного випромінювання на базі компактних прискорювачів протонів і електронів"(державний реєстраційний номер 0122U000417, термін виконання 01.01.2022 – 01.01.2026),
4. "Застосування рентгенівського фазового контрасту та анігіляційної спектроскопії для дослідження дефектної структури матеріалів" (державний реєстраційний номер 0124U002466, термін виконання 19.02.2024 – 31.12.2025).
А також у рамках наукового співробітництва з Асоційованою міжнародною лабораторією (LIA) при виконанні Міжнародного дослідницького проекту (IRP) «інструментальні розробки для експериментів на прискорювальних установках і прискорювальні технології» (IDEATE):
5. "Розробка детекторних систем для експериментів на прискорювачах та технологій для фізики прискорювачів. Етап1: Теоретичне обґрунтування проекту створення дослідних установок рентгенівського фазового контрасту на базі компактних прискорювачів в IJCLab (LAL, ThomX) та ІПФ НАН України для ранньої медичної діагностики"(державний реєстраційний номер 0120U103425, термін виконання 15.06.2020 – 31.12.2020),
6. "Розробка детекторних систем для експериментів на прискорювачах та технологій для фізики прискорювачів. Етап 2: Реалізація рентгенівського фазового

контрасту на базі компактних прискорювачів в IJCLab (LAL, ThomX) та ІПФ НАН України" (державний реєстраційний номер 0121U111573, термін виконання 05.05.2021 – 31.01.2021).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

- ❖ Запропоновано новий спосіб створення комп'ютерних моделей багатокomпонентних оптично неоднорідних об'єктів довільної геометричної форми з високим ступенем деталізації і можливістю розраховувати для цих об'єктів товщини та зсуви фаз у будь-якому напрямку поширення рентгенівського випромінювання через них при проведенні комп'ютерного моделювання;
- ❖ розроблено підхід для моделювання дифракції рентгенівського випромінювання на тривимірних зразках під різними кутами, що дозволяє відтворювати геометричну форму досліджуваних об'єктів за їхніми зображеннями на екрані подібно до того, як це робиться у комп'ютерній томографії;
- ❖ показано, що результати взаємодії рентгенівського випромінювання з речовинами є дуже чутливими до змінним електронної густини матеріалів, спричиненої механічними деформаціями, тепловим розширенням, фазовими переходами та іншими процесами, де відбувається зміна об'єму або внутрішньої структури об'єктів;
- ❖ встановлено аналітичний критерій для оцінки мінімальних розмірів об'єктів, які можна ідентифікувати за допомогою рентгенівського випромінювання
- ❖ на прикладі сплавів Fe-13%Cr-(2,4,6,8)%Al та Fe-1.3%Cu-1%Ni для різних температур та концентрацій компонентів створено та реалізовано на практиці метод розрахунку оптичних властивостей (декрементів заломлення та коефіцієнтів поглинання) матеріалів у рентгенівському діапазоні на основі відомих теоретичних співвідношень та результатів молекулярно-динамічного моделювання;
- ❖ розроблено і реалізовано на практиці підхід визначення глибини проникнення рентгенівського випромінювання у різні речовини і встановлена повна відповідність одержаних результатів зі скалярною теорією дифракції Френеля-Кірхгофа.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

У роботі були розроблено програмні коди та створено веб-застосунок, який дозволяє проводити комп'ютерні експерименти для вивчення взаємодії рентгенівського випромінювання з тривимірними об'єктами довільної геометричної форми в рамках скалярної теорії Френеля-Кірхгофа. Реалізовано та адаптовано двохетапний алгоритм розрахунку дифракційних картин для багаточастотних об'єктів з малими значеннями декрементів заломлення. Розроблена схема дозволяє визначати оптимальні параметри реального фізичного експерименту для одержання найбільш якісних фазоконтрастних зображень досліджуваних зразків. Аналіз дифракційних картин дає змогу відновлювати геоме-

тричні розміри тривимірного об'єкта неправильної форми без розв'язку зворотної задачі формування фазоконтрастного зображення. На основі молекулярно-динамічного моделювання запропоновано та реалізовано на практиці спосіб проведення числових розрахунків електронної густини, декрементів заломлення та коефіцієнтів поглинання багатокомпонентних металевих сплавів з різним процентним складом хімічних елементів, при різних величинах деформації або температури. Дані підходи можуть бути корисні спеціалістам у галузі матеріалознавства, біології та медицини, допоможуть оптимізувати процеси діагностики матеріалів, виявляти дефекти та досліджувати структурні характеристики об'єктів різної природи. Результати досліджень можуть застосовуватись для розробки нових матеріалів з метою підвищення безпеки та якості продукції, вирішення основних проблем медичної діагностики: зменшення дози опромінення, підвищення роздільної здатності та контрастності для візуалізації м'яких тканин.

5. Апробація результатів дисертації

Матеріали дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на наукових семінарах в Інституті прикладної фізики НАН України та на наступних конференціях: International Vacuum Nanoelectronics Conference (2024 р.), Conference of Young Scientists «Problems of Theoretical Physics» (Bogolyubov institute for Theoretical Physics Kyiv, Ukraine, 2021, 2024 pp.)

Конференція з фізики високих енергій та ядерної фізики (Харків, 2023-2024 pp.), Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (Суми, 2020-2024 pp.).

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Овчаренка А.Ю. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача (наводиться повний перелік публікацій за темою дисертації)

За результатами досліджень опубліковано 15 наукових публікацій, у тому числі:

❖ 4 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 104 –

«Фізика та астрономія», із них: 1 стаття в провідному фаховому журналі, що індексується наукометричними базами Scopus та Web of Science (Q4), 3 статті в провідних фахових журналах, що індексуються наукометричною базою Web of Science (Q3);

❖ 11 тез виступів на наукових конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати

1. **A.Yu. Ovcharenko** and O.A. Lebed. Modeling of X-ray phase contrast imaging of optically heterogeneous objects, *J. Nano- Electron. Phys.* **16**, No. 2, 02021 (2024). (Q3, DOI: [https://doi.org/10.21272/jnep.16\(2\).02021](https://doi.org/10.21272/jnep.16(2).02021))

Здобувачем запропоновано та реалізовано метод створення моделей багатошарових оптично неоднорідних об'єктів зі змінним декрементом заломлення,

величина якого поступово зменшується в радіальному напрямку від центру до країв досліджуваних зразків. Виконано порівняння результатів моделювання дифракції оптично однорідних та багат шарових об'єктів.

2. **Овчаренко А.Ю.,** Лебедь О.А. Виявлення структурних особливостей об'єктів методом рентгенівського фазового контрасту. *Укр. фіз. журн.* **69**, No. 5, 293 (2024), (Q3, DOI: <https://doi.org/10.15407/ujpe69.5.293>)

Здобувачем запропоновано та реалізовано новий підхід моделювання дифракції рентгенівського випромінювання на тривимірних моделях об'єктів довільної геометричної форми від мезо- до мікроскопічних розмірів, який дозволяє більш точно розраховувати товщину досліджуваних зразків і відповідний зсув фаз при проходженні через них РВ у порівнянні з роботами інших авторів. Виконано моделювання дифракції РВ на об'єкті з малими значеннями декременту заломлення та визначено його геометричні розміри.

3. **A.Yu. Ovcharenko** and O.A. Lebed. Study of optical properties and structural features of object using the X-ray phase contrast method. *J. Nano- Electron. Phys.* **16**, No. 3, 03028 (2024), (Q3, DOI: [https://doi.org/10.21272/jnep.16\(3\).03028](https://doi.org/10.21272/jnep.16(3).03028)).

Здобувачем запропоновано і реалізовано підхід розрахунку декрементів заломлення та коефіцієнтів поглинання рентгенівського випромінювання різними матеріалами на основі відомих теоретичних співвідношень та результатів молекулярно-динамічного моделювання для процесів, які призводять до зміни електронної густини (деформація, теплове розширення, фазові переходи та ін).

4. **Овчаренко А.Ю.,** Лебедь О.А. Застосування рентгенівської дифракції для аналізу тривимірних об'єктів. *Журн. фіз. досл.* **28**, No. 3, 3404 (2024), (Q4, DOI: <https://doi.org/10.30970/jps.28.3404>).

Здобувачем проведено моделювання дифракції рентгенівського випромінювання на тривимірних об'єктах довільної геометричної форми під різними кутами. На основі одержаних на екрани профілів інтенсивності були встановлені реальні геометричні розміри досліджуваних зразків та повністю відтворена їх геометрична форма.

Наукові праці апробаційного характеру

5. Лебедь О.А., Овчаренко А.Ю., Стародуб С.С. просторова когерентність компактних джерел рентгенівського випромінювання // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 15-17 квітня 2024 року / за ред. С.О. Лебединського – Суми: ІПФ НАН України, 2024. – 95 с.- с.58-59.

6. Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А. застосування рентгенівської дифракції для аналізу тривимірних об'єктів // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 15-17 квітня 2024 року / за ред. С.О. Лебединського – Суми: ІПФ НАН України, 2024. – 95 с.- с.74-76.

7. Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А. формування рентгенівських зображень методами фазового контрасту для застосувань в медицині // XXI конференція з фізики високих енергій та ядерної фізики (Харків, 21 - 24 березня 2023 року), с.130.

8. Лебедь О.А., Овчаренко А.Ю., Стародуб С.С., Крамченков А.Б. Актуальні питання реалізації фазового контрасту на компактних джерелах рентгенівського випромінювання // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та

- методики навчання фізики: матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 10-12 квітня 2023 року – с. 55-56.
9. Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А., Крамченков А.Б. Особливості перерозподілу інтенсивності на границі поділу середовищ в методі лінійного фазового контрасту // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 10-12 квітня 2023 року – с. 64-66.
10. Овчаренко А.Ю., Лебедь О.А. Формування фазоконтрасного зображення багатокомпонентних тестових об'єктів // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 24-26 жовтня 2022 р. – Суми: ІПФ НАН України, 2022. – с. 55-57.
11. Овчаренко А. Ю., Лебедь О. А. Аналітичний опис формування рентгенівського фазоконтрасного зображення // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, молодих учених, науково-педагогічних працівників та фахівців з міжнародною участю, присвяченої 30-річчю незалежності України. м. Суми, 12-14 квітня 2021 р. – Суми: СумДПУ, 2021. – с. 59-61.
12. Artur Ovcharenko, Oleksandr Lebed Calculation model of X-ray phase contrast image of tested structure // XII Conference of Young Scientists "Problems of Theoretical Physics", December 21 – 22, 2021, Bogolyubov institute for Theoretical Physics Kyiv, Ukraine, p. 11.
13. Овчаренко А.Ю. Параметри джерела випромінювання для спостереження фазоконтрастних зображень // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, молодих учених, науково-педагогічних працівників та фахівців, м. Суми, 13-15 квітня 2020 р. – Суми: СумДПУ, 2020. – с. 36-38.
14. Artur Ovcharenko, Oleksandr Lebed Spatial coherence of compact sources with respect to X-ray phase contrast imaging formation // XIV Conference of Young Scientists "Problems of Theoretical Physics", December 16 – 17, 2024, Bogolyubov institute for Theoretical Physics Kyiv, Ukraine, p. 13.
15. A. Ovcharenko, S. Lebedynskyi, and O. Lebed, Modelling of X-ray diffraction on multilayer objects, in 2024 37th international vacuum nanoelectronics conference (IVNC), Brno, Czech Republic, 15–19 July 2024 (IEEE, 2024), p. 1. <https://doi.org/10.1109/ivnc63480.2024.10652335>

Якість та кількість публікацій відповідають «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44».

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Овчаренка А.Ю. «Виявлення змін оптичних властивостей та структурних неоднорідностей матеріалів методами рентгенівського фазового контрасту», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Інституту

прикладної фізики НАН України «Фізика» зі спеціальності 104 «Фізика та астрономія».

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Виявлення змін оптичних властивостей та структурних неоднорідностей матеріалів методами рентгенівського фазового контрасту», подану Овчаренком Артуром Юрійовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.
2. Вченій раді Інституту прикладної фізики НАН України утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.ф.-м.н., професор, зав. відділу №10 Інституту прикладної фізики НАН України Пономарьов Олександр Георгійович.

Члени

Рецензенти:

д.ф.-м.н., проф., зав. відділу №60, Інституту прикладної фізики НАН України Харченко Дмитро Олегович;

к.ф.-м.н., с.д., с.н.с. відділу №20 Інституту прикладної фізики НАН України Калінкевич Олексій Миколайович;

Офіційні опоненти:

д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету, м. Суми Однодворець Лариса Валентинівна;

д.ф.-м.н., професор, завідувач відділу фізики багатопараметричної структурної діагностики Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова, м. Київ Лізунов В'ячеслав В'ячеславович.

Головуючий на засіданні
заст. зав. відділу № 30, к.ф.-м.н., с.н.с.



Батурін В.А.

Рецензенти:

д.ф.-м.н., проф., зав. відділу. №60,
Інституту прикладної фізики НАН України



Харченко Д.О.

к.ф.-м.н., с.д., с.н.с. відділу №20
Інституту прикладної фізики НАН України



Калінкевич О.М.

Секретар розширеного наукового семінару
відділу ядерно-фізичних досліджень
к.ф.-м.н.



Нагорний Д.А.