ВИСНОВОК
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Сюська Євгена Васильовича на тему «Застосування рефракції мікрохвиль для діагностики неоднорідної плазми» на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія з галузі знань 10 – Природничі науки

1. Обґрунтування вибору теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт інституту.

На сьогодні область практичного застосування та дослідження плазми дуже різноманітна і постійно розширюється. Так наприклад, високотемпературна плазма в основному використовується в термоядерних установках, спрямованих на вирішення проблем керованого термоядерного синтезу (КТС). Низькотемпературна плазма використовується в енергетиці (плазмовий вимикач), фізичній електроніці, металургії (плазмове напилення, плазмова різка), плазмохімії (синтез матеріалів), медицині (газовий розряд), та ін. Тому, для контролю параметрів плазми, при реалізації того чи іншого технологічного процесу, або для дослідження плазми в разі лабораторної плазми, плазми іоносфери та космосу, застосовують різні методи діагностики плазми. При проведенні досліджень плазми важливо, щоб методи діагностики не впливали на параметри плазми, що досліджується, тобто були безконтактними. Серед безконтактних методів діагностики поширеними являються методи мікрохвильової діагностики. Серед мікрохвильових методів існують методи, які засновані на рефракції мікрохвиль. Для реалізації методів на основі рефракції необхідно змінювати кут нахилу рупорних антен відносно поверхні плазми, що досліджується. Для цього в діагностичній системі рупорні антени повинні мати можливість змінювати кут нахилу антени відносно поверхні плазми. В пристроях для лабораторних досліджень плазми, зазвичай використовують металеву вакуумну камеру. Встановлення рухомих антен в порти металевої камери з можливостю зміни кута нахилу в широкому діапазоні по відношенню до плазми є технічно ускладненим або, взагалі, не можливим.

Тому дослідження і подальший розвиток мікрохвильових методів на основі рефракції з застосуванням фіксованих в просторі рупорних антен, проведені в дисертації, є актуальними для удосконалення методів діагностики плазми і здійснення оптимальних режимів плазмових розрядів.

Метою дисертаційної роботи є розвиток та вдосконалення методів мікрохвильової діагностики плазми, заснованих на рефракції мікрохвиль, і

застосування цих методів для діагностики неоднорідної плазми, що утримується в схрещених електричному і магнітному полях.

Для досягнення цієї мети в роботі поставлені та вирішені такі **завдання**:

1) За допомогою числового моделювання розрахувати траєкторію мікрохвильових променів для плазми з різноманітними функціями розподілу густини вздовж радіусу плазмового циліндру, кутами падіння, та максимальною густиною.
2) Провести досліджен'ня неоднорідної плазми, що утримується в схрещених електричному і магнітному полях, використовуючи рефракцію мікрохвиль
3) За допомогою числового моделювання виконати розрахунки фази мікрохвилі при наскрізному та похилому зондуванні неоднорідної плазми.
4) Провести дослідження параметрів периферійних шарів неоднорідної плзми за допомогою вимірювання зсуву фази хвиль при похилому зондуванні з фіксованими в просторі рупорними антенами.
5) Провести відпрацювання методу дослідження азимутальних неоднорідностей плазми, що обертається, на механічній моделі. З використанням цього методу виконати дослідження азимутальних неоднорідностей плазми та визначити швидкість їх обертання в схрещених електричному і магнітному полях.

Об'єктом дослідження є багатокомпонентна плазма в схрещених електричному і магнітному полях імпульсного відбивного розряду.

Предметом дослідження є середня густина переферійних шарів плазми, азимутальні неоднорідності густини плазми, що обертається.

Методи дослідження. У дисертації застосовуються загально відомі експериментальні методи: мікрохвильова інтерферометрія з фазовим детектуванням (мікрохвильовий інтерферометр типу Маха — Цендера для вимірювання середньої густини електронів вздовж хорди) та метод відсічки мікрохвиль. Данні методи неодноразово використовувались для дослідження плазми як в магнітному так і без магнітного поля на різних плазмових установках. Також для аналізу даних та розрахунку використовуються відомі аналітичні та числові методи: спектральний та кореляційний аналіз.

За допомогою поясу Роговського та високовольтного омічного дільника напруги відповідно вимірювалися часова залежність струму та напруги імпульсного відбивного розряду. Лінійна густина плазми вимірювалася за допомогою метода мікрохвильової інтерферометрії. Зондування, в залежності від експерименту, проводилося мікрохвилями на частотах 36, 37,2, 71 ГГц. За допомогою метода відсічки контролювався момент часу, коли плазма досягала критичного значення для хвилі, що зондує та період часу поки густина на осі плазмового стовпа більша за критичну. За допомогою спектрального і кореляційного аналізу виконувався аналіз віддзеркалених від

плазми мікрохвильових сигналів при похилому і нормальному падінні на плазмову поверхню.

2. Формулювання наукового завдання, нове вирішення якого отримано в дисертації.

Дисертацію Сюська Євгена Васильовича присвячено розв'язанню актуальної наукової задачі – розвитку та вдосконалення методів мікрохвильової діагностики плазми, заснованих на рефракції мікрохвиль, і застосування цих методів для діагностики неоднорідної плазми, що утримується в схрещених електричному і магнітному полях.

3. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їх новизна.

Наукова новизна результатів дослідження, отриманих особисто здобувачем, полягає у наступному:

1. *Вперше запропоновано* метод мікрохвильової діагностики плазми на основі рефракції мікрохвиль, що випромінюються з периферійної частини рупорної антени і поширюються похило по відношенню до плазми, що зондується. Проведено чисельне моделювання цього методу, яке підтвердило його ефективність для визначення середньої густини периферійних шарів плазми.

2. *Вперше,* за допомогою вимірювання зсуву фази хвиль при похилому зондуванні плазми з застосуванням фіксованих в просторі антен, *визначено* величину середньої густини периферійних шарів плазми, що утримується в схрещених електричному і магнітному полях.

3. *Вперше,* за допомогою спектрального та кореляційного аналізу амплітуди мікрохвиль, віддзеркалених від поверхні плазми при нормальному та похилому зондуванні, *виявлено* азимутальні неоднорідності плазми, що обертається, визначено кутову швидкість обертання та кути азимутального зміщення між неоднорідностями.

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, результатів і висновків дисертації забезпечена коректним застосуванням загально-відомих, надійних методів дослідження, зокрема, експериментальні методи: мікрохвильова інтерферометрія з фазовим детектуванням (мікрохвильовий інтерферометр типу Маха – Цендера для вимірювання середньої густини електронів вздовж хорди) та метод відсічки мікрохвиль. Також, за допомогою спектрального і кореляційного аналізу виконано аналіз віддзеркалених від плазми мікрохвильових сигналів при похилому і нормальному падінні на

плазмову поверхню. Виконане співставлення одержаних теоретичних та експериментальних результатів.

5. Рівень теоретичної підготовки здобувача, його особистий внесок у вирішення конкретного наукового завдання. Рівень обізнаності здобувача з результатами наукових досліджень інших учених.

Здобувач продемонстрував високий рівень підготовки в області діагностики плазми, зокрема мікрохвильових методах діагностики плазми, наприклад, інтерферометрії та методах, що засновані на рефракції мікрохвиль. Здобувач на високому рівні володіє математичним апаратом. Показав, що володіє методами розв'язання диференційних рівнянь. Успішно використав спектральний та кореляційний аналіз для аналізу віддзеркалених від плазми мікрохвильових сигналів при похилому і нормальному падінні на плазмову поверхню.

Для вирішення наукового завдання здобувачем було розраховано траєкторію мікрохвильових променів для плазми з різноманітними функціями розподілу густини вздовж радіусу плазмового циліндру, кутами падіння, та максимальною густиною;

Проведено дослідження неоднорідної плазми, що утримується в схрещених електричному і магнітному полях, використовуючи рефракцію мікрохвиль; За допомогою числового моделювання виконано розрахунки фази мікрохвилі при наскрізному та похилому зондуванні неоднорідної плазми; Проведено дослідження параметрів периферійних шарів неоднорідної плазми за допомогою вимірювання зсуву фази хвиль при похилому зондуванні з фіксованими в просторі рупорними антенами; Проведено відпрацювання методу дослідження азимутальних неоднорідностей плазми, що обертається, на механічній моделі. З використанням цього методу виконати дослідження азимутальних неоднорідностей плазми та визначити швидкість їх обертання в схрещених електричному і магнітному полях.

Огляд робіт по мікрохвильовим методам діагностики плазми було виконано добре. Тому можна констатувати високий рівень обізнаності здобувача з науковими роботами інших учених.

6. Наукове та практичне значення роботи.

Теоретичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано метод мікрохвильової діагностики плазми на основі рефракції мікрохвиль, що випромінюються з периферійної частини фіксованої в просторі рупорної антени і поширюються похило по відношенню до плазми, що зондується. Проведено чисельне моделювання цього методу, яке підтвердило його ефективність для визначення середньої густини периферійних шарів плазми.

2. Експериментальні дослідження неоднорідної плазми з використанням рефракції мікрохвильового випромінювання з периферійної частини рупора, що направлене похило до поверхні плазми, продемонстрували:

- в залежності від густини плазми, випромінювання на частоті 37 ГГц надходить на рупорні антени, розміщені під кутом 60° та 120° відносно осі антени, що випромінює;
- вимірювання зсуву фази хвиль при похилому зондуванні плазми дало можливість визначити величину середньої густини периферійних шарів плазми.

Таким чином експериментально доведено, що, при неможливості наскрізного зондування плазмового утворення, можна отримати дані про середню густину периферійних шарів за рахунок рефракції мікрохвиль, що зондують.

3. Вперше запропоновано метод визначення азимутальних неоднорідностей плазми, що обертається, який заснований на аналізі амплітуди мікрохвиль, віддзеркалених від поверхні плазми при нормальному та похилому зондуванні та виявлено азимутальні неоднорідності плазми, що обертається, визначено кутову швидкість обертання та кути азимутального зміщення між неоднорідностями в плазмі, що утримується в схрещених електричному та магнітному полях.

Запропонований та відпрацьований в дисертації метод діагностики з застосуванням рефракції периферійної частини випромінювання рупорних антен може бути використаний як в установках для лабораторного дослідження плазми і технологічних приладах, так і в установках керованого термоядерного синтезу.

7. Використання результатів роботи.

Методи діагностики, що запропоновано і реалізовано в дисертації, можуть бути використані як в дослідженнях лабораторної плазми, так і в установках керованого термоядерного синтезу для діагностики диверторних областей, що мають значні градієнти густини та малу кривизну поверхонь. Ці методи діагностики можуть бути впроваджені на установках Харківського національного університету імені В. Н. Каразін, Інституту ядерних досліджень НАН України та Інституту фізики НАН України та в установах, що беруть участь в міжнародній програмі EUROfusion.

8. Повнота викладу матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок здобувача в публікації.

Результати, що викладені в дисертації, опубліковано в 19 наукових роботах, з них 2 статті у фахових виданнях України, що входить до міжнародних наукометричних баз Scopus, 2 статті у закордонних фахових

виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus, 3 статті у виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus, 4 матеріали конференцій та 7 тез доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях, 1 робота додатково відображає наукові результати дисертації. Наведені публікації повністю віддзеркалюють зміст дисертації.

Наукові праці у наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus:

1. Kovtun Yu. V., **Syusko Y. V.**, Skibenko E. I., Skibenko A. I. Experimental Study of Inhomogeneous Reflex-Discharge Plasma Using Microwave Refraction Interferometry. *Ukrainian Journal of Physics*. 2018. Vol. 63, No. 12. P. 1057–1065. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні статті). (Scopus). URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85061927796&origin=AuthorNamesList&txGid=54c2360f54b95c15fd1a77113c72b3d3

2. **Siusko Y. V.**, Kovtun Yu. V. An application of microwaves refraction for inhomogeneous plasma diagnostic. *Problems of Atomic Science and Technology. Series "Plasma Physics"*. 2021. No. 1. P. 163–170. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні статті). (Scopus). URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85103415342&origin=resultslist

Наукові праці у зарубіжних наукових фахових виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus:

3. **Siusko Y. V**., Kovtun Yu. V. Using refraction during interferometry of plasma. *In Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1197. Iss. 1. Art. 012001. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні статті). (Scopus). URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85065558829&origin=resultslist

4. Kovtun Yu. V., **Siusko Y. V.** Determining local inhomogeneities of rotating plasma density via microwave refraction. *Physics Letters A*. 2019. Vol. 383, Iss. 31. Art. 125880. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні статті). (Scopus). URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070490953&origin=resultslist

Наукові праці в виданнях України, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus:

5. Skibenko A. I., Pinos I. B., Kovtun Yu. V., Skibenko E. I., **Syusko E. V.** Application of microwave ray refraction in inhomogeneous plasma interferometry. *Ukrainian Journal of Physics*. 2016. Vol. 61. No. 8. P. 715–721. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні статті). (Scopus). URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84989815321&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=be4b7bff050ad652e6d7848416fce372&sot=b&sdt=b&sl=93&s=TITLE-ABS-KEY%28Application+of+microwave+ray+refraction+in+inhomogeneous+plasma+interferometry%29&relpos=0&citeCnt=4&searchTerm=

6. Kovtun Yu. V., **Syus'ko E. V.**, Skibenko E. I., Skibenko A. I. Refraction of microwaves in an inhomogeneous rotating plasma. *Problems of Atomic Science and Technology. Series "Plasma Physics"*. 2016. No. 6. P. 169–172. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні статті). (Scopus). URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85007524284&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=f72459c230935f917d040089d1dfb35b&sot=b&sdt=b&sl=75&s=TITLE-ABS-KEY%28Refraction+of+microwaves+in+an+inhomogeneous+rotating+plasma%29&relpos=1&citeCnt=4&searchTerm=

7. Kovtun Yu. V., **Siusko Y. V.**, Skibenko E. I. Comparative analysis of the refraction of microwaves at different frequencies in an inhomogeneous plasma of a high-power impulse reflex discharge. *Problems of Atomic Science and Technology. Series "Plasma Physics"*. 2018. No. 6. P. 328–331. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні статті). (Scopus). URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85060709650&origin=resultslist

Наукові праці апробаційного характеру (матеріали наукових конференцій, тези) за темою дисертації:

8. Kovtun Yu. V., Skibenko E. I., Skibenko A. I., Ozerov A. N., Pinos I. B., **Syus'ko E. V.** Use of electromagnetic wave refraction for multicomponent gas-metal plasma diagnostics // 9th International Kharkiv Symposium on Physics

and Engineering of Microwaves, Millimeter and Submillimeter Waves : Proceedings of Symposium, 20-24 June 2016, Kharkiv, Ukraine. 2016. P. 1–4. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написання тез до матеріалів конференції).

9. Kovtun Yu. V., **Syusko E. V.**, Skibenko A. I., & Skibenko E. I. Interferometry of plasma with the use of the microwave ray refraction // 9th International Kharkiv Symposium on Physics and Engineering of Microwaves, Millimeter and Submillimeter Waves : Proceedings of Symposium, June 20-24, 2016, Kharkiv, Ukraine. 2016. P. 1–4. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написання тез до матеріалів конференції).

10. Kovtun Yu. V., Skibenko A. I., Skibenko E. I., **Siusko Y. V.**, Refraction of microwaves in an inhomogeneous gas-metal rotating plasma // The 14th International Conference of Young Scientists on Energy Issues : Proceedings of the International Conference, May 25-26, 2017, Kaunas, Lithuania, 2017. P. 269–276. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написання тез до матеріалів конференції).

11. Kovtun Yu. V., **Siusko Y. V.** Determining the Angular Frequency of Rotating Cylinder via Microwave // 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week : Proceedings of the international conference, September, Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 888–892. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів написання тез до матеріалів конференції, доповідь).

12. Kovtun Yu. V., **Syusko E. V.**, Skibenko E. I., Skibenko A. I. Refraction of microwaves in an inhomogeneous rotating plasma // International Conference-School on Plasma Physics and Controlled Fusion : abstr. 12–15 September, Kharkiv, Ukraine, 2016. P. 172. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні тезисів, доповідь).

13. **Syusko E. V.**, Kovtun Yu. V., Skibenko A. I., Skibenko E. I. Features of microwaves refraction on an Inhomogeneous plasma cylinder // IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering : abstr. 10-14 October, Kharkiv, Ukraine, 2016. P. 8 (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні тезисів, доповідь).

14. **Siusko Y. V.**, Kovtun Yu. V., Skibenko A. I., Skibenko E. I. Interferometry of Plasma by Inclined Probing // IEEE International Young Scientists Forum on

Applied Physics and Engineering : abstr. 17-20 October, Lviv, Ukraine, 2017. P. 132–133. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні тезисів, доповідь).

15. Kovtun Yu. V., **Siusko Y. V.**, Skibenko E. I. Comparative analysis of the refraction of microwaves at different frequencies in an inhomogeneous plasma of a high power impulse reflex discharge // International Conference-School on Plasma Physics and Controlled Fusion : abstr. 10-13 September, Kharkiv, Ukraine, 2018. P. 179. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні тезисів, доповідь).

16. **Siusko Y. V.**, Kovtun Yu. V. Using refraction during interferometry of plasma // 14th Kudowa Summer School. Towards Fusion Energy : abstr. 4 – 8 June, Kudowa-Zdrój, Poland, 2018. P.75. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні тезисів, доповідь).

17. Kovtun Yu. V., **Siusko Y. V.** Investigation of high power impulse reflex discharge // International Conference-School on Plasma Physics and Controlled Fusion : abstr. 10-13 September, Kharkiv, Ukraine, 2018. P. 175. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні тезисів).

18. **Siusko Y. V.** Microwave methods with using refraction for plasma diagnostic // PhD Event 2020 - The Virtualternative : abstr. 23 -24 November 2020. P. 116. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь у проведенні експерименту, обробці експериментальних даних, обговоренні та інтерпретації результатів, написанні тезисів, доповідь).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

19. Ковтун Ю. В., **Сюсько Є. В.** Високовольтна система живлення магнітної системи електрофізичної установки для отримання та дослідження багатокомпонентної газометалевої плазми, *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Техніка та електрофізика високих напруг».* 2016. № 14. С. 44–48. (Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, участь в ообговоренні та інтерпретації результатів, написанні статті).

Результати дисертаційної роботи повністю відображено в публікаціях.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

9. Апробація матеріалів дисертації.

Основні результати дисертації представлені та обговорені на наступних наукових конференціях, школах і семінарах:

International Kharkiv Symposium on Physics and Engineering of Microwaves, Millimeter and Submillimeter Waves, (Kharkiv, Ukraine, 2016); The 14th International Conference of Young Scientists on Energy Issues, (Kaunas, Lithuania, 2017); In 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week, (Kharkiv, Ukraine, 2020); International Conference-School on Plasma Physics and Controlled Fusion, (Kharkiv, Ukraine, 2016); IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering, (Kharkiv, Ukraine, 2016); IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering, (Lviv, Ukraine, 2017); International Conference-School on Plasma Physics and Controlled Fusion, (Kharkiv, Ukraine, 2018); 14th Kudowa Summer School. Towards Fusion Energy, (Kudowa-Zdrój, Poland, 2018); International Conference-School on Plasma Physics and Controlled Fusion, (Kharkiv, Ukraine, 2018); PhD Event 2020 – The Virtualternative (2020).

10. Оцінка мови та стилю дисертації.

Дисертація є цілісною роботою, написаною науковим стилем мовлення з коректним застосуванням сучасної наукової термінології. Стиль викладення матеріалів дисертації є доступним для сприйняття. Результати досліджень викладені логічно й послідовно. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167 зі змінами), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

11. Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту.

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота Сюсько Є. В. відповідає спеціальності 104 – Фізика та астрономія. Здобувачем повністю виконано освітню та наукову складову освітньо-наукового рівня вищої освіти.

12. Рекомендація дисертації до захисту.

Дисертаційна робота Сюська Євгена Васильовича «Застосування рефракції мікрохвиль для діагностики неоднорідної плазми» відповідає вимогам, передбаченим пунктом 10 «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167 зі змінами).

Враховуючи високий рівень виконаних досліджень, актуальність теми роботи, наукову новизну результатів та їх наукове і практичне значення, рішення фахового семінару кафедри прикладної фізики та фізики плазми ННІ «Фізико – технічний факультет» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, проведеного 03.11.2021 р., дисертація Сюська Є. В. «Застосування рефракції мікрохвиль для діагностики неоднорідної плазми» рекомендується до захисту в спеціалізованій вченій раді для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія з галузі знань 10 – Природничі науки.

Рецензент
доктор фізико-математичних наук
(спеціальність 01.04.08 – фізика плазми),
професор, професор кафедри прикладної
фізики та фізики плазми Харківського
національного університету імені
В Н. Каразіна. Ігор ДЕНИСЕНКО

Рецензент
доктор фізико-математичних наук
(спеціальність 01.04.08 – фізика плазми),
старший науковий співробітник, професор
кафедри матеріалів реакторобудування та
фізичних технологій Харківського
національного університету імені
В. Н. Каразіна Валерій ЛІСОВСЬКИЙ

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ
Начальник відділу
кадрів