

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МАГНЕТИЗМУ ІМЕНІ В.Г. БАР'ЯХТАРА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
(ІМАГ НАН УКРАЇНИ)**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

ІМаг НАН України

член-кор. НАН України

Олександр ГОВСТОЛИТКІН

«13» лютого 2025 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (Силабус)

В 9 АВТОМАТИЗАЦІЯ ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

(шифр та назва дисципліни)

для аспірантів

спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

третього освітнього (освітньо-наукового) рівня
вищої освіти – доктора філософії

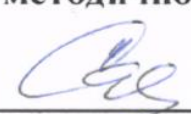
Київ – 2025

Розробник:

Старший науковий співробітник, к.ф.-м.н.  **Юрій СКИРТА**
(підпис)

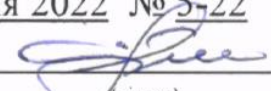
Робочу програму узгоджено науково-методичною радою

Протокол від 30.08.2022р. № 1

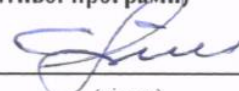
Голова науково-методичної ради  **Ольга САЛЮК**
(підпис)

Робочу програму затверджено Вченою радою ІМаг НАН України та МОН України

Протокол від 06 вересня 2022 № 5-22

Голова Вченої ради  **Олександр ТОВСТОЛИТКІН**
(підпис)

Робочу програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником освітньої програми): Прикладна фізика та наноматеріали 06 вересня 2022 р.
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої програми  **Олександр ТОВСТОЛИТКІН**
(підпис)



Пролонговано Вченою радою ІМаг НАН України та МОН України:

навчальні роки пролонгації	Голова Вченої ради ІМаг НАН України та МОН України	підпис	№ протоколу, дата протоколу
2023/ 2024	Товстолиткін О.І.		№ 7-23, 27.07.2023
2024 / 2025	Товстолиткін О.І.		№5-24, 13.06.2024
20___ / 20___			
20___ / 20___			



Автоматизація фізичних досліджень
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i>
Освітня програма	<i>Прикладна фізика та наноматеріали</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна / Цикл професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>60 годин / 2 кредити ECTS</i> <i>СР – 60 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>http://ukr.imag.kiev.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Самостійна робота: к. фіз.-мат. наук Скирта Юрій Борисович, тел. +380995233839, e-mail: skirtayuri@ukr.net
Розміщення курсу	<i>http://ukr.imag.kiev.ua</i>

Програма навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Експериментальні дослідження – важлива частина наукової роботи. Для проведення фізичних експериментів розробляються та застосовуються спеціальні прилади та стенди. У сучасних вимірювальних приладах широко використовуються мікроконтролери, що значно підвищує їх точність, швидкодію та гнучкість використання. Також більшість сучасних вимірювальних приладів має інтерфейси для з'єднання з персональним комп'ютером. Це дає можливість поєднувати на одному стенді різні вимірювальні модулі, керувати ними за потрібним алгоритмом, записувати отримані дані одразу у вигляді файлів на комп'ютері. Також сучасне програмне забезпечення дає додаткові можливості для збереження та обробки отриманих результатів, як у режимі реального часу, так і раніше записаних на електронні носії. Для проведення сучасних наукових досліджень доцільно об'єднувати в одну систему різні вимірювальні прилади, за потребою додавати до них вимірювальні стенди власної розробки. У ході експериментів можуть застосовуватись віртуальні прилади – вимірювальні прилади, які складаються з програмної та апаратної частин. Апаратна частина – модулі ЦАП та АЦП, з'єднані з персональним комп'ютером, програмна частина – програма на комп'ютері, яка забезпечує всю логіку роботи приладу, відображення і запис отриманих даних, інтерфейс користувача. Програмне забезпечення такої системи може складатися як з готового спеціалізованого програмного забезпечення, так і з програм власної розробки. У навчальному курсі автоматизації фізичних досліджень розглядається побудова експериментальних стендів для

фізичних дослідів, у яких використовуються як готові прилади і вимірювальні модулі, так розроблені самостійно.

Вивчення зазначеної дисципліни забезпечить аспірантам:

- Знання основних типів вимірювальних приладів, модулів та мікроконтролерів, а також інтерфейсів зв'язку, які використовуються при автоматизації фізичних експериментів.
- Уміння розробляти програмне забезпечення для персонального комп'ютера та мікроконтролерів, яке необхідне для створення автоматизованих вимірювальних систем.
- Здатність самостійно обрати необхідні апаратні та програмні засоби і створити автоматизований стенд для проведення запланованого фізичного експерименту.

Навчальна дисципліна формує у аспірантів наступні *загальні та фахові компетентності*:

Загальні компетентності:

ЗК 2. Здатність використовувати у професійній діяльності сучасні знання з різних наук, у тому числі міждисциплінарного характеру.

ЗК 3. Здатність розроблення та реалізації дослідницько-інноваційних проектів, включаючи проведення самостійних досліджень на професійному рівні.

ЗК 5. Здатність знаходити, обробляти й аналізувати необхідну інформацію для вирішення проблем й прийняття рішень.

Фахові компетентності:

ФК 02. Здатність визначати завдання фізичного експерименту, самостійно проводити експериментальні дослідження за допомогою сучасного обладнання та вимірювальної апаратури, накопичувати та аналізувати дані, оцінювати можливі похибки та невизначеності.

ФК 03. Здатність осмислювати та аналізувати результати експериментальних досліджень, встановлювати зв'язок з теоретичними моделями, вирізняти із накопичених спостережень відтворювані експериментальні факти. Здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень в галузі прикладної фізики для вирішення наукових і практичних проблем.

ФК 07. Здатність розуміти та застосовувати цифрові технології та прикладні математичні пакети для розв'язування фізичних задач, аналізу результатів експериментальних досліджень, моделювання фізичних процесів та систем.

Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати такі

програмні результати навчання:

ПРН 1. Системні знання у галузі фізики та інших природничих наук, включаючи оволодіння методами наукового дослідження при здійсненні професійної діяльності.

ПРН 3. Знання методики проведення теоретичних та експериментальних досліджень, основних принципів системного та синергетичного аналізу, розуміння методів моделювання та фізичних моделей в прикладній фізиці.

ПРН 10. Вміння збирати та інтерпретувати наукову та фахову інформацію, з використанням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій та пошукових систем.

ПРН 19. Ініціювати інноваційні науково-дослідні проекти та науково-технічні розробки в галузі прикладної фізики, лідерство та автономність під час їх реалізації.

1. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для засвоєння освітнього компонента треба оволодіти компетентностями і навичками, які забезпечує дисципліна "Методологія наукових досліджень".

2. Зміст навчальної дисципліни

Тема № 1. Предмет автоматизації фізичних досліджень. Принципи побудови автоматизованих систем вимірювання та обробки даних.

Тема № 2. Вимірювальні прилади та аналогово-цифрові перетворювачі для автоматизованих систем. Запис та збереження отриманих даних.

Тема № 3. Комп'ютерні інтерфейси, що використовуються при побудові автоматизованих вимірювальних систем. Математична обробка первинних даних. Боротьба з шумами, виділення корисного сигналу на фоні випадкових завад.

Тема № 4. Середовище графічного програмування LabView. Огляд можливостей пакета LabView.

Тема № 5. Основи програмування у системі LabView. Розробка віртуальних приладів.

Тема № 6. Використання мікропроцесорів та спеціалізованих комп'ютерів при автоматизації фізичних досліджень. Однокристальні мікроконтролери.

Тема № 7. Сімейство мікроконтролерів AVR та їх використання для побудови автоматизованих систем.

Тема № 8. Плати Arduino та вимірювальні пристрої на їх основі у фізичних вимірюваннях.

Тема № 9. Мікроконтролери ARM у фізичних дослідженнях. Платформа Raspberry Pi та її можливості.

3. Навчальні матеріали та ресурси

1. Приладобудування та автоматизація. Терміни і визначення. Ч.1: навчальний посібник / уклад. О. К. Нікітін, В. М. Зайцев, Т. О. Толочко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 203 с. –

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30404>

2. Автоматизація та основи автоматизації. Практикум: навч. посіб. / уклад.: В. М. Мельник, О. В. Воробйова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 60 с. –

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47719>

3. Теорія похибок / уклад.: Ужва В. І., Пугач О. В. – Електронні текстові дані (1 файл: 525,19 Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 12 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42727>

4. Методичні вказівки до виконання самостійних робіт з навчальної дисципліни «Основи обробки та візуалізації експериментальних даних»: навч. посіб. / Д. В. Савченко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 50 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49910>

Додаткова література

1. Белов Ф.В. ARDUINO. От азов программирования до создания практических устройств. Наука и техника, 2018 г., 480 с.

2. Магда Ю. С. Raspberry Pi. Руководство по настройке и применению. ДМК Пресс, 2017, 188 с.

3. Белов Ф.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств. Наука и техника, 2017., 544 с.

4. Джеффри Тревис. LabView для всех. ДМК Пресс, 2005, 544 с.

Інформаційні ресурси

1. Сайт програми LabView. <https://www.ni.com/en-us/shop/labview.html>

2. Контролери AVR на сайті фірми Microchip Technology <https://www.microchip.com/en-us/products/microcontrollers-and-microprocessors/8-bit-mcus/avr-mcus>

3. Сайт проекту Arduino <https://www.arduino.cc/>

4. Сайт компанії ARM Limited <https://www.arm.com/>

5. Сайт проекту Raspberry Pi <https://www.raspberrypi.org/>

6. Сайт фірми ICP-DAS <https://www.icpdas.com/> та <http://icpdas.com.ua/>

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна частина дисципліни складена з лекційного матеріалу, практичних занять та контрольних заходів у вигляді опитувань. При викладанні дисципліни рекомендується побудувати ознайомлення аспірантів з предметом таким чином, щоб вони не тільки отримували ту чи іншу інформацію стосовно курсу, який вивчається, але й відчували зв'язок між різними темами кредитного модуля, а також місце модуля серед інших фізичних дисциплін. Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно-орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться аспірант – суб'єкт навчання і майбутній фахівець.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів з посиланням на літературу)
1	Предмет автоматизації фізичних досліджень. Принципи побудови автоматизованих систем вимірювання та обробки даних. <i>Загальні принципи побудови автоматизації досліджень у фізиці. Види автоматизованих систем. Додаткові можливості, які дає автоматизація експериментатору. Апаратна та програмна частина автоматизованої системи. Приклади автоматизованих систем, що зустрічаються у реальній роботі.</i> <i>Літ.: [1], [2]</i>
2	Вимірювальні прилади та аналогово-цифрові перетворювачі для автоматизованих систем. Запис та збереження отриманих даних. Комп'ютерні інтерфейси, що використовуються при побудові автоматизованих вимірювальних систем. <i>Принципи роботи аналогово-цифрових перетворювачів. Мікросхеми аналогово-цифрових перетворювачів. Готові вимірювальні модулі, які застосовуються при побудові автоматизованих систем. Вимірювальні прилади, які можна інтегрувати у склад автоматизованої системи. Збереження і подальша обробка даних, виміряних системою.</i> <i>Послідовні та паралельні інтерфейси, які використовуються для об'єднання окремих вимірювальних модулів у одну систему. Шини ISA та PCI. Шина USB. Послідовні інтерфейси RS-232 та RS-485. Модулі WiFi. Послідовні інтерфейси I2C та ISP при побудові мікропроцесорних систем. Електричні схеми та особливості програмування.</i> <i>Літ.: [1], [2]</i>
3	Математична обробка первинних даних. Боротьба з шумами, виділення корисного сигналу на фоні випадкових завад. <i>Математична обробка отриманих автоматизованою системою даних. Обчислення у реальному часі і подальша обробка записаних вимірів. Виділення корисного сигналу з шуму. Статистичні методи, Фур'є-аналіз, фільтрація. Методи синхронного детектування.</i> <i>Літ.: [1], [2], [3], [4]</i>
4	Середовище графічного програмування LabView. Огляд можливостей пакета LabView. <i>Огляд системи LabVIEW або Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (Середовище розробки лабораторних віртуальних приладів). Можливості та особливості пакета, сфера його застосування. Вимоги до апаратної частини при застосуванні LabVIEW. Порівняння LabVIEW з іншими можливостями побудови систем</i>

	автоматизації фізичних досліджень. Літ.: [5], [14]
5	Основи програмування у системі LabView. Розробка віртуальних приладів. Графічне програмування у середовищі LabVIEW. Концепція віртуальних приладів і її порівняння з традиційним програмуванням. Огляд середовища розробки віртуальних приладів. Побудова першого простого віртуального приладу. Літ.: [8], [9]
6	Використання мікропроцесорів та спеціалізованих комп'ютерів при автоматизації фізичних досліджень. Однокристальні мікроконтролери. Використання мікропроцесорних модулів та спеціалізованих комп'ютерів при побудові автоматизованих систем вимірювання. Особливості промислових комп'ютерів. Однокристальні мікроконтролери – призначення та принцип роботи. Огляд існуючих сімейств однокристальних мікроконтролерів, особливості роботи з ними та можливість використання у побудові автоматизованих вимірювальних систем. Літ.: [10], [12], [13], [14]
7	Сімейство мікроконтролерів AVR та їх використання для побудови автоматизованих систем. Сімейство 8-бітних мікроконтролерів AVR. Особливості схемної архітектури, електричні параметри та схеми підключення. Вбудовані модулі АЦП, ШІМ та UART у AVR контролерах та можливості їх використання. Особливості програмування контролерів AVR. Використання AVR контролерів при побудові систем автоматизації фізичних досліджень. Літ.: [5], [7], [10], [11]
8	Плати Arduino та вимірювальні пристрої на їх основі у фізичних вимірюваннях. Плати Arduino на основі мікроконтролерів AVR, їх різновиди, призначення та можливості. Особливості програмування Arduino, стандартні програмні інструменти для роботи з ними. Вимірювальні та інтерфейсні модулі для роботи з Arduino. Програмні бібліотеки для Arduino. Використання Arduino для побудови автоматизованих вимірювальних систем. Літ.: [5], [7], [10], [11]
9	Мікроконтролери ARM у фізичних дослідженнях. Платформа Raspberry Pi та її можливості. Сімейство 32-бітних мікроконтролерів ARM. Особливості схемної архітектури, електричні параметри та схеми підключення. Особливості програмування контролерів ARM. Одноплатні комп'ютери Raspberry Pi на основі ARM процесорів, їх різновиди, особливості і можливості. Використання Raspberry Pi комп'ютерів при побудові систем автоматизації фізичних досліджень. Літ.: [6], [12], [13]

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

- № 1. Керування світло діодами за допомогою плати цифрового виводу ISO-C64.**
- № 2. Дослідження властивостей фотоопору за допомогою плати аналогового вводу PISO-813.**
- № 3. Запис і дослідження змінного електричного сигналу за допомогою звукової плати комп'ютера.**
- № 4. Визначення залежності електричного опору зразка від температури за допомогою модуля аналогового вводу ICP-CON I-7019.**
- № 5. Вимірювання температури та вологості повітря з використанням плати Arduino Mega 2560.**
- № 6. Розробка електронного термометра на основі плати Arduino Uno.**
- № 7. Розробка вимірювача напруженості магнітного поля на основі плати Arduino Uno.**

№ 8. Розробка стабілізатора температури на основі плати Arduino Uno.

№ 9. Керування роботою крокового двигуна на основі плати Arduino Uno.

11. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота аспіранта є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	24

Політика та контроль

12. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Обов'язкове відвідування аспірантами лекцій і лабораторних робіт. У разі хвороби аспірант зобов'язаний представляти медичну довідку, в інших випадках (наприклад, сімейні обставини) питання вирішується в індивідуальному порядку разом із викладачем. Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюються. У будь-якому випадку аспірантам рекомендується відвідувати усі види занять, оскільки на них викладається теоретичний матеріал і розвиваються практичні навички. Система оцінювання орієнтована в тому числі на отримання аспірантами заохочувальних балів за активність на самостійних і лабораторних заняттях, кількість заохочувальних балів за семестр не перевищує 6 балів.

13. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг за семестр складається з оцінки за лабораторні роботи та за виконання модульної контрольної роботи.

$$R_{\text{сум}} = R_{\text{практики}} + R_{\text{опитування}}$$

Критерії нарахування балів.

Опитування на лекційних заняттях

Ваговий бал – 5. максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює

$5 \times 7 = 35$ балів

бездоганна робота - 5 балів,

роботу виконано з незначними недоліками - 4 бали,

роботу виконано з певними помилками - 3 бали,

роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) 0 балів.

Практичні заняття

Ваговий бал – 5. максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює

$5 \times 13 = 65$ балів

бездоганна робота - 5 балів,

роботу виконано з незначними недоліками - 4 бали,

роботу виконано з певними помилками - 3 бали,

роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Таблиця 1. Критерії оцінювання результатів роботи в семестрі.

<i>№ з/п</i>	<i>Контрольні заходи</i>	<i>Максимальна кількість балів</i>
1	Опитування на лекційних заняттях	35
2	Практичні заняття	65
	Загалом	100

Семестровий контроль: залік.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

14. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Перелік запитань наведено в силабусі, який розміщено за посиланням <http://ukr.imaq.kiev.ua/>.

Перелік запитань

1. Загальні принципи побудови автоматизації досліджень у фізиці.
2. Види автоматизованих систем.
3. Додаткові можливості, які дає автоматизація експериментатору.
4. Апаратна та програмна частина автоматизованої системи.
5. Принципи роботи аналогово-цифрових перетворювачів.
6. Мікросхеми аналогово-цифрових перетворювачів.
7. Готові вимірювальні модулі, які застосовуються при побудові автоматизованих систем.
8. Вимірювальні прилади, які можна інтегрувати у склад автоматизованої системи.
9. Збереження і подальша обробка даних, виміряних системою.
10. Послідовні та паралельні інтерфейси, які використовуються для об'єднання окремих вимірювальних модулів у одну систему.
11. Шини ISA та PCI. Шина USB. Послідовні інтерфейси RS-232 та RS-485.
12. Модулі WiFi. Послідовні інтерфейси I2C та ISP при побудові мікропроцесорних систем.
13. Електричні схеми та особливості програмування.
14. Математична обробка отриманих автоматизованою системою даних.
15. Обчислення у реальному часі і подальша обробка записаних вимірів.
16. Виділення корисного сигналу з шуму. Статистичні методи, Фур'є-аналіз, фільтрація. Методи синхронного детектування.
17. Середовище графічного програмування LabView. Огляд можливостей пакета LabView.
Огляд системи LabVIEW або Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
(Середовище розробки лабораторних віртуальних приладів).
18. Можливості та особливості пакета, сфера його застосування. Вимоги до апаратної частини при застосуванні LabVIEW . Порівняння LabVIEW з іншими можливостями побудови систем автоматизації фізичних досліджень.
19. Графічне програмування у середовищі LabVIEW .
20. Концепція віртуальних приладів і її порівняння з традиційним програмуванням.
21. Огляд середовища розробки віртуальних приладів. Побудова першого простого віртуального приладу.

22. Використання мікропроцесорів та спеціалізованих комп'ютерів при автоматизації фізичних досліджень. Однокристальні мікроконтролери.
23. Використання мікропроцесорних модулів та спеціалізованих комп'ютерів при побудові автоматизованих систем вимірювання. Особливості промислових комп'ютерів.
24. Однокристальні мікроконтролери – призначення та принцип роботи. Огляд існуючих сімейств однокристальних мікроконтролерів, особливості роботи з ними та можливість використання у побудові автоматизованих вимірювальних систем.
25. Сімейство 8-бітних мікроконтролерів AVR. Особливості схемної архітектури, електричні параметри та схеми підключення.
26. Вбудовані модулі АЦП, ШІМ та UART у AVR контролерах та можливості їх використання. Особливості програмування контролерів AVR. Використання AVR контролерів при побудові систем автоматизації фізичних досліджень.
27. Плати Arduino на основі мікроконтролерів AVR, їх різновиди, призначення та можливості. Особливості програмування Arduino, стандартні програмні інструменти для роботи з ними. Вимірювальні та інтерфейсні модулі для роботи з Arduino.
28. Програмні бібліотеки для Arduino. Використання Arduino для побудови автоматизованих вимірювальних систем.
29. Сімейство 32-бітних мікроконтролерів ARM. Особливості схемної архітектури, електричні параметри та схеми підключення. Особливості програмування контролерів ARM.
30. Одноплатні комп'ютери Raspberry Pi на основі ARM процесорів, їх різновиди, особливості і можливості. Використання Raspberry Pi комп'ютерів при побудові систем автоматизації фізичних досліджень.