



Експериментальні дослідницькі установки

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i>
Освітня програма	<i>Прикладна фізика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>5 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>36 год. Лекцій, 18 год. Практичних занять</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., Доник Тетяна Василівна, моб. (063)483-18-45</i> Практичні: <i>к.т.н., Доник Тетяна Василівна, моб. (063)483-18-45</i>
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/my/

Програма навчальної дисципліни

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

Основною метою навчальної дисципліни «Експериментальні дослідницькі установки» є формування у студентів навичок зі створення та експлуатації експериментальних дослідницьких установок теплофізичного профіля та вміння використовувати технічні рішення, конструкції та приклади діючих і перспективних експериментальних установок.

Силабус навчальної дисципліни «Експериментальні дослідницькі установки» розроблений на основі принципу конструктивного вирівнювання (constructive alignment), що дозволяє передбачити необхідні навчальні завдання та активності, які потрібні студентам для досягнення очікуваних результатів навчання, а потім спроектувати навчальний досвід таким чином, щоб максимально збільшити можливості студентів досягти бажаних результатів.

Силабус побудований таким чином, що для виконання кожного наступного завдання студентам необхідно застосовувати навички та знання, отримані у попередньому. Фінальним завданням є залік, для здачі якого студенти використовують теоретичні знання та застосовують практичні навички, отримані під час виконання всіх видів завдань (практичних завдань та тематичних завдань) та активної участі на практичних заняттях (виконання поточних завдань та активностей). Особлива увага приділяється принципу заохочення студентів до активного навчання, у відповідності з яким студенти мають

працювати над практичними тематичними завданнями, які дозволять в подальшому вирішувати реальні проблеми та завдання.

Навчання під час практичних занять здійснюється на основі студентоцентрованого підходу та стратегії взаємодії викладача та студента з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок.

Під час навчання застосовуються:

- стратегії активного і колективного навчання;
- особистісно-орієнтовані розвиваючі технології, засновані на активних формах і методах навчання (метод ігрових та ситуативних карток, командна робота (team-based learning), парна робота (think-pair-share), метод мозкового штурму, дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати тощо);
- евристичні методи (методи створення ідей, методи вирішення творчих завдань, методи активізації творчого мислення);
- метод проблемно-орієнтованого навчання.

Для більш ефективного розуміння структури навчальної дисципліни та засвоєння матеріалу використовується «Електронний кампус», ZOOM та Telegram, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку студентам стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та оцінювання студентів.

Під час навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань, а також обладнання (проектор та електронні презентації для лекційних та семінарських занять).

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

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Експериментальні дослідницькі установки» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу.

3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем
Розділ 1. Вступ. Експериментальний стенд та експериментальна установка.
Тема 1.1. Місце та роль фізичного експерименту в науковому дослідженні.
Тема 1.2. Основні принципи експериментального стенду та експериментальної установки. Техніка безпеки.
Розділ 2. Нагрів робочих тіл та експериментальних ділянок.
Тема 2.1. Основні типи нагріву поверхні. Резисторний та індукційний нагрів. Енергетичний баланс.
Тема 2.2. Плазмотрони. Теплова ізоляція. Техніка безпеки.
Розділ 3. Техніка низьких температур.
Тема 3.1. Загальні принципи отримання низьких температур та використання в техніці.

Тема 3.2. Спеціальні методи отримання низьких температур. Установки для зжиження газів. Транспортування та зберігання криогенних рідин. Техніка безпеки.
Розділ 4. Термостатування.
Тема 4.1. Види систем термостатування. Термостати та кріостати.
Тема 4.2. Регулюючі пристрої та їх види. Термостатування на основі теплових труб.
<i>Контрольна робота 1</i>
Розділ 5. Створення газових потоків.
Тема 5.1. Класифікація та основні характеристики засобів створення газових потоків. Аеродинамічні труби та газодинамічні установки.
Тема 5.2. Основні елементи аеродинамічних труб та газодинамічних установок. Джерела зтисненого повітря. Техніка безпеки.
Розділ 6. Основи вакуумної техніки.
Тема 6.1. Основні поняття та рівняння вакуумної техніки.
Тема 6.2. Техніка отримання вакууму. Вакуумна камера.
Тема 6.3. Конструкційні матеріали. З'єднання в вакуумній системі.
<i>Контрольна робота 2</i>
Диф. залік

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. Експериментальні дослідницькі установки: Електронний конспект лекцій [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студ. спеціальності 105 «Прикладна фізика», спеціалізації «Фізика новітніх джерел енергії» / Т. В. Доник; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (9 файлів: сумою 3,65 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020.
2. Криловський В.С., Білецький В.І. Техніка низьких температур; Навчально – метод. посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2009 р. – 98с.
3. Теплотехніка: Навчальний посібник / О.І. Торяник, М.Т. Малафаєв, Фоцан А.Л./ ХДУХТ – Харків, 2008. – 160 с.
4. Малафаєв М.Т., Торяник О.І., Фоцан А.Л., Чеканов М.А. Лабораторний практикум з теплотехніки [Текст]: навч. посібник / М. Т. Малафаєв [та ін.]; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Х., 2011. – 87 с.
5. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Долінський А.А., Лазоренко В.О., Міщенко А.В., Шеліманова О.В. Теплотехніка: Підручник (під ред. Б.Х. Драганова). – 2-е вид., перероб. і доп. – Київ: Фірма «ІНКОС», 2005. – 400 с.
6. Буляндра О. Ф. Технічна термодинаміка [Текст] : підручник / О. Ф. Буляндра. – 2-ге. вид., випр. – К. : Техніка, 2006. – 320 с.
7. Теплотехніка та теплоенергетика : курс лекцій для студентів металургійних спеціальностей. Ч. 1. Теплотехніка / С.О.Коновалова, А.П.Авдеєнко. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 300 с

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
-------	--

1	<i>Місце та роль фізичного експерименту в науковому дослідженні.</i> Предмет та задачі курсу. Рекомендована література. Загальні відомості про лабораторії теплофізичного профілю.
Завдання на СРС:	Роль фізичного експерименту в науковому дослідженні. Яке місце експериментальне дослідження займає в магістерській роботі студента.
2	<i>Основні принципи експериментального стенду та експериментальної установки.</i> Приклади експериментального стенду та експериментальної установки. Планування та організація експериментальних досліджень. Безпека труда в лабораторіях та охорона навколишнього середовища.
Завдання на СРС:	Розглянути схеми експериментальних установок з бакалаврських робіт.
3	<i>Нагрів робочих тіл та експериментальних ділянок.</i> Основні типи нагріву поверхні. Резисторний та індукційний нагрів. Енергетичний баланс. Розрахунок корисної та встановленої потужності електронагрівачів.
Завдання на СРС:	Види теплових втрат в електронагрівачах. Нагрів в камерах згоряння, газові горілки.
4	<i>Нагрів робочих тіл та експериментальних ділянок.</i> Види плазмотронів. Теплова ізоляція. Техніка безпеки.
Завдання на СРС:	Використання плазмотронів в енергетиці. Нагрів за рахунок теплових труб. «Теплозапіраюча стінка», як вид теплової ізоляції.
5	<i>Техніка низьких температур.</i> Основні поняття. Загальні принципи отримання низьких температур та використання в техніці.
Завдання на СРС:	Використання техніки низьких температур в промисловості та в енергетики. Рефрижераторні установки.
6	<i>Техніка низьких температур.</i> Спеціальні методи отримання низьких температур. Основні установки для сжиження газів. Транспортування та зберігання криогенних рідин. Техніка безпеки.
Завдання на СРС:	Новітні матеріали, що застосовуються для виготовлення деталей, працюючих при низьких температурах.
7	<i>Термостатування.</i> Загальні відомості про системи термостатування. Види систем термостатування. Термостати та кріостати.
Завдання на СРС:	Приклади систем пасивного та активного термостатування.
8	<i>Термостатування.</i> Регулюючі пристрої та їх види. Термостатування на основі теплових труб.
Завдання на СРС:	Сучасні регулятори термостатування з використанням датчиків.
9	<i>Створення газових потоків.</i> Класифікація та основні характеристики засобів створення газових потоків. Аеродинамічні труби та газодинамічні установки.
Завдання на СРС:	Основні показники якості аеродинамічних та газодинамічних труб. Види аеродинамічних труб та їх приклади.
10	<i>Створення газових потоків.</i> Основні елементи аеродинамічних труб та газодинамічних установок. Техніка безпеки.

Завдання на СРС:	Глушники шуму та їх види. Джерела зтисненого повітря.
11	<i>Основи вакуумної техніки.</i> Використання вакууму в науці та техніці. Основні поняття та рівняння вакуумної техніки.
Завдання на СРС:	Використання вакууму в промисловості.
12	<i>Основи вакуумної техніки.</i> Техніка отримання вакууму. Вакуумна камера та конструктивні елементи вакуумної системи.
Завдання на СРС:	Вимоги до комутаційної апаратури.
13	<i>Основи вакуумної техніки.</i> Основі питання проектування та принципова схема вакуумної системи. Конструкційні матеріали. З'єднання в вакуумній системі.
Завдання на СРС:	Види ущільнювачів для стиків розбірних з'єднань.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Організація експериментального стенду та експериментальної установки теплофізичного профілю. Аналіз експериментального стенду по вивченню теплообміну та гідродинаміки в трубі з частковою закруткою потоку. Планування та організація експериментальних досліджень та система вимірювань.
Завдання на СРС:	Скласти експериментальний стенд по дослідженню майбутньої магістерської роботи зі системою вимірювань.
2	Основні типи нагріву поверхні. Основі розрахунки при резисторному та індукційному нагріві.
Завдання на СРС:	Нагрів в камерах згоряння, газові горілки. Техніка безпеки при використанні нагрівальних елементів.
3	Плазмотрони та застосування їх в науці та техніці. Основі правила техніки безпеки по експлуатації плазмотронів. Розрахунок теплової ізоляції.
Завдання на СРС:	Використання плазмотронів в промисловості. Основні схеми плазмотронів та принцип їх дії.
4	Техніка низьких температур. Схеми установок для зжиження газів. Основні положення техніки безпеки при експлуатації установок для отримання низьких температур.
Завдання на СРС:	Приклад пристрою для зберігання криогенної рідини. Цикли з розширенням газу в детандерах та дроселювання для отримання низьких температур.
5	Термостатування. Основні схеми термостатів та кріостатів. Принцип їх роботи та застосування на практиці.
Завдання на СРС:	Види ізоляції для термостатів та кріостатів. Зробити приклад найпростішого термостату.
6	Схеми регулювання з ртутним термоконтрактом. Виконуючі пристрої та розрахунок нагрівача.

Завдання на СРС:	Приклад теплової труби при термостату ванні. Основні вимоги до виконуючих пристроїв.
7	Створення газових потоків. Схеми аеродинамічних труб та газодинамічних установок. Основні характеристики аеродинамічних труб. Безпека праці в газодинамічних лабораторіях.
Завдання на СРС:	Види компресорних станцій, що використовуються для створення газових потоків. Ежектори в аеродинамічних та газодинамічних установках.
8	Техніка для отримання вакууму. Основні види вакуумних насосів. Принцип дії кріогенних насосів та їх основні групи.
Завдання на СРС:	Приклад принципової схеми вакуумної системи та її розрахунок. Оцінка герметичності вакуумної системи.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу
1	<i>Експериментальний стенд та експериментальна установка.</i> Роль фізичного експерименту в науковому дослідженні. Яке місце експериментальне дослідження займає в магістерській роботі студента. Розглянути схеми експериментальних установок з бакалаврських робіт. Скласти експериментальний стенд по дослідженню майбутньої магістерської роботи зі системою вимірювань.
2	<i>Нагрів робочих тіл та експериментальних ділянок.</i> Види теплових втрат в електронагрівачах. Нагрів в камерах згоряння, газові горілки. Використання плазмотронів в енергетиці. Нагрів за рахунок теплових труб. «Теплозапіраюча стінка», як вид теплової ізоляції. Нагрів в камерах згоряння, газові горілки. Техніка безпеки при використанні нагрівальних елементів. Використання плазмотронів в промисловості. Основні схеми плазмотронів та принцип їх дії.
3	<i>Техніка низьких температур.</i> Використання техніки низьких температур в промисловості та в енергетики. Рефрижераторні установки. Новітні матеріали, що застосовуються для виготовлення деталей, працюючих при низьких температурах. Приклад пристрою для зберігання кріогенної рідини. Цикли з розширенням газу в детандерах та дроселювання для отримання низьких температур.
4	<i>Термостатування.</i> Приклади систем пасивного та активного термостатування. Сучасні регулятори термостатування з використанням датчиків. Види ізоляції для термостатів та кріостатів. Зробити приклад найпростішого термостату. Приклад теплової труби при термостату ванні. Основні вимоги до виконуючих пристроїв.
5	<i>Створення газових потоків.</i> Основні показники якості аеродинамічних та газодинамічних труб. Види аеродинамічних труб та їх приклади. Глушники шуму та їх види. Джерела зтисненого повітря. Види компресорних станцій, що використовуються для створення газових потоків. Ежектори в аеродинамічних та газодинамічних установках.
6	<i>Основи вакуумної техніки.</i> Використання вакууму в промисловості. Вимоги до комутаційної апаратури. Види ущільнювачів для стиків розбірних з'єднань. Приклад принципової схеми вакуумної системи та її розрахунок. Оцінка герметичності вакуумної системи.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Конспект лекційних занять ¹	2 бали	Порушення термінів виконання (лабораторна робота) (за кожен таку лабораторну роботу)	-2 бали
Участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни)	5 балів		

Відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання поточного завдання, практичних задач та тематичних завдань. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50% від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Тематичне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, не оцінюється.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами².

Критерій	Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації ³	8-ий тиждень	16-ий тиждень

¹ Мають бути законспектовані всі лекції власноруч, після перевірки конспекту лекційних занять конспект позначається для запобігання його передачі іншим студентам.

² Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

³ Там само.

Умови отримання атестації	Поточний рейтинг ⁴		≥ 13 балів	≥ 30 балів
	Поточний контрольний захід	Модульна контрольна робота 1	+	+
	Поточний контрольний захід	Модульна контрольна робота 2	+	+

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Дистанційне навчання (необов'язковий пункт)

Дистанційне навчання здійснюється через ZOOM, Telegram, електронну пошту тощо. Проводяться заняття онлайн, надаються всі необхідні матеріали, видаються завдання для самостійної роботи з можливістю консультування з викладачем, подальша їх перевірка та оцінювання.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Експериментальні дослідницькі установки» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім студентів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Навчання іноземною мовою

Враховуючи студентоцентризований підхід, за бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англomовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

• .

⁴ Там само.

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

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Активність на лекційних заняттях	18	1	18	18
2.	Тематичні завдання	13	13	1	13
3.	Модульна контрольна робота 1 (МКР)	10	10	1	10
4.	Модульна контрольна робота 2 (МКР)	10	10	1	10
5.	Активність на практичних заняттях	9	1	9	9
6.	Залік	40	40	1	40
	Всього				100

Результати всіх робіт та завдань оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі та супроводжуються оціночними листами, в яких студенти можуть побачити свою оцінку за певними критеріями, а також позначення основних помилок та коментарі до них, зауваження тощо.

Семестрова атестація студентів

Обов'язкова умова допуску до заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	$RD \geq 30$
2	Поточний контрольний захід	Модульна контрольна робота

Необов'язкові умови допуску до заліку:

1. Активність на практичних заняттях.
2. Позитивний результат першої атестації та другої атестації.
3. Відвідування лекційних занять.
4. Відвідування практичних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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

Співбесіда

На останньому за розкладом занятті викладач проводить семестрову атестацію у вигляді співбесіди зі студентами, які не змогли отримати за рейтингом позитивну оцінку, але були допущені до семестрової атестації, а також з тими, хто бажає підвищити свою позитивну оцінку.

Студенти, які набрали протягом семестру менше ніж 60 балів ($RD < 30$), зобов'язані проходити співбесіду.

Студенти, які протягом семестру отримали більш ніж 60 балів, можуть пройти співбесіду з метою підвищення оцінки. Якщо результати співбесіди є позитивними, студент отримує оцінку за результатами співбесіди. Якщо результати співбесіди є негативними або нижчими за бажаний рівень знань для оцінку, на яку студент претендує, студент отримує оцінку згідно зі своїм рейтингом.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Питання, що виносяться на залік курсу «Експериментальні дослідницькі установки»

Розділ 1. Нагрів робочих тіл та експериментальних ділянок

1. Резисторний та індукційний нагрів.
2. Плазмотрони та їх основні типи.
3. Ударні труби.
4. Нагрів тіл лазерним випромінюванням, за рахунок випромінювачів та електронний нагрів.
5. Теплова ізоляція та основні її види.

Розділ 2. Техніка низьких температур

1. Основні принципи отримання низьких температур.
2. Процеси зрідження газів, які основані на ефекті дроселювання.
 - 2.1. Цикл з простим дроселюванням.
 - 2.2. Цикл з дроселюванням та проміжним охолодженням.
3. Цикл з розширенням газу в детандері та дроселюванні.
4. Рефрижераторні установки.
5. Установки з використанням вихрового ефекту (ефект Ранка) та термоелектричне охолодження.
6. Матеріали, що застосовуються для виготовлення деталей, що працюють при низьких температурах.

Розділ 3. Термостатування.

1. Види систем термостатування.
2. Термостати, їх види та принципи роботи.
3. Кріостати.
4. Регулюючі пристрої.
5. Виконуючі пристрої.
6. Термостатування на основі теплових труб.

Розділ 4. Створення газових потоків.

1. Класифікація та основні характеристики засобів газових потоків.
2. Аеродинамічні труби короткочасної дії та їх види (в залежності від приводу).
3. Газодинамічні установки, принцип дії ежекторів.
4. Основні елементи аеродинамічних труб та газодинамічних установок.
5. Джерела стисненого повітря.

Розділ 5. Вакуумна техніка.

1. Основні поняття та рівняння вакуумної техніки.
2. Основні параметри вакуумних насосів.

Типи вакуумних насосів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старший викладач, к.т.н, Доник Тетяна Василівна

Ухвалено кафедрою прикладної фізики (протокол № 6 від 11.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією НН Фізико-технічного інституту ⁵(протокол № 6 від 27.06.2024 р.)

⁵ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.