Національна академія наук України

ІНСТИТУТ ГАЗУ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Інституту газу
НАН України
член-кореспондент НАН України,
д.т.н., проф.
_____ Г.В. Жук
«30» вересня 2026 р.

Генерування та використання низькотемпературної плазми

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки _____доктора філософії
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності __144 “Теплоенергетика ”
(шифр і назва)

та

спеціальності _G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією)
(шифр і назва)

спеціалізація _G4.02 Теплоенергетика_____
(шифр і назва)

Ухвалено Вченою радою Інституту газу НАН України

Протокол № 11 від 30 вересня 2026 року

Голова _____ Г.В. Жук
(підпис) (ініціали, прізвище)

30.09.2026 року

Вводиться в дію з « 01 » жовтня 2026 року.

КИЇВ – 2026

Робоча програма навчальної дисципліни «Генерування та використання низько-температурної плазми» (силабус) для аспірантів за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», галузі знань 14 «Електрична інженерія», третього освітньо-наукового рівня доктор філософії в галузі електричної інженерії, за денною/заочною формою навчання.

Робоча програма навчальної дисципліни «Генерування та використання низько-температурної плазми» (силабус) для аспірантів за спеціальністю G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією), спеціалізація G4.02 «Теплоенергетика» в галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво, третього освітньо-наукового рівня доктор філософії, за денною/заочною формою навчання.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Завідувач відділу плазмових процесів і технологій, чл.-кор. НАН України, д-р фіз.-мат. наук, проф. Жовтянський Віктор Андрійович

(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

1. Опис кредитного модуля

<table>
<tr><th>Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</th><th>Загальні показники</th><th>Характеристика кредитного модуля</th></tr>
<tr><td>Галузь знань:
14 «Електрична інженерія»
G «Інженерія, виробництво та будівництво»</td><td>Назва навчальної дисципліни, до якої належить кредитний модуль
«Генерування та використання низькотемпературної плазми»</td><td>Форма навчання
денна / заочна</td></tr>
<tr><td>Спеціальність:
144 «Теплоенергетика»
G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією)</td><td>Кількість кредитів
ECTS – 6</td><td>Статус кредитного модуля
Вибіркова частина підготовки</td></tr>
<tr><td>Спеціалізація:
G4.02 Теплоенергетика</td><td>Кількість розділів – 2</td><td>Цикл, до якого належить кредитний модуль
немає</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Освітньо-науковий рівень: доктор філософії</td><td></td><td>Рік підготовки: 3-й
Семестр: 6-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість 180 год.</td><td>Лекції 15 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні (семінарські) 15 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>Самостійна робота 150 год.</td></tr>
<tr><td>Вид та форма семестрового контролю:
Екзамен</td></tr>
</table>

Кредитний модуль «Генерування та використання низькотемпературної плазми» входить до вибіркової частини підготовки та має важливе значення у підготовці більш спеціалізованого фахівця з теплоенергетики. У структурно-логічній схемі програми підготовки з даного напряму навчальна дисципліна «Генерування та використання низькотемпературної плазми» забезпечує інші навчальні дисципліни у програмі підготовки фахівця, які потребують знань, щодо генерування та використання низькотемпературної плазми.

Загальний курс кредитного модуля «Генерування та використання низькотемпературної плазми» становить важливу складову наукової та інженерної освіти спеціалістів з теплоенергетики, які здійснюють науково-технічну діяльність у цьому напрямку.

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування у аспірантів здатностей:

- логічного мислення, розвиток інтелектуальних здібностей;
- виховання у здобувачів науково-технічної культури, необхідної ерудиції та інтуїції у питаннях прикладного застосування інженерно-фізичних знань;
- застосування інженерно-фізичних знань у розв'язанні інженерних розрахунків;
- доводити розв'язок задачі до практично прийнятного результату – числа, графіка, якісного висновку із застосуванням довідників, таблиць, обчислювальних засобів;
- самостійно вивчати літературу із генерування та використання низькотемпературної плазми;
- вироблення навичок аналізувати і застосовувати одержані результати.

2.2.Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- основних відмінностей плазми від нейтрального газу;
- природи основних видів електричних розрядів у газах та закономірності генерування плазми в дугових і жевріючих розрядах;
- ефектів тепло- та масоперенесення в плазмі, особливостей розрахунку тепло- та масообміну в гетерогенних процесах;
- методів енерготехнологічних застосувань плазми;
- термодинаміки процесу газифікації вуглецевмісних відходів з використанням плазмових технологій;
- кінетики процесів утворення оксидів азоту при генеруванні повітряної плазми;
- плазмохімічних ефектів у технологіях модифікації поверхні виробів;

уміння:

- визначати концентрації електронів і температуру частинок плазми на основі спектральних вимірювань;
- визначати параметри газорозрядної плазми на основі використання зондових методів її діагностики;

- розрахувати енергетичну ефективність процесу газифікації вуглецевмісної сировини;
- експлуатувати дослідні та пілотні плазмові установки для модифікації поверхні виробів та переробки відходів;

досвід:

- навчитися працювати з інформаційними ресурсами, підручниками, довідниками та інш.;
- навчитися розв'язувати технічні задачі, одержані в результаті математичного моделювання процесів;
- використовувати методи теорії генерування та використання низькотемпературної плазми при розв'язуванні наукових, технологічних, управлінських та інших задач.

Інтегральна компетентність: Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у теплоенергетичній галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності, яких набуває здобувач:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного світогляду із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові) компетентності, яких набуває здобувач:

С(Ф)К01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямах

С(Ф)К04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень

С(Ф)К05. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проєкти, проявляти лідерство під час їх реалізації.

С(Ф)К06. Здатність розуміти сучасні проблеми науково-технічного та екологічного аспектів розвитку енергетики, знати сучасні технології енерго-, еколого- та ресурсозбереження.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримувати нові знання та/або здійснювати інновації.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів із використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і ре-

зультати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.
ПРН06. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.
ПРН09. Проводити критичний аналіз різних інформаційних джерел конкретних освітніх, наукових та професійних текстів в сфері обраної спеціальності; вміння виявляти теоретичні та практичні проблеми, а також дискусійні питання в конкретних освітніх, наукових та професійних текстах в сфері теплоенергетики, критично сприймати та аналізувати чужі думки та ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми.

Програмні результати навчання професійного спрямування вибіркових дисциплін:

1. Знати основні відмінності плазми від нейтрального газу; природу основних видів електричних розрядів у газах та закономірності генерування плазми в дугових і жевріючих розрядах; ефекти тепло- та масоперенесення в плазмі, особливості розрахунку тепло- та масообміну в гетерогенних процесах; методи енерготехнологічних застосувань плазми; термодинаміку процесу газифікації вуглецевмісних відходів з використанням плазмових технологій; кінетику процесів утворення оксидів азоту при генеруванні повітряної плазми; плазмохімічні ефекти у технологіях модифікації поверхні виробів.
Вміти визначати концентрації електронів і температуру частинок плазми на основі спектральних вимірювань; визначати параметри газорозрядної плазми на основі використання зондових методів її діагностики; розраховувати енергетичну ефективність процесу газифікації вуглецевмісної сировини; розробляти та експлуатувати дослідні та пілотні плазмові установки для модифікації поверхні виробів та переробки відходів.

3. Структура кредитного модуля

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практ. (семін.)	Лаборат. (комп.пр.)	СРА
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Розділ 1. Низькотемпературна плазма та методи її генерування					
Тема 1.1. Загальні властивості плазми та її діагностика	42	6	6		30
Тема 1.2. Плазма електричних розрядів.	48	4	4		40
Разом за розділом 1	**90**	**10**	**10**		**70**
Розділ 2. Енерготехнологічні застосування низькотемпературної плазми					
Тема 2.1. Плазмові технології. Екологічні переваги та обмеження щодо застосування плазми	44	2	2		40
Тема 2.2. Переробка небезпечних відходів з використанням плазмових технологій.	46	3	3		40
Разом за розділом 2	**90**	**5**	**5**		**80**
ВСЬОГО	**180**	**15**	**15**		**150**

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів[1], посилання на літературу та завдання на СРА)
1	***Плазма – четвертий стан речовини.*** Плазма в природі та історія її досліджень. Видатні українські вчені в області фізики плазми. Квазінейтральність плазми. Радіус екранування Дебая. Іонізація та рекомбінація частинок у плазмі. *Рекомендована література* [1, 2, 8, 10], [1(Допоміжна),7(Допоміжна)]. *СРА.* Рух заряджених частинок у плазмі. Взаємодія електронів і йонів з нейтральними частинками. *Рекомендована література* [2, Гл. 1, § 1.3; Гл. 3, §3.3].
2	***Кінетика зарядів у плазмі.*** Особливості руху зарядів у газах з урахуванням їх взаємодії з атомами. Поняття рухомості йонів, її зв'язок з дифузійними явищами. Амбіполярна дифузія. Коефіцієнт акомодації. *Рекомендована література* [8] *СРА.* Провідність іонізованого газу. Енергія електронів.

[1] Основними дидактичними засобами на лекції є дошка, крейда, а за потреби - комп'ютерна техніка для дистанційного навчання.

	Рекомендована література [8, Гл. 4 §§ 2, 3].
3	***Діагностика плазми.*** Випромінювання плазми. Локальна термічна рівновага плазми. Оптична діагностика плазми. Електричний зонд у плазмі. *Рекомендована література* [2 – 4, 6, 8], [3 (Допоміжна)]. *СРА.* Випромінювання та селективне поглинання спектральних ліній. Подвійний зонд. Зонд у плазмі підвищеного тиску. *Рекомендована література* [8, Гл. 9, §§ 6, 7; Гл. 11, § 7, 8].
4	***Електричні розряди в газі***. Види електричних розрядів. Жевріючий розряд та використання його нерівноважних властивостей у технологіях модифікації поверхні виробів. *Рекомендована література* [8] *СРА.* Вольт-амперна характеристика розряду між електродами. *Рекомендована література* [8, Гл. 14, §§2 – 7, 13].
5	***Генерування щільної плазми в дугових розрядах.*** Дуговий розряд. Рівняння енергії для плазми дугового розряду. Електродугові технології напилювання поверхні металевих виробів. Плазмотрон. *Рекомендована література* [7 – 9, 16] *СРА.* Термодинамічні та транспортні властивості рівноважної плазми. *Рекомендована література* [8, Гл. 8, §§1-5].
6	***Плазмові технології. Екологічні переваги та обмеження щодо застосування плазми.*** Оксиди азоту як джерело забруднень атмосфери у високотемпературних процесах в енергетиці. Ланцюгові реакції. Особливості утворення оксидів азоту в повітряній плазмі. *Рекомендована література* [12, 16, 17], [2, 4 – 6, 8 (Допоміжна)].
7	***Термодинаміка процесу газифікації вуглецевмісних відходів з використанням плазмових технологій.*** Переробка відходів як вуглецевмісної сировини. Небезпечні відходи та вимоги щодо їх екологічно чистої переробки. Рівняння термохімії для переробки відходів з використанням плазмових технологій. *Рекомендована література* [13].
8	**Установка для переробки небезпечних відходів з використанням плазмових технологій.** Енергетична ефективність технології переробки відходів з використанням плазмових технологій. *Рекомендована література* [13, 14].

5. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: навчитися застосовувати теоретичні знання до розв’язування практичних задач, виробити навички роботи з інформаційними ресурсами і оволодіти методами теорії «Генерування та використання низькотемпературної плазми» для розв’язування задач, що виникають в результаті моделювання фізико-технічних та хіміко-технологічних процесів.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення[2], посилання на літературу та завдання на СРА)
1	***Млинок Крукса.*** Розрахунок чутливості млинка Крукса. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 1. §1]
2	***Електростатичне відхилення променя електронів.*** Розрахунок чутливості осцилографічної трубка з електростатичним відхиленням променя. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 1. §2]
3	***Рух електрона в однорідному поздовжньому магнітному полі.*** Розрахунок струму в обмотці соленоїда. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 1. §3]
4	***Втрати енергії електроном у пружному зіткненні з атомами.*** Визначення втрат. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 3. §23]
5	***Передача енергії електроном у непружному зіткненні частинок.*** Визначення втрат. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 3. §24]
6	***Рухомість електрона в електричному полі.*** Визначення дрейфової швидкості електронів. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 3. §25]
7	***Проходження електронного пучка через газ.*** Визначення кількості іонізацій пучком. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 3. §26]
8	**Кількість іонізацій, здійснюваних електроном у дрейфовому русі**. Визначення кількості іонізацій електроном. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 3. §28]
9	**Рухомість іонів**. Розрахунок рухомості. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 3. §32]
10	**Термічна іонізація газу.** Визначити концентрацію електронів у плазмі при заданій температурі. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 3. §34]
11	**Збудження атомів електронним пучком**. Визначення ефективних перерізів. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 3. §37]
12	**Рекомбінація йонів**. Визначення середнього часу життя йона. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 3. §38]
13	***Іонізація в плазмі***. Визначення частоти іонізації. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 5. §46]
14	***Випромінювання плазми***. Визначення потужності резонансного випромінювання. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 5. §47]

[2] Проведення практичних занять не передбачає застосування технічних дидактичних засобів. Основними дидактичними засобами на практичних заняттях є конспект лекцій, підручник, збірник задач.

15	***Температура молекул у плазмі***. Визначення температури. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 5. §48]
16	***Температура електронів плазми***. Визначити температуру електронів у жевріючому розряді. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 5. §52]
17	***Баланс енергії в плазмі.*** Визначити потужність джерела на підтримання плазми. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 5. §54]
18	***Ступінчата іонізація в плазмі***. Визначити рівень ступінчатої іонізації. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 5. §49]
19	***Дифузія квантів випромінювання плазми.*** Визначити ослаблення потужності резонансного випромінювання плазми. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 5 §56]
20	***Зондова діагностика плазми.*** Визначити температуру нагрівання зонда. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 5 §60]
21	***Плазма дугового розряду.*** Визначити мінімальний тиск, необхідний для утворення дугового розряду. *Рекомендовані завдання на СРА* [15, Гл. 8 §98]

6. Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів)

Не передбачено.

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми
1	Рух заряджених частинок у плазмі. Взаємодія електронів і йонів з нейтральними частинками. *Рекомендована література* [2, Гл. 1, § 1.3; Гл. 3, §3.3].
2	Провідність іонізованого газу. Енергія електронів. *Рекомендована література* [8, Гл. 4 §§ 2, 3].
3	Випромінювання та селективне поглинання спектральних ліній. Подвійний зонд. Зонд у плазмі підвищеного тиску. *Рекомендована література* [8, Гл. 9, §§ 6, 7; Гл. 11, § 7, 8].
4	Вольт-амперна характеристика розряду між електродами. *Рекомендована література* [6], [8, Гл. 14, §§2 – 7, 13].
5	Термодинамічні та транспортні властивості рівноважної плазми. *Рекомендована література* [8, Гл. 8, §§1-5]. Залік.
6 – 7	Розрахункова робота *«Визначення енергетичної ефективності установки для переробки небезпечних відходів з використанням плазмових технологій»* . *Рекомендована література* [13, Гл. 1 (§§1.7)].
8	**Залік**

8. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання складаються з розрахункової роботи *«Визначення енергетичної ефективності установки для переробки небезпечних відходів з використанням плазмових технологій»* .

Основна ціль розрахункової роботи: закріпити знання, одержані на лекційних і практичних заняттях, продемонструвати вміння самостійно розв'язувати поставлені задачі.

Розрахункова робота передбачає вирішення аспірантами певної практичної задачі з матеріалу усього кредитного модуля на основі засвоєння теоретичного матеріалу, включає певний ілюстраційний матеріал і сприяє поглибленому засвоєнню методів розв'язку типових фізико-технічних та хіміко-технологічних задач, що мають прикладне значення. Виконання розрахункової роботи здійснюється на основі матеріалів публікації [13]. Брутто-формулу складу небезпечних відходів задає керівник відділу плазмових процесів і технологій.

9. Засоби діагностики успішності навчання

Екзамен з навчальної дисципліни проводиться на останньому практичному занятті курсу і є усно-письмовим. Білети екзамену складаються з одного теоретичного та одного практичного завдання. Здобувачу не дозволяється користуватися ніякими додатковими матеріалами чи обладнанням, окрім ручки та паперу, який проштамповується і з якого здобувач може зачитувати відповіді.

До екзамену допускається здобувач, якій виконав необхідні умови допуску до екзамену (див.розділ 10).

10. Рейтингова система оцінювання (РСО)

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за поточну роботу на практичних семінарських заняттях та за виконання індивідуального завдання (з врахуванням штрафних та заохочувальних балів), всього максимально 100 балів:

Робота на практичних (семінарських) заняттях:

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює 10 балів х 7 відповідей – 70 балів.

Критерії оцінювання

- «Відмінно», повна і вичерпна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів.
- «Добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 8 балів.
- «Задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 6 балів.
- «Незадовільно», в усіх інших випадках – 0 балів.

Виконання індивідуального завдання:

Максимальна кількість балів складає – 30 балів.

Штрафні бали: знімається по 1 балу за відсутність без поважної причини на практичних заняттях або непідготовленість до них (максимально 5 балів).

Заохочувальні бали: додається по 1 балу за удосконалення дидактичного матеріалу, що відповідає одній лекції (практичному заняттю) курсу або активну участь у роботі на практичному занятті (максимально 5 балів). За участь у наукових конференціях додається 1 бал, виступу із доповіддю – 3 бали, публікацію статті – 5 балів (якщо загальна кількість балів рейтингу аспіранта з кредитного модуля вже досягла 100 балів, то заохочувальні бали не нараховуються).

Допуск до екзамену:

Аспірант допускається до екзамену у випадку, якщо за курс дисципліни на практичних семінарських заняттях набрано не менше 60 балів (з врахуванням штрафних та заохочувальних балів).

Максимальна кількість балів за складання екзамену складає – 100 балів.

Фінальний рейтинг (оцінка) за дисципліну складається з суми балів набраних за поточну роботу на практичних семінарських заняттях та за виконання індивідуального завдання (з врахуванням штрафних та заохочувальних балів) помножених на ваговий коефіцієнт 0,5 та оцінки за екзамен (за 100 бальною шкалою) помноженим на ваговий коефіцієнт 0,5 (всього максимально 100 балів).

Відповідність між балами шкали ECTS та традиційними оцінками:

Рейтинг	**Оцінка ECTS**	**Традиційна оцінка**
Від 95 до 100	A – відмінно	відмінно
Від 85 до 94	B – дуже добре	добре
Від 75 до 84	C – добре	
Від 65 до 74	Д – задовільно	задовільно
Від 60 до 64	E – достатньо	
Від 40 до 59	FX – незадовільно	незадовільно
Від 0 до 39	F – незадовільно, потрібна додаткова робота	Не допущено

11. Методичні рекомендації

Послідовність вивчення тем та їх розподіл узгоджуються із викладачами суміжних дисциплін. Строгість та детальність викладання розділів та тем навчальної програми вирішується відділом.

11.1 Методика вивчення кредитного модуля

На початку викладання лекційного матеріалу з нової теми бажано дати цілісну і повну характеристику розділу і теми, навести ключові слова і основні поняття, які розглядатимуться. Далі деталізувати матеріал, навести строгі означення, сформулювати принципи та положення з даної теми і, по можливості, обгрунту-

вати. Запропонувати аспірантам деякі факти обгрунтувати самостійно. Проілюструвати теоретичний матеріал прикладами. Звернути особливу увагу на ключові моменти обгрунтування.

11.2. Рекомендації, щодо забезпечення наочності навчальних занять

11.2.1. Для забезпечення наочності лекцій можливо навести приклади відповідних практичних застосувань стосовно матеріалу, що вивчається. Використовувати знаково-символічні засоби – формули, графіки, рисунки, що дає змогу виокремити суть предмета вивчення, тобто сприяє розвитку мислення й уяви.

11.2.2. На початку практичних занять необхідно повторити ключові означення і поняття з теоретичного матеріалу, користуючись конспектом лекцій, підручником чи посібником. Спираючись на приклади, наведені у лекціях, індивідуально розв'язувати задачі, які пропонує викладач зі збірників або методичних рекомендацій до практичних робіт. На початку або вкінці практичного заняття можливо провести невелику самостійну роботу. Результати оголосити на наступному занятті.

11.3. Застосування нових технологій навчання

Використання комп'ютерних технологій допоможе аспіранту у перевірці правильності виконання задач, а також пошуку додаткової інформації для їх розв'язування.

11.4. Використання методичних прийомів і засобів, рекомендацій щодо методики проведення занять

Доречно пропонувати аспірантам самостійно розглянути деякі питання теми лекції, вказати підручники та інформаційні ресурси, де можливо поглиблено ознайомитись з введеними поняттями, навести історичні факти, які призвели до появи нових понять.

Кожне практичне заняття проводиться тільки після розгляду відповідної теми на лекції. За спільного бажання аспірантів і лектора можливе проведення проблемної лекції або лекції у формі наукового диспута.

12. Рекомендована література

13.1. Базова

1. Загородній А.Г., Момот А.І. Вступ до кінетичної теорії плазми – К.: Наукова думка, 2015.

2. Plasma Physics: Elementary Plasma Physics. By Lev A. Arzimovich. Blaisdell (Ginn), New York, 1965.

3. Plasma Diagnostic Techniques . Edited by R. H. Huddlestone and S. L. Leonard. Academic Press, 1965.

4. W. Lochte-Holtgreven. Plasma Diagnostics. North-Holland Publishing Company, 1968.

5. Physics and Technology of Low-temperature Plasmas. By S. V. Dresvin, A. V. Donskoĭ. Iowa State University Press, 1977.

6. V. Zhovtyansky, E. Kolesnikova, Yu. Lelyukh, and Ya. Tkachenko. Electric arc I–V modeling and related plasma spectrometry issues // AIP Advances. – 2022. – 12. – 10.1063/5.0006663. – 41 pp. https://doi.org/10.1063/5.0006663

7. Пащенко В. М. Генерування потоків плазми та керування їх енергетично-просторовими параметрами. – К. : Гнозіс, 2014.

8. Raizer Yu. P. Gas Discharge Physics. Springer-Verlag, Berlin, 1991.

9. Пащенко В.М. Комбіновані та гібридні технології у зварюванні та інженерії поверхні. – К. 2017.

10. Plasma The Fourth State of Matter / by D.A.Frank- Kamenetskii. London : Macmillan Education UK : Imprint: Red Globe Press, 1972.

11. В.А. Жовтянський, Ю.І. Лелюх, В.М. Патріюк. Моделювання контрагованих та вільнопідтримуваних електричних дуг між плавкими електродами. 1. Припущення рівноважного стану плазми // Укр. фіз. журн. – 2008. – Т. 53, №8. – С. 765 – 771.

12. В.А. Жовтянський. Плазмохімічні ефекти і деякі фундаментальні проблеми фізики газового розряду // Укр. фіз. журн. – 2008. – Т.53, №5. – С. 488 – 494.

13. Петров С.В., Жовтянский В.А. Енергоефективні пароплазмові технології переробки відходів / Монографія. – К.: Наукова думка, 2019. – 559 с.

14. V. Zhovtyansky, V. Valinčius. Efficiency of Plasma Gasification Technologies for Hazardous Waste Treatment // Gasification for Low-grade Feedstock (ISBN 978-1-78923-289-9) / Monograph; Ed. Yongseung Yun. – London: InTechOpen, 2018.

Адреса доступу: https://doi.org/10.5772/intechopen.74485

15. Левитский С.М. Збірник завдань та розрахунків з фізичної електроніки «Видавництво Київського університету», – 1964.

16. Пащенко В.М. Дугові генератори в технологіях інженерії поверхні. Харків: Мачулін, 2018.

17. Плазмові технології / В. А. Жовтянський // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2024. – Режим доступу: https://esu.com.ua/article-882637

12.2. Допоміжна

1. Жовтянський В.А. Електричного розряду в газі фізика // Енциклопедія Сучасної України. – К., 2009. – Т. 9. – С. 131 – 134.

2. Physics of Shock Waves and High-Temperature Hydrodynamic Phenomena. By Ya. B. Zel'dovich & Yu. P. Raizer. Dover, 2002.

3. Plasma Spectroscopy. Hans R. Griem. McGraw-Hill, New York, 1964.

4. Yu. Warnatz, U. Maas and R. W. Dibble. Combustion. Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulations, Experiments, Pollutant Formation. Springer, 2001.

5. V. A. Zhovtyansky, S. V. Petrov, Yu. I. Lelyukh, I. O. Nevzglyad, Yu. A. Goncharuk. Efficiency of Renewable Organic Raw Materials Conversion Using Plasma Technology // IEEE Trans. Plasma Sci. – 2013. – V. 41, N 12. – P. 3233 – 3239.

6. I. V. Arsentiev, A. M. Starik, V. A. Zhovtyansky and Yu. A. Honcharuk. Nonequilibrium processes of nitric oxides formation in plasma-assisted waste gasification: modeling study // Advanses in Nonequilibrium Processes: Plasma,

Combustion, and Atmosphere / Ed. A.M. Starik and S.M.Frolov. – Moscow: Torus Press, 2014. – P. 272 – 277. ISBN 978-5-94588-155-6.

Адреса доступу:
https://www.researchgate.net/profile/Alexander_Starik/publication/270278954_Nonequilibrium_Processes_of_Nitric_Oxides_Formation_in_Plasma-Assisted_Waste_Gasification_Modeling_Study/links/54e4f1c70cf22703d5bfde3d/Nonequilibrium-Processes-of-Nitric-Oxides-Formation-in-Plasma-Assisted-Waste-Gasification-Modeling-Study.pdf

7. Жовтянський В. Український старт досліджень таємниць світобудови: елегантність понад європейські пристрасті. Ч. І. Інтриги першого Нобелівського процесу і ч. ІІ. Мовою фактів або їх відсутності. Світогляд, 2025, No5, с. 23 - 33; No5, с. 54 – 72. https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2025-20-5/svitoglyad-5-2025-govtyanskiy-08.pdf і
https://www.nas.gov.ua/storage/editor/files/svitoglyad-6-2025-all.pdf

8. Жовтянський В.А. Розвиток плазмових досліджень і технологій в Інституті газу НАН України та світова кон'юнктура. Енерготехнології та ресурсозбереження. 2024. No 3. С. 69 – 93.
Режим доступу: https://doi.org/10.33070/etars.3.2024.05

9. Пляцко Р. До енциклопедичного дискурсу стосовно постаті світової величі Івана Пулюя. Енциклопедичний вісник України, 2025, вип. 17, с. 81 – 94. DOI: https://doi.org/10.37068/evu.17.6

10. Жовтянський В. Іван Пулюй - перший український учений Нобелівського рівня: крізь проблеми наукової доброчесності. Енциклопедичний вісник України, 2025, вип. 17, с. 95 – 108. DOI: https://doi.org/10.37068/evu.17.7.

12.3. Інформаційні ресурси

1. Scientific and Production center "PLAZER" LTD
Режим доступу: http://www.plazer.com.ua/en/index.html