



Комп'ютерне моделювання фізичних систем.

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 «Природничі науки»</i>
Спеціальність	<i>104 «Фізика та астрономія»</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерне моделювання фізичних процесів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин (4 кредити ЄКТС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік / МКР, ДКР</i>
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/ http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор філософії, старший викладач Майкут Сергій Олексійович, s.maikuta@kpi.ua Лабораторні: доктор філософії, старший викладач Майкут Сергій Олексійович, s.maikuta@kpi.ua
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс https://drive.google.com/drive/folders/0B73SXHp6IYM9fIRPVmdIeXA5ZnFsMDg4VmRiVE9JYnk0Qzhxdm9Qa0IzeTJlTkFpMWZnaDQ?resourcekey=0-05e3zJm-CRYRpEuf8-BsNw

Програма навчальної дисципліни

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

В курсі «Комп'ютерне моделювання фізичних систем» розглядаються засоби для побудови фізико-математичних моделей явищ та приладів, на основі цих явищ, законів. Дисципліна відноситься до циклу ВНЗ професійної підготовки.

В наслідок вивчення курсу, студенти набувають знання про комп'ютерне моделювання та дослідження явищ, які пов'язані з одним чи декількома фізичними процесами в єдиному розрахунковому середовищі. Навчаться досліджувати будь-які фізичні процеси з використанням сучасних адаптованих до систем автоматизованого проектування програмних пакетів.

Мета:

- Розглянути етапи створення моделей та прикладних програм для цього;
- Дати студентам логіку побудови фізико-математичних моделей явищ та приладів;
- Навчити спрощувати розрахунок шляхом зменшення вимірності дослідження та симетрії;
- Навчити продуктивно обробляти отримані результати
- Ознайомити із типовими прикладними рішеннями.

Предмет вивчення:

- *Теоретична фізика та математика;*
- *Прикладне програмне забезпечення;*
- *Вибір граничних умов та середовища розрахунку;*
- *Кінцево-різницьова сітка;*

Навики:

- *Самостійно визначати кількість вимірів області дослідження та визначати можливість її спрощення;*
- *Підбирати фізику та прописувати власні формули;*
- *Параметризувати сталі та змінні;*
- *Проводити параметричне дослідження, мультифізичне та оптимізацію;*
- *Багатогранно презентувати та обробляти результати.*

Загальні компетентності:

- ЗК1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК3 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК5 Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК9 Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

Фахові компетентності:

- ФК5 Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем;
- ФК6 Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси;
- ФК7 Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту;
- ФК9 Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації;
- ФК10 Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей;
- ФК11 Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень;
- ФК14.Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту;
- ФК16 Здатність моделювати та досліджувати процеси природоохоронного призначення;
- ФК17 Здатність використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу будь-яких фізичних процесів.

Програмні результати навчання:

- ПРН1 Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії;
- ПРН3 Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій;
- ПРН5 Знати, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації;

- ПРН10 Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів;
- ПРН15 Вміти працювати із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів;
- ПРН21.Вміти самостійно приймати рішення стосовно своєї освітньої траєкторії та професійного розвитку.

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

Пререквізити: Вивчення дисципліни базується на знанні студентами таких курсів, як «Загальна фізика», «Математичний аналіз», «Аналітична геометрія та лінійна алгебра», «Диференціальні та інтегральні рівняння», «Основи векторного та тензорного аналізу», «Нарисна геометрія та комп'ютерна графіка», «Методи математичної фізики», «Інформатика та програмування».

Постреквізити: «Комп'ютерне моделювання в фізиці. Частина 1».

3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні і (семінарські)	комп'ютерний практикум	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Ознайомлення з програмним середовищем					
<i>Введення.</i>	2	2	-	-	-
<i>Тема 1.1 Вступ. Ознайомлення з програмним забезпеченням COMSOL</i>	2	2	-	-	-
<i>Тема 1.2. Функціонал дерева моделі та приклади розрахунку</i>	6	2	-	-	4
<i>Тема 1.3. Побудова розрахункової сітки</i>	6	2	-	-	4
<i>Тема 1.4 Обробка розрахованих даних. Створення графіків</i>	6	2	-	2	2
<i>Тема 1.5 Обробка розрахованих даних. Виокремлення графіків по окремим шаблонам</i>	6	2	-	2	2
<i>Тема 1.6. Параметризація та оптимізація</i>	6	2	-	2	2
<i>Тема 1.7. Application Builder. Функціонал для створення програмних додатків</i>	6	2	-	2	2
Разом за розділом 1	40	16	-	8	16
Розділ 2. Фізичні модулі					
<i>Тема 2.1. Інтерфейс групи модулів AC_DC</i>	7	2	-	2	3
<i>Тема 2.2. Інтерфейс групи модулів CFD Fluid</i>	7	2	-	2	3
<i>Тема 2.3. Інтерфейс групи модулів Structural Mechanics</i>	7	2	-	-	5

Тема 2.4. Інтерфейс групи модулів <i>Chemical Reaction Engineering</i>	7	2	-	2	3
Тема 2.5. Інтерфейс групи модулів <i>Acoustics</i>	7	2	-	-	5
Тема 2.6. Інтерфейс групи модулів <i>Semiconductor</i>	7	2	-	2	3
Тема 2.7. Інтерфейс групи модулів <i>Plasma</i>	7	2	-	2	3
Тема 2.8. Інтерфейс групи <i>Radio Frequency</i>	7	2		-	5
Тема 2.9. Інтерфейс групи <i>Heat Transfer</i>	7	2		-	5
Тема 2.10. Інтерфейс групи <i>Optics</i>	7	1		-	6
Тема 2.11. Інтерфейс групи <i>Electrochemistry</i>	7	1		-	6
Разом за розділом 2	77	20	-	10	47
Домашня контрольна робота	-	-	-	-	1
Модульна контрольна робота	-	-	-	-	1
Залік	1	-	-	-	-
		-	-	-	-
Всього годин	120	36	-	18	66

4. Навчальні матеріали та ресурси

Література

Базова

1. Котовський В.Й. Цибульський Л.Ю. Комп'ютерне моделювання фізичних процесів. - К., Наукова думка, 2019. - 215 с.
2. Доля П. Г. Основи моделювання в COMSOL Multiphysics [Електронний ресурс] / Доля П. Г.; ХНУ ім. Каразіна. – Електрон. текст. дані (1 файл: 14,58 Мб). – Х.: ХНУ ім. Каразіна, 2019 р. – 529 с. – Режим доступу: http://geometry.karazin.ua/resources/documents/20191219182458_3cc8431d.pdf
3. Кособуцький П. С. Мікро- і наноелектромеханічні системи: базові принципи проектування явищ, матеріалів та елементів [Текст] : навч. посіб. / Петро Кособуцький, Михайло Лобур, Володимир Кар-кульовський – Л.: Вид-во Львів. політехніки, 2017. – 400 с.
4. Zimmerman, W.B.. (2006). COMSOL MULTIPHYSICS AND THE BASICS OF NUMERICAL ANALYSIS. DOI: 10.1142/9789812773302_0002.
5. Сайт компанії розроблювача пакета COMSOL Multiphysics [Електронний ресурс] / www.comsol.com. Режим доступу: <http://www.comsol.com/>, вільний

Додаткова

1. Darif, Mohamed & Semmar, Nadjib. (2008). Numerical Simulation of Si Nanosecond Laser Annealing by COMSOL Multiphysics.. URL: https://www.researchgate.net/publication/267830224_Numerical_Simulation_of_Si_Nanosecond_Laser_Annealing_by_COMSOL_Multiphysics.
2. Сайт компанії розроблювача пакета MATLAB [Електронний ресурс] / www.mathworks.com. Режим доступу: <http://www.mathworks.com/>, вільний.
3. Vakulenko, D. V., Kuchvara, O. M., Semenets, A. V., & Andrushchak, I. Y. (2019). ЗАСТОСУВАННЯ COMSOL MULTIPHYSICS ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО

МОДЕЛЮВАННЯ ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПАДУ ДНК У ПЛАЗМІ. Медична освіта, (3), 62–65. <https://doi.org/10.11603/me.2414-5998.2019.3.10539>.

4. Brown P.N., Hindmarsh A.C. and Petzold L.R. Using Krylov Methods In the Solution of large-scale Differential-algebraic Systems // SIAM J. Sci. Comput. 1994. V. 15. P. 1467-1488.
5. Khelfi, Safia & Helifa, Bachir & Lefkaier, Ibn & Hachani, Lakhdar. (2020). Simulation of Electromagnetic Systems by COMSOL Multiphysics. DOI: 10.1007/978-3-030-37207-1_62.
6. Al Tahhan, Shaymaa. (2017). FBG by Comsol Multiphysics. DOI: 10.13140/RG.2.2.35194.29120.
7. López-Vizcaíno, Rubén & Yustres, Ángel & Cabrera, Virginia & Navarro, Vicente. (2020). Development of a THMC code for bentonites in COMSOL Multiphysics. E3S Web of Conferences. 195. DOI: 10.1051/e3sconf/202019504002.
8. Hashiguchi, Masa. (2017). COMSOL Multiphysics® as Engineering Education Tool. The Proceedings of the Tecnology and Society Conference. 2017. 112. DOI: 10.1299/jsmetsd.2017.112.
9. Ries, C.B.. (2012). ComsolGrid: COMSOL Multiphysics und BOINC. DOI: 10.1007/978-3-642-23383-8_14.
10. COMSOL,. (2014). COMSOL Multiphysics 4.4, User 's Guide. URL:
https://www.researchgate.net/profile/Rayudu_Nithin_Manohar/post/Can_any_one_please_give_me_a_link_that_would_help_me_to_understand_clearly_comsol_multiphysics/attachment/59d635aec49f478072ea380a/AS:273666233831428@1442258523089/download/COMSOLMultiphysicsUsersGuide.pdf

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЇ

Введення

1. Предмет та мета вивчення курсу, призначення курсу, його структура, зміст та методичні вказівки для вивчення.
2. Терміни, визначення, основні поняття.

Розділ 1. Ознайомлення з програмним середовищем

Тема 1.1 Вступ. Ознайомлення з програмним забезпеченням COMSOL

1. Вимоги до апаратної частини:
2. Призначення програми.
3. Робочий простір програмного забезпечення.
4. Побудова моделі та створення програмних додатків.
5. Налаштування.
6. Створення нової моделі за допомогою майстра.
7. Верхня панель швидкого доступу та інтерфейс побудови геометрії.
8. Опис «дерева» моделі.
9. Закладені за-замочуванням константи, змінні та функції.
10. Бібліотека моделей.
11. Послідовність створення моделі.

Тема 1.2 Функціонал дерева моделі та приклади розрахунку

1. Глобальні параметри та матеріали
2. Сутність компоненту моделі
3. Локальні параметри, функції та шаблонізація структур
4. Перелік примітивів геометричних частин та формати імпорту

5. *Матеріали моделі, їх додавання, визначення*
6. *Фізичні модулі та порядок взаємодії*
7. *Кінцево-різницева сітка. Особливості.*

Тема 1.3 Побудова розрахункової сітки

1. *Теоретичний опис*
2. *В чому важливість сітки*
3. *Способи побудови*
4. *Послідовність створення.*
5. *Інші функції сітки та їх запис.*

Тема 1.4 Обробка розрахованих даних. Створення графіків

1. *Введення*
2. *Функціонали Data Sets, Derived Values, та Tables.*
3. *Типи графіків.*

Тема 1.5 Обробка розрахованих даних. Виокремлення графіків по окремим шаблонам

1. *Використання постпроцесингу для інтерпретації результатів*
2. *Використання шаблонів для візуалізації результати на окремій частині геометрії*
3. *Експорт результатів.*
4. *Практичні поради.*

Тема 1.6 Параметризація та оптимізація

1. *Введення*
2. *Функціонал додатку Parametric sweep.*
3. *Функціонал додатку Optimization.*
4. *Приклади використання*

Тема 1.7 Application Builder. Функціонал для створення програмних додатків

1. *Створення додатку допомогою середовища Application Builder*
2. *Створення нової форми*
3. *Додавання кнопки*
4. *Використання форм у середовищі Model Builder.*
5. *Методи.*

Розділ 2. Фізичні модулі

Тема 2.1 Інтерфейс групи модулів AC_DC

1. *Введення.*
2. *Інтерфейси.*
3. *Практичне використання.*

Тема 2.2 Інтерфейс групи модулів CFD Fluid

1. *Введення.*

2. *Аспекти CFD моделювання*
3. *Інтерфейси*
4. *Практичне використання*

Тема 2.3 Інтерфейс групи модулів *Structural Mechanics*

1. *Введення.*
2. *Аспекти моделювання в Chemical Reaction Engineering.*
3. *Інтерфейси*
4. *Практичне використання.*

Тема 2.4 Інтерфейс групи модулів *Chemical Reaction Engineering*

1. *Введення.*
2. *Аспекти моделювання в Structural Mechanics*
3. *Інтерфейси*
4. *Практичне використання.*

Тема 2.5 Інтерфейс групи модулів *Acoustics*

1. *Введення.*
2. *Аспекти моделювання в Acoustics*
3. *Інтерфейси*
4. *Практичне використання.*

Тема 2.6 Інтерфейс групи модулів *Semiconductor*

1. *Введення.*
2. *Аспекти моделювання в Semiconductor*
3. *Інтерфейси*
4. *Практичне використання.*

Тема 2.7 Інтерфейс групи модулів *Plasma*

1. *Введення.*
2. *Аспекти моделювання в Plasma*
3. *Інтерфейси*
4. *Практичне використання.*

Тема 2.8 Інтерфейс групи модулів *Radio Frequency*

1. *Введення.*
2. *Аспекти моделювання в Semiconductor*
3. *Інтерфейси*
4. *Практичне використання.*

Тема 2.9 Інтерфейс групи модулів *Heat Transfer*

1. *Введення.*
2. *Аспекти моделювання в Heat Transfer*
3. *Інтерфейси*

4. Практичне використання.

Тема 2.10 Інтерфейс групи Optics

1. Введення.
2. Аспекти моделювання в Semiconductor
3. Інтерфейси
4. Практичне використання.

Тема 2.11 Інтерфейс групи Electrochemistry

1. Введення.
2. Аспекти моделювання в Semiconductor
3. Інтерфейси
4. Практичне використання.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	Ознайомлення з інтерфейсом програми на прикладі побудови фізико-топологічної моделі електричної шини	2
2	Додавання окремої фізики і кроку для розрахунку для слабозв'язаних задач	2
3	Параметричне дослідження та оптимізація	2
4	Створення програмного додатку	2
5	Охолодження блоку живлення	2
6	Статичний змішувач	2
7	Тліючий розряд постійного струму	4
8	Дослідження частотних характеристик індуктора	2
9		
	Всього	18

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Дослідження концепції поетапної побудови фізичної моделі	4
2	Розбивання області на кінцеві елементи	4
3	Колекціонування графіків у групі та вузли	2
4	Відображення результатів на частинах геометрії для дво- та тривимірного простору.	2
5	Вплив крайових ефектів на збіжність розрахунку.	2
6	Створення колекцій вікон у одному робочому середовищі скомпільованої програми.	2
7	Поєднання електричних кіл з фізичними моделями	3
8	Огляд задач із двонаправленим зв'язком із потоком	3
9	Рухома геометрія із застосуванням функціоналу Moving Mesh.	5

10	Використання каталізаторів для зменшення шкідливих викидів у оточуюче середовище.	3
11	Інтерференція у концертних залах.	5
12	Паразитні струми у напівпровідникових приладах: струми втрат, поверхневі струми та інші.	3
13	Провідна здатність хвилеводів	3
14	Представлення результатів моделювання напівпровідникового діода	5
15	Представлення результатів моделювання MOSFET транзистора	5
16	Вплив якості лінзи на її нагрів променями сонця	6
17	Типи акумуляторів та їх характеристики: кислотні, літєві та оксид-срібні	6

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Від студента(-ки) очікується:

1. зацікавленість у освоєнні дисципліни;
2. сумлінне виконання поставлених завдань;
3. присутність на лекційних та лабораторних заняттях;
4. періодичний перегляд (мінімум один раз на тиждень) корпоративної пошти чи групового чату, як засобу комунікації з викладачем
5. мати творчий підхід до оформлення результатів лабораторних робіт, що вони були наочно зрозумілі, та виконавець сам міг їх пояснити;

Виконання студентами навчальних завдань реєструється викладачем в журналі і надається старостам груп по результатам атестацій і заліку.

Питання та пропозиції студент може озвучити в час наданий викладачем, або після лекції.

Викладач зобов'язаний видалити студента з аудиторії, якщо вважає, що поведінка студента заважає проведенню заняття. Виховні дії під час лекції не доцільні і не рекомендовані методичною радою факультету.

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

8.1 Розподіл навчальних годин за видами занять.

Всього годин	Аудиторних, 54 години		Самостійна робота студента, 36 годин			Семестр. контр.
	Лекцій	Лабораторні роботи	Вивчення лекцій	Домашня контрольна робота	Підготовка лабораторних робіт	
120	36	18	18	1	18	залік

8.2 Система рейтингової оцінки за видами занять

№ п.п	Заняття, що підлягають рейтинговій оцінці	Загальна кількість завдань	Максимальний бал за 1 завдання	Кількість завдань на «відмінно»	Кількість балів на «відмінно»
1	Відвідування лекцій	-	-	-	-
2	Виконання лабораторних робіт	-	-	-	-
3	Захист лабораторних робіт	8	5	8	40
4	Розрахункова робота	1	10	1	1
5	Залік	5	10	5	50
	Загальний рейтинг				100

8.3 Модульний розподіл змісту дисципліни та балів

Змістовний модуль	Лекції	лабораторні роботи	Розрахункова робота	Залік	Разом
1 Ознайомлення з програмним середовищем	-	20	-	-	20
2. Фізичні модулі	-	20	-	-	20
			10	50	60
Бали за семестр	-	40	10	50	100

Виконання студентами навчальних завдань реєструється викладачем в журналі і надається старостам груп по результатам атестацій і заліку.

8.4 Участь в лекції та її оцінювання

Присутність студента не є достатньою умовою участі у лекції. Під час лекції студент повинен уважно слухати лектора.

Слухання лекції передбачає повне зосередження студента на змісті лекції, який передається словами викладача та дидактичними засобами лекції. Під час лекції неприпустимі відволікання та розмова студента. Особливо неприпустима поведінка, що пов'язана з оцінюванням будь чого що відбувається в аудиторії. Викладач може не зарахувати бали за відвідування лекції студенту, якщо вважає, що той не достатньо приймав участь у ній.

Питання та пропозиції студент може озвучити в час наданий викладачем, або після лекції.

Викладач зобов'язаний видалити студента з аудиторії, якщо вважає, що поведінка студента заважає проведенню заняття. Виховні дії під час лекції не доцільні і не рекомендовані методичною радою факультету.

За рекомендацією викладача студент конспектує матеріалами, що винесені на самостійне опрацювання. Цей матеріал також є обов'язковим для вивчення. Матеріал, що винесено на самостійне опрацювання, в конспекті відображається по розділах і має містити відповіді на питання:

- метод кінцевих елементів: концепція методу кінцевих елементів, переваги й недоліки;
- типи кінцевих елементів. Розбивання області на кінцеві елементи.
- інтерполяційні поліноми. Інтерполяція векторних величин.

Інтерполяційні поліноми для дискретизованої області;

- побудова розрахункової області засобами комп'ютерного моделювання;
- завдання глобальних постійних, виразів, функцій і рівнянь. Завдання властивостей матеріалів;
- завдання граничних і початкових умов;
- типи розрахунків. Завдання й найпростіше використання вирішувачів. Налаштування типів розрахунків і методів. Методи чисельного моделювання. Помилки розрахунків.

Перед заліком студент отримує додаткове питання по кожній пропущеній лекції. При незадовільних відповідях студент до заліку не допускається.

8.5 Лабораторні роботи та їх оцінювання

Студент має приходити на занятті підготовленим, опрацювавши теоретичні матеріали та виконавши попередні лабораторні роботи. Студент повинен знати мету та послідовність виконання завдання. Максимальний бал отримує той, хто вчасно представив вірні результати виконання лабораторної роботи.

Максимальний бал складається з двох частин:

- виконання та оформлення завдань – 2 балів;
- захист лабораторних робіт – 2 балів.

Участь в усіх передбачених навчальним планом лабораторних заняттях та захист результатів обов'язкова.

8.6 Розрахункова робота

Розрахункова робота виконується під час засвоєння кредитного модулю за тематикою наукової роботи студента. Студент виконує дослідження фізичних процесів в межах теми своєї наукової роботи, яка обирається студентом на першому тижні навчального семестру і може бути продовженням роботи минулого семестру.

8.7 Наукова робота студента складається з трьох етапів створення та дослідження комп'ютерної моделі приладу або експерименту в межах твердотілого, вакуумного та плазмового середовища. Продовжуючи роботу розпочату в попередніх семестрах студенти:

- проводять дослідження побудованої фізичної моделі структури обраного приладу в середовищі прикладного пакету COMSOL Multiphysics (15 балів);
- обробляють отримані результати (5 балів);
- готують та проводять презентації (доповідь) по науковій роботі (4 балів).

8.8 Рейтингова оцінка ефективності роботи студента протягом семестру.

Значення рейтингу з дисципліни	Оцінка ECTS та визначення	Традиційна оцінка
95...100	A - відмінно	відмінно
85...94	B – дуже добре	добре
75... 84	C - добре	
65... 74	D - задовільно	задовільно
60...64	E – достатньо (задовольняє мінімальні критерії)	
50...59	FX – незадовільно (допущені до заліку)	незадовільно
PO<50	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)	

8.9 Студенти, які набрали протягом семестру кількість балів (PO>50) можуть збільшити свої бали за рахунок балів отриманих під час заліку.

8.10 Залік може проводитися за двома формами:

- студент готує відповідь на заліковий білет, що містить 3 запитання.
- заліковий білет у вигляді тесту: 9 запитань з 4 варіантами відповідей, з яких одна вірна.

Максимальна оцінка за правильну відповідь на білет – 27 балів

8.11 Після складання заліку оцінка визначається за сумою семестрових та залікових балів відповідно до таблиці п.8.8.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Тестові теоретичні питання

1. Назвіть основні групи методів розв'язання математичних задач та їх характеристики.
2. Назвіть основні характеристики чисельних методів. Розкрийте їх суть.
3. Які є основні швидкості збіжності ітераційних методів?
4. Назвіть та охарактеризуйте основні етапи розв'язання практичних задач на комп'ютері.
5. Що називають "ітерацією"? Наведіть загальну схему ітераційного методу.
6. Які методи розв'язання математичних задач називають ітераційними?
7. Які методи розв'язання математичних задач називають чисельними?
8. Дайте визначення поняттям абсолютної та відносної погрішностей.
9. Дайте визначення лінійної і квадратичної швидкості збіжності ітераційного методу.
10. Що є причинами появи погрішності при арифметичних обчисленнях на комп'ютері?
11. Які є типи кінцевих елементів та у яких випадках вони використовуються;
12. Скільки вузлів має найпростіший одномірний елемент;
13. Які сімейства елементів найчастіше використовують у двовимірних об'єктах;
14. Чому у тривимірних об'єктах використовують тетраedr та паралелепіпед?
15. Від чого залежить порядок полінома для вузла.
16. Складові якого порядку можуть бути присутні у комплексі елементів.
17. Аналітична формула інтерполяційного поліному.
18. Як проводиться інтерполяція векторних величин.
19. За допомогою яких функцій будується дискретна модель безперервної функції.
20. Охарактеризуйте переваги та недоліки автоматичного і ручного розділення геометрії на кінцеві елементи.
21. Який тип сітки будується за замовчуванням у дво- та тривимірному випадку.
22. Який фізичний зміст параметрів ручного налаштування сітки: *MAXIMUM ELEMENT GROWTH RATE*, *RESOLUTION OF CURVATURE* та *RESOLUTION OF NARROW REGIONS*.
23. Якими двома способами можна одержати необхідні відомості для доцільності розділення розрахункової області декількома типами сіток і оцінити границі областей.
24. Який вирішувач може розв'язати хвильове рівняння.
25. Дайте опис функціоналу для налаштування чисельного процесу: *DIRECT*, *ITERATIVE* та *FULLY COUPLED*.
26. Чим відрізняється помилка (*ERROR*) від попередження (*WARNING*).
27. Назвіть три найпоширеніші помилки у COMSOL MULTIPHYSICS
28. Які чотири обов'язкові пункти у вкладці RESULTS, що утворюються автоматично при створенні моделі, назвіть їх.
29. Перелічіть та охарактеризуйте пункти вкладки EXPORT
30. Перелічіть функції панелі інструментів швидкого доступу
31. Наведіть характеристики моделі, що задаються у вікні налаштувань
32. Поясніть, навіщо при проведенні розрахунку, за замовчуванням відображається графік *CONVERGENCEPLOT*
33. Перелічіть наявні інформаційні вікна для виведення неграфічних даних
34. Наведіть кілька налаштувань меню *PREFERENCES*
35. Назвіть формати файлів геометрії, що можуть бути імпортовані як графічний об'єкт COMSOL *Multiphysics*
36. У скількох просторах (вимірах) може проводитися дослідження.
37. Основні чотири (базові) фігури у середовищі для розробки геометрії у *COMSOL Multiphysics*.
38. Пояснити функції кнопок *BUILD SELECTED* та *BUILD ALL*, в чому відмінність.

39. Вкладка *GLOBAL DEFINITIONS* та її відмінність від *VARIABLES*, що наявна у конкретному компоненті.
40. Синтаксисом якої мови програмування вводяться формули у полях.
41. На скільки частин ділиться задача про граничні умови, та які саме.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем кафедри ЗФ та МФП, доктором філософії Майкутом С.О.

Ухвалено кафедрою загальної фізики та моделювання фізичних процесів (протокол № 1/06-25 від 25.06.2025р.)

Погоджено Методичною комісією Фізико-математичного факультету (протокол № 10 від 27.06.2025р.)