Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра комп'ютерної фізики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Директор навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА

«__» _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОБЧИСЛЮВАЛЬНА СКЛАДНІСТЬ У ФІЗИЦІ

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма	«Комп'ютерна фізика»
вид дисципліни	за вибором

навчально – науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

2023 / 2024 навчальний рік

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Обчислювальна складність у фізиці» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів напряму 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» за освітньою програмою «Комп'ютерна фізика»

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Мета дисципліни – засвоєння базових знань з формальних моделей алгоритмів та алгоритмічно обчислюваних функцій, питань обчислюваності, розв'язності та нерозв'язності масових проблем.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Завдання – набуття компетенцій, знань, умінь та навиків на рівні новітніх досягнень у обробці експериментальних даних, відповідно до кваліфікації фахівець з інформаційних технологій.

Загальні та спеціальні кометентності

1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
5. Здатність працювати автономно
6. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності
7. Здатність до постійного поглиблення знань у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій

1.3. Кількість кредитів - 6

1.4. Загальна кількість годин - 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Вид кінцевого контролю: **іспит**	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
8-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
44 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
114 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: основні поняття, засоби і методи теорії складності обчислень та їх застосування; основні формальні моделі алгоритмів та обчислюваних функцій; основні класи обчислювальної складності; вміти оцінювати обчислювальну часову та просторову складність алгоритмів;

Програмні результати навчання за освітньою програмою:

Р01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

Р02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

Р03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.

Р05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні поняття теорії складності обчислень.

Тема 1. Найважливіші класи складнощів
(DTIME(f), SPACE(f), NTIME(f), NSPACE(f), P, L, PSPACE). Зведення по Куку і по Карпу. Повнота обчислювальної завдання у класі складнощів щодо даної зведеності.

Тема 2. Ієрархії класів складнощів.
Функції, що конструюються за часом і пам'яті. Теореми про ієрархію для класів DTIME(f), SPACE(f), NTIME(f). Теорема про розрив у ієрархії (Gap Theorem).

Розділ 2. Обчислення з оракулами. Імовірнісні обчислення.

Тема 3. Обчислення з оракулами.
Визначення поліноміальної ієрархії за допомогою машин
Т'юрінга з оракулами. Теорема Бейкера – Гілла – Соловея про релятивізовані класи P і NP. Теорема Беннетта – Гілла про класи, релятивізовані за допомогою випадкової множини. Співвідношення між релятивізованими класами IP та PSPACE.

Тема 4. Імовірнісні обчислення.
Класи складності: RP, BPP, ZPP, PP. Їхнє місце серед класів поліноміальної ієрархії та PSPACE.

Розділ 3. Неоднорідні моделі обчислень.

Тема 5. Класи P/f та P/poly
Теорема Карпа – Ліптона – Сіпсера. Обчислення за допомогою булевих схем. Класи SIZE(f), NC і та ACi (однорідні та неоднорідні)

Тема 6. Теореми Савича та Іммермана –Селепченія
Теореми Савича та Іммермана – Селепчення про завдання STCONN. Їхні найважливіші наслідки для теорії складності обчислень.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	У тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Розділ 1. Основні поняття теорії складності обчислень.												
Тема 1. Найважливіші класи складнощів	24	2	4			18						
Тема 2. Ієрархії класів складнощів.	30	4	8			18						
Разом за розділом 1	54	6	12			36			-	-	-	
Розділ 2. Обчислення з оракулами. Імовірнісні обчислення.												
Тема 3. Обчислення з оракулами.	30	4	8			18						
Тема 4. Імовірнісні обчислення.	32	4	8			20						
Разом за розділом 2	62	8	16			38			-	-	-	
Розділ 3. Неоднорідні моделі обчислень.												
Тема 5. Класи P/f та P/poly	32	4	8			20						
Тема 6. Теореми Савича та Іммермана –Селепчені	32	4	8			20						
Разом за розділом 3	64	8	16			40			-	-	-	
Усього годин	180	22	44			114						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розв’язання задач на визначення класу складнощі для мов із P та NP	12
2	Розв’язання задач на визначення класу складнощі для мов із L та NL	8
3	Розв’язання задач на визначення класу складнощі для мов із ймовірнісних класів складнощі	8
4	Побудова зведень по Карпу для NP-повних задач	16
Усього		**44**

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Вивчити наступні розділи: Детерміновані багатострічкові машини Т'юрінга.Зовнішній та внутрішній алфавіти k-стрічкової детермінованої машини Тьюринга. Програма та команди. Зміни. Опис виконання команд у термінах конфігурацій. Мови, що приймаються (допускаються, розпізнаються) клеточними детермінованими машинами Тьюринга.	18
2	Вивчити наступні розділи: Складність алгоритмів та обчислень. Деякі підходи до оцінок складності алгоритмів та обчислень. Моделі обчислень. Складність обчислення на детермінованій машині Тьюринга. Тимчасова та ємнісна міри складності (детермінований випадок). Поліноміально обмежені детерміновані машини Т'юрінга. Класи мов P-	**18**

	TIME та P-SPACE. Приклад мови, що не входить до класу P-TIME.	
3	Вивчити наступні розділи: Недетерміновані багатострічкові машини Тюрінга. Зовнішній та внутрішній алфавіти k-стрічкової недетермінованої машини Тьюринга. Програма та команди недетермінованої машини Тьюринга. Їхня особливість. Зміни. Опис виконання команд у термінах конфігурацій. Мови, що приймаються (допускаються) недетермінованими k-стрічковими машинами Тьюринга.	**18**
4	Вивчити наступні розділи: Тимчасова та ємнісна міри складності (недетермінований випадок). Клас мов NP-TIME. Проблема NP = P? Поліноміальна зведеність. Складність (NP-повнота) проблеми розпізнавання здійсненності для булевих функцій (SAT-problem, SAT). Складність проблеми розпізнавання функціональної повноти системи булевих функцій, складність проблем входження до класів самодвійних, монотонних та лінійних функцій. Проблеми розпізнавання та проблеми входження до мови. NP-складні та NP-повні мови (завдання, проблеми).	**10**
5	Вивчити наступні розділи: Властивості функцій складності. Нижні оцінки. Складність роздільної здатності арифметики Пресбургера та елементарної теорії поля дійсних чисел. Теорема Рабіна – Фішера. Існування як завгодно складно обчислюваних функцій.	**10**
6	Вивчити наступні розділи: Складність проблеми розв'язання систем лінійних рівнянь. Розв'язання систем цілочисельних лінійних рівнянь у цілих, натуральних та 0-1 числах	**10**
7	Вивчити наступні розділи: NP-повні проблеми для рівнянь у вільних напівгрупах та для регулярних мов.	**10**
8	Вивчити наступні розділи: Алгоритмічно нерозв'язні проблеми захисту інформації. Дискреційна політика управління доступом - нерозв'язні та розв'язні варіанти. Модель HRU.	**20**
Усього		**114**

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено

7. Методи навчання

Лекції викладаються методом проблемного викладення. Використовуючи будь-які джерела й засоби, лектор, перш ніж викладати матеріал, ставить проблему, формулює пізнавальне завдання, а потім, розкриваючи систему доведень, порівнюючи погляди, різні підходи, показує спосіб розв'язання поставленого завдання. Студенти стають ніби свідками і співучасниками наукового пошуку. Лабораторні заняття ведуться дослідницьким методом.

8. Методи контролю

На заняттях – опитування, розв’язання задач за допомогою системи MATLAB. По закінченні модуля – модульний контроль. Форма підсумкового контролю знань – письмовий іспит.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання								Екзамен	Сума
Розділ 1		Розділ 2		Розділ 3		Контрольна робота	Разом		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	12	60	40	100
8	8	8	8	8	8				

Мінімальна кількість балів для допуску студента до підсумкового іспиту становить – 20 балів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Нарахування балів при поточному контролі.

3 бали – робота в аудиторії
5 балів – виконання практичної роботи

Критерії оцінювання індивідуального завдання

Наявність відповіді – 4 бали
Коректність викладок, визначень – 4 бали
Правильність відповіді – 4 бали

Критерії оцінювання відповідей на підсумковій роботі

Питання 1 – теоретичне питання (5 балів)
Відсутність помилок в теоретичній частині – 2 бали
Коректність викладок – 1 бал
Послідовність викладок – 1 бал
Логічність викладок – 1 бал
Питання 2 дослідницька задача. (15 балів)
Наявність відповіді – 1 бал
Коректність викладок – 2 бали
Логічність викладок – 1 бал
Коректність визначень – 1 бал
Повнота відповіді – 1 бал
Правильність відповіді – 2 бали
Наявність графічного відображення – 2 бали
Знання цілей задачі – 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках – 2 бали
Відсутність помилок в теоретичній частині – 2 бали
Питання 3 – дослідницька (15 балів)
Наявність відповіді – 1 бал
Коректність викладок – 2 бали
Логічність викладок – 1 бал
Коректність визначень – 1 бал
Повнота відповіді – 1 бал
Правильність відповіді – 2 бали

Наявність графічного відображення	– 2 бали
Знання цілей задачі	– 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках	– 2 бали
Відсутність помилок в теоретичній частині	– 2 бали

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Загальна максимальна бальна оцінка за екзамен складатиме 40 балів. Мінімальний підсумковий бал складатиме 50 балів, а максимальний – 100 балів. Підсумкова оцінка визначається шляхом переводу підсумкового балу з дисципліни у традиційну академічну оцінку національної шкали ("відмінно", "добре", "задовільно", "незадовільно" за шкалою, що наведено у попередньому пункті робочої програми.

Загальна максимальна бальна оцінка за екзамен складатиме 40 балів. Мінімальний підсумковий бал складатиме 50 балів, а максимальний – 100 балів. Підсумкова оцінка визначається шляхом переводу підсумкового балу з дисципліни у традиційну академічну оцінку національної шкали ("відмінно", "добре", "задовільно", "незадовільно" за шкалою:

— **“відмінно"** (90 та вище балів) заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії;

— **“добре"** (82-89 балів) заслуговує студент, який виявив повне знання програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисциплін і здатний до самостійного доповнення, але під час відповіді допустив деякі неточності;

— **"добре"** (70-81 балів) заслуговує студент, що виявив не цілком повне знання програмного матеріалу, не завжди успішно виконує передбачені програмою завдання, частково засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив не систематичний характер знань з дисциплін і не завжди здатний до їх самостійного доповнення і під час відповіді допускає деякі неточності;

— **"задовільно"** (61-69 балів) заслуговує студент, що виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої

роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “задовільно” виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача;

— **"задовільно"** (50-60 балів) заслуговує студент, що виявив часткове знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, не завжди вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий лише частково з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “достатньо" виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які частково володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

— **"незадовільно"** (40-49 балів) виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

— **"незадовільно"** (1-39 балів) виставляється студенту коли протягом семестру він допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

При виставленні оцінки можуть враховуватися результати навчальної роботи студента протягом семестру.

9. Рекомендована література

Наочні матеріали надаються з використанням ПЕОМ та проекційного устаткування у спеціально обладнаних аудиторіях.

Основна література

1. Нікітченко М.С., Шкільняк О.С., Шкільняк С.С. Теорія алгоритмів. – К., 2015.
2. Нікітченко М.С., Шкільняк С.С. Математична логіка та теорія алгоритмів. – К., 2008.
3. Шкільняк С.С. Математична логіка. Приклади і задачі. – К., 2007.
4. Шкільняк С.С. Теорія алгоритмів. Приклади й задачі. – К., 2012.

Допоміжна література

1. Лісовик Л.П., Шкільняк С.С. Теорія алгоритмів. – К., 2003.
2. Нікітченко М.С. Теорія програмування. Частина 1. – Ніжин, 2010.
3. Нікітченко М.С., Панченко Т.В., Поляков С.А. Теорія програмування в прикладах і задачах. – К., 2015.

10. Посиланная на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Мережа Internet.
2. Бібліотеки ХНУ ім. В.Н.Каразіна.