

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра фізики твердого тіла

Затверджено

На засіданні кафедри фізики твердого тіла
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол №_15 від_25 червня_2020 р.)

Завідувач кафедри _____
проф. Капустяник В.Б..

Силабус з навчальної дисципліни
«Програмування і математичне моделювання
фізичних процесів та систем»,
що викладається в межах першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти для здобувачів
з спеціальності 104 «Фізика та астрономія»

Львів 2020 р.

Програмування і математичне моделювання фізичних процесів та систем. Робоча програма навчальної дисципліни для студентів за спеціальністю **104 Фізика та астрономія** — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2020. —14 с.

Розробник:

Бовгира О.В., канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики твердого тіла

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол № ___ від. “___” _____ 20__ р.

Завідувач кафедри фізики твердого тіла

_____ (Капустяник В.Б.)

“___” _____ 20__ р

1. Опис навчальної дисципліни

(Витяг з робочої програми навчальної дисципліни “Програмування і математичне моделювання фізичних процесів та систем”)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	
Кількість кредитів – 8	галузь знань 10 Природничі науки	Нормативна	
Модулів – 2	Спеціальність 104 Фізика та астрономія	<i>Рік підготовки:</i> 1-й	<i>Рік підготовки:</i> 1-й
Змістових модулів – 4		<i>Семестр</i> 1-й	<i>Семестр</i> 2-й
Загальна кількість годин - 240		<i>Лекції</i> 32 год.	<i>Лекції</i> 16 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: <i>Аудиторних:</i> I семестр – 4 II семестр – 3 <i>Самостійної роботи студента:</i> I семестр – 5.5 II семестр – 2.6	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	<i>Практичні</i> 32 год.	<i>Практичні</i> 32 год.
		<i>Лабораторні</i> год.	
		<i>Самостійна робота</i> 86 год.	<i>Самостійна робота</i> 42 год.
		<i>Вид контролю:</i> залік	<i>Вид контролю:</i> іспит

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Курс «Програмування і математичне моделювання фізичних процесів та систем» є нормативною дисципліною циклу фундаментальних і професійно-орієнтованих дисциплін підготовки бакалаврів за напрямом 040203 «Фізика» та є базовим для ряду спеціальних курсів.

Мета: одержання студентами знань і практичних навичок алгоритмізації, створення, налагодження та тестування програм. Велика увага приділяється сучасним технологіям розробки програм в умовах багаторазового використання створених програм, роботі обчислювальних систем у реальному часі, вивчення та дослідження чисельних методів обробки результатів фізичного експерименту, вивчення та дослідження особливостей чисельного моделювання фізичних процесів і систем.

Завдання: навчити студентів самостійно створювати, налагоджувати та тестувати програми комп'ютерного моделювання фізичних процесів і систем.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати основні принципи програмування; основні чисельні методи обробки даних; етапи розробки програм і методи автоматизації програмування; основні поняття й методи технології програмування; основні структури однієї з процедурних мов;

вміти: самостійно працювати на комп'ютері з дотриманням основних принципів роботи на ЕОМ; створювати декомпозицію розв'язку задачі й складати алгоритми окремих її частин відповідно до сучасної технології програмування; використовувати основні оператори мови, загальні для всіх мов програмування; використовувати компілятор для налагодження програм як засіб вивчення й тестування програм; програмувати математичні та фізичні задачі в межах програми курсу фізики.

Значна частина навчальних годин курсу відведена на самостійне опрацювання. Самостійна робота студентів містить: підготовку до аудиторних занять (лекцій, практичних, лабораторних тощо); виконання відповідних завдань із навчальної дисципліни протягом семестру; самостійну роботу з окремих тем навчальної дисципліни; підготовку до всіх видів контрольних випробувань, у тому числі до модульних і комплексних контрольних робіт; участь у студентських наукових гуртках, семінарах, конференціях тощо.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Програмування мовою С

Вступ

Задачі курсу. Термінологія. Література. Порядок виконання лабораторного практикуму. Становище із видами забезпечень курсу: технічним, інформаційним, математичним, програмним і методичним. Історія розвитку обчислювальної техніки. Будова персонального комп'ютера. Внутрішні його складові компоненти і периферія. Початкові відомості про ОС Windows. Windows Commander та його основні функції. Поняття про архівування файлів. Комп'ютерна вірусологія. Правила використання основних антивірусних програм.

Тема 1. Основні етапи розв'язування задач на ЕОМ

1. Класифікація етапів створення програми на ЕОМ.
2. Представлення інформації в ЕОМ. Відмінності між класичною та дискретною математиками.
3. Похибки, які виникають при переході від неперервної до дискретної (машинної) моделей.
4. Похибки заокруглення.
5. Типи задач, які розв'язують за допомогою комп'ютера.

Тема 2. Алгоритмізація обчислювального процесу

6. Поняття алгоритму. Властивості алгоритму. Форми запису алгоритмів: а) словесна; б) блок-схеми; в) блок-діаграми; г) навчальна алгоритмічна мова.
7. Розробка блок-схеми алгоритму розв'язування квадратного рівняння: $ax^2 + bx + c = 0$.
8. Мови програмування високого та машинного рівнів. Мови загального та спеціального використання. Поняття про компілятори, інтерпретатори, лінкери, завантажувачі та асемблери.
9. Порівняння трудомісткості написання програми розв'язання попереднього рівняння на уявній мові високого рівня та в машинних кодах.

Тема 3. Інтегроване середовище розробника

10. Складові частини: екранний редактор (Edit); компілятор; налагоджувач (Debug); допомога (Help); приклади.
11. Запуск IDE. Знайомство з його багатоекранною системою, і командами спадаючого меню.
12. Вивчення функцій екранного редактора: переміщення курсору; робота з блоками: стирання переміщення і копіювання. Запис блоку в буфер та на диск і зворотні операції.
13. Набір тексту в екранному редакторі і освоєння основних його функцій.

Тема 4. Елементи мови C

14. Алфавіт мови. Службові слова. Ідентифікатори.
15. Прості (скалярні) типи даних: цілі, дійсні, символьні, булівські, вказівники та їх опис. Сумісність типів.
16. Структура програми. Правила запису чисел різних типів згідно з правилами мови C.
17. Типи операцій: унарні і бінарні. Операції з логічними, арифметичними і символьними даними. Пріоритет операцій. Програмування складних арифметичних виразів.

Тема 5. Структури мови C

18. Поняття оператора. Прості оператори: присвоєння; умовного переходу, та правила їх використання. Константи, мітки. Програмування складних логічних виразів.
19. Функції введення та виведення даних. Вирази. Основні операції: арифметичні, порівняння, логічні, присвоювання Перетворення типів. Операції зсуву, автозбільшення, автозменшення..
20. Оператор розгалуження IF. Його повна і неповна форми. Вкладеність операторів IF. Оператор вибору SWITCH. Основні правила його застосування. Графічні блок-схеми операторів IF і SWITCH.
21. Програмування програми-калькулятора на основі оператора SWITCH.

Тема 6. Цикли

22. Типи циклів: із відомим числом повторень та ітераційні.
23. Параметр циклу. Оператор FOR.
24. Вкладеність циклів.
25. Ітераційні цикли WHILE ... - (з передумовою) і DO ... WHILE - (з післяумовою). Графічні блок-схеми циклів.

Тема 7. Підпрограми

26. Процедурне програмування. Функції та їх структура..
27. Основні стандартні функції C. Бібліотечні процедури і функції. Виклик функцій у програмі. Правила опису функцій користувача мовою C.
28. Параметри формальні і фактичні. Ідентифікатори локальні і глобальні. Програмування функцій для обчислення скінчених сум; обчислення периметрів геометричних фігур і ін. Опис процедур користувача. Вихідні і вхідні параметри.
29. Поняття про рекурсивні функції.

Тема 8. Масиви даних простих типів

30. Масиви одновимірні, двовимірні та багатовимірні. Способи заповнення масивів числовими значеннями. Індокси.
31. Використання масивів у арифметичних виразах. Вивчення способів введення чисел в масиви з клавіатури та виведення на екран масивів у вигляді таблиць.
32. Алгоритми знаходження максимального і мінімального елементів масивів. Сортування елементів одновимірного масиву.

Тема 9. Робота у графічному режимі

33. Задання кольорів ліній і фігур. Процедури виведення на графічний екран геометричних фігур: крапки, лінії, прямокутника, кола. Малювання на графічному екрані простих геометричних малюнків.
34. Правила побудови графіків аналітичних функцій. Коефіцієнти масштабування, побудова “плаваючих” осей координат. Програмування графіка функції $Y = X \cdot \sin(X)$.
35. Виведення тексту на графічний екран. Виведення кирилиці на графічний екран. Виведення числових значень. Програмування підписів до масштабних поділок на осях координат.

Тема 10. Налаштування програм

36. Покрокове виконання програми, виконання “до курсора”.
37. Встановлення точок зупинки.
38. Трасування програм, які були розроблені раніше для дослідження можливостей Debug.

Тема 11. Робота з файлами

39. Обмін даними з файлами. Файли і потоки. Функції введення/виведення даних
40. Буферизація даних. Функції відкриття/закриття та перескерування потоків..
41. Форматне введення/виведення даних. Текстові файли.
42. . Бінарні файли, обмін блоками даних.

Змістовий модуль 2. Чисельні методи розв’язування фізичних задач

Тема 1. Розв’язування нелінійних алгебраїчних рівнянь

43. Програмування та дослідження програми: метод половинного ділення для розв’язування рівняння $f(x)=0$. Алгоритм методу половинного ділення.
44. Ітераційні цикли. Метод простої ітерації.
45. Метод січних. Алгоритм методу Ньютона..

Тема 2. Методи обчислення визначених інтегралів

46. Обчислення скінчених сум.
47. Алгоритм та програма обчислення визначених інтегралів згідно з методами прямокутників, трапецій і Сімпсона на основі функції обчислення суми.
48. Оцінка похибок в обчисленні означених інтегралів. Алгоритм обчислення визначених інтегралів із наперед заданою похибкою.
49. Генерування випадкових чисел функцією Random. Метод Монте-Карло для знаходження визначених інтегралів.

Тема 3. Комп’ютерна матрична алгебра у фізичних задачах

50. Введення/виведення векторів і матриць. Додавання двох векторів і двох матриць. Програма множення двох прямокутних матриць.
51. Пошук найбільшого та найменшого елементів масиву. Типи матриць. Поняття виродженої та погано обумовленої матриці. Спектральний радіус матриці.
52. Методи розв’язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) $A \cdot x = b$. Алгоритм методу Гауса із вибором ведучого елементу.
53. Метод LU-перетворення та його алгоритм. Поняття про ітераційні методи розв’язування СЛАР.

Тема 4. Спектральний аналіз періодичних процесів

54. Розклад нелінійних періодичних функцій у ряд Фур'є.
55. Обчислення дискретного спектру. Алгоритм побудови ряду Фур'є.

Тема 5. Інтерполювання даних фізичного експерименту

56. Скінчені різниці: низхідні, висхідні і центральні. Обчислення похідних вищих порядків з допомогою скінченних різниць.
57. Локальне та глобальне інтерполювання. Алгоритм побудови глобального поліному Лагранжа.
58. Алгоритм локального інтерполювання згідно з методикою Ейткена.
59. Інтерполювання при рівновіддалених вузлах. Алгоритм побудови інтерполяційного поліному Ньютона на основі центральних розділених різниць.
60. Сплайни. Формула кубічного сплайну.

МОДУЛЬ 2

Змістовий модуль 3. Об'єктно-орієнтоване і візуальне програмування

Тема 1. Об'єктно-орієнтована технологія програмування

61. Відмінності і переваги об'єктно-орієнтованого програмування у порівнянні з модульно-процедурним підходом.
62. Поняття про об'єкти в програмуванні. Приклади об'єктів. Правила створення об'єктів. Інформаційні поля і методи об'єкта. Порівняння структури об'єкта і структури запису.
63. Спеціальні функції-елементи: конструктори, деструктори. Операція присвоєння. Операції класу new, delete. Дружні класи, дружні функції. Перевантаження функцій-елементів. Перевантаження операцій. Статичні елементи. Константні об'єкти. Наслідування класів.

Тема 2. Візуальні методи розробки програм

64. Інтегроване середовище швидкої побудови програм його складові частини.
65. Запуск IDE. Вивчення структури його головного вікна. Стрічка заголовка. Стрічка меню. Панель інструментів. Палітри компонент. Проектувальник форм та його функції. Вікно редактора коду. Написання програмного коду. Створення процедури обробки подій. Зв'язування процедури з обробником подій. Стирання процедур обробки подій.
66. Засоби налагодження (Debuging) проектів у IDEі.
67. Реалізація ООП в С++. Клас в С++: визначення, керування доступом. Класи, структури, об'єднання. Елементи даних, елементи-функції. Показчики на функції-елементи. Показчик this.

Тема 3. Сучасні математичні пакети для розв'язування фізичних задач

68. Характеристика математичних пакетів MathCad, MatLab, Maple.
69. Розв'язання фізичних задач в середовищі Maple: вхідна мова, функції, символічні обчислення, графіка.
70. Створення великих програмних комплексів.

Змістовий модуль 4. Математичне моделювання фізичних процесів і систем

Тема 1. Усереднення результатів фізичного експерименту

71. Апроксимування експериментальних результатів методом найменших квадратів (МНК). Базові функції: степенева, експонента.
72. Алгоритм побудови апроксимаційного полінома згідно МНК.

Тема 2. Математичне моделювання фізичних процесів і систем

- 73. Моделювання на мікро, макро та мета - рівні.
- 74. Види математичних моделей та вимоги до них. Приклади моделей з різних розділів фізики.

Тема 3. Моделювання статичних режимів

- 75. Методи розв'язування систем нелінійних алгебраїчних рівнянь.
- 76. Метод простої ітерації. Умови та швидкість збіжності.
- 77. Алгоритм методу Ньютона та його характеристики.
- 78. Два способи обчислення матриці Якобі. Метод Ньютона-Рафсона.

Тема 4. Моделювання динамічних процесів

- 79. Класифікація методів розв'язування звичайних дифрівнянь.
- 80. Алгоритм явного методу Ейлера. Методи Рунге-Кутта (РК). Алгоритм методу РК четвертого порядку.
- 81. Формули методу Рунге-Кутта-Фельберга.

Тема 5. Жорсткість математичних моделей фізичних систем

- 82. Особливості розв'язання жорстких дифрівнянь.
- 83. Алгоритм неявного методу Ейлера. Способи автоматичного вибору кроку інтегрування.
- 84. Поняття про багатокрокові методи. Оцінки властивостей **ММ** на основі дослідження спектрального радіуса матриці Якобі.
- 85. Зведення матриць до форми Гессенберга. **QR**-алгоритм.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
МОДУЛЬ 1						
<i>Змістовий модуль 1. Програмування мовою C</i>						
Тема 1. Основні етапи розв'язування задач на ЕОМ	2,5	1		0,5		1
Тема 2. Алгоритмізація обчислювального процесу	2,5	1		0,5		1
Тема 3. Інтегроване середовище	4	1		1		2
Тема 4. Елементи мови C	7	2		1		4
Тема 5. Структури мови C	7	2		1		4
Тема 6. Цикли	7	2		1		4
Тема 7. Функції	7	2		1		4
Тема 8. Масиви даних простих типів	7	2		1		4
Тема 9. Робота у графічному режимі	7	2		1		4
Тема 10. Налаштування програм	6	1		1		4
Тема 11. Робота з файлами	7	2		1		4
<i>Разом – зм. модуль 1</i>	64	18		10		36
<i>Змістовий модуль 2. Чисельні методи розв'язування фізичних задач</i>						
Тема 1. Розв'язування нелінійних алгебраїчних рівнянь	16	2		4		10
Тема 2. Методи обчислення визначених інтегралів	16	2		4		10
Тема 3. Комп'ютерна матрична алгебра у фізичних задачах	18	4		4		10
Тема 4. Спектральний аналіз періодичних процесів	16	2		4		10
Тема 5. Інтерполювання даних фізичного експерименту	20	4		6		10
<i>Разом – зм. модуль 2</i>	108	14		22		72
Усього годин за I семестр	150	32		32		86
МОДУЛЬ 2						
<i>Змістовий модуль 3. Об'єктно-орієнтоване і візуальне програмування</i>						
Тема 1. Об'єктно-орієнтована технологія програмування	7	2		2		3

Тема 2. Візуальні методи розробки програм	10	2		4		4
Тема 3. Сучасні математичні пакети для розв'язування фізичних задач	7	2		2		3
<i>Разом – зм. модуль 3</i>	24	6		8		10
<i>Змістовий модуль 4. Математичне моделювання фізичних процесів і систем</i>						
Тема 1. Усереднення результатів фізичного експерименту	16	4		6		6
Тема 2. Математичне моделювання фізичних процесів і систем	14	2		6		6
Тема 3. Моделювання статичних режимів	13	2		4		7
Тема 4. Моделювання динамічних процесів	12	1		4		7
Тема 5. Жорсткість математичних моделей фізичних систем	12	1		4		7
<i>Разом – зм. модуль 4</i>	66	10		24		32
Усього годин за II семестр	90	16		32		42
Усього годин	240	48		64		128

5. Теми семінарських занять

Семінарських занять в курсі не передбачено

6. Теми практичних занять

Практичні заняття в курсі не передбачені.

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
I семестр		
1	Створення текстового файлу в WC. Виклик BP. Запуск найпростішої програми на BP.	2
2	Табулювання функції з виводом результатів роботи програми на екран. Ознайомлення з інтегрованим середовищем BP. Освоєння блочних команд екранного редактора.	2
3	Розв'язування алгебраїчного рівняння $y=f(x)$ методом половинного ділення. Дослідження граничних випадків.	2
4	Вивчення ітераційних циклів. Розробка і дослідження методу Ньютона-Рафсона.	4
5	Обчислення означених інтегралів трьома методами.	4
6	Вивчення операцій вводу/виводу матриць. Дослідження програми множення прямокутних матриць.	2
7	Табулювання функцій із занесенням результатів у масив. Створення універсальної процедури побудови графіка.	4
8	Побудова керуючої програми для дослідження методів обробки результатів фізичного експерименту.	4
9	Розв'язування СЛАР методом Гауса.	4
10	Програмування та дослідження ряду Фур'є.	4
Разом за I семестр		32
II семестр		
11	Програмування та дослідження поліному Лагранжа.	6
12	Дослідження особливостей локального інтерполювання згідно з методикою Ейткена.	4
13	Метод прогонки. Сплайни.	4
14	Програмування і дослідження методів розв'язування систем нелінійних алгебраїчних рівнянь. Апроксимування експериментальних результатів МНК.	6
15	Моделювання фізичних процесів явним методом Ейлера. Програмування неявного методу Ейлера з автоматичним вибором кроку інтегрування.	4
16	Моделювання систем методом Рунге-Кутта 4-го порядку точності з постійним кроком інтегрування.	4
17	Створення простого об'єкта в TP. Створення модулів графіків і елементів матричної алгебри.	4
Разом за II семестр		32
Разом		64

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
I семестр		
1	Тема 1. Основні етапи розв'язування задач на ЕОМ	1
2	Тема 2. Алгоритмізація обчислювального процесу	1
3	Тема 3. Інтегроване середовище	2
4	Тема 4. Елементи мови С	4
5	Тема 5. Структури мови С	4
6	Тема 6. Цикли	4
7	Тема 7. Функції	4
8	Тема 8. Масиви даних простих типів	4
9	Тема 9. Робота у графічному режимі	4
10	Тема 10. Налаштування програм	4
11	Тема 11. Робота з файлами	4
12	Тема 12. Розв'язування нелінійних алгебраїчних рівнянь	10
13	Тема 13. Методи обчислення визначених інтегралів	10
14	Тема 14. Комп'ютерна матрична алгебра у фізичних задачах	10
15	Тема 15. Спектральний аналіз періодичних процесів	10
16	Тема 16. Інтерполювання даних фізичного експерименту	10
	Разом за I семестр	86
II семестр		
1	Об'єктно-орієнтована технологія програмування	3
2	Візуальні методи розробки програм	4
3	Сучасні математичні пакети для розв'язування фізичних задач	3
4	Усереднення результатів фізичного експерименту	6
5	Математичне моделювання фізичних процесів і систем	6
6	Моделювання статичних режимів	7
7	Моделювання динамічних процесів	7
8	Жорсткість математичних моделей фізичних систем	7
	Разом за II семестр	42
	Разом	128

10. Методи контролю

Контроль засвоєння матеріалу включає поточний семестровий контроль (контрольні роботи за змістовими модулями, $2 \times 20 = 40$ балів), оцінку відповідей та роботи на лабораторних заняттях ($4 \times 15 = 60$ балів) – разом за семестр 100 балів; залік – 100 балів (I семестр); попередня успішність перед іспитом – середнє арифметичне балів, набраних за два семестри, поділене на два – 50 балів, іспит — 50 балів (II семестр).

11. Розподіл балів, що присвоюються студентам

Приклад розподілу балів, які отримують студенти (I семестр)

Поточне тестування та самостійна робота								Робота на лабораторних	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2						
T1-T3	T4-T7	T8-T11	T1	T2	T3	T4	T5		
6	7	7	4	4	4	4	4	60	100

Приклад розподілу балів, які отримують студенти (II семестр)

Поточне тестування та самостійна робота								Робота на лабораторних	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2						
T1	T2	T3	T1	T2	T3	T4	T5		
7	7	6	4	4	4	4	4	60	100

Шкала оцінювання: Університету , національна та ECTS

Оцінка в балах	Оцінка ECTS	Визначення	За національною шкалою	
			Екзаменаційна оцінка, оцінка з диференційованого заліку	Залік
90–100	A	<i>Відмінно</i>	<i>Відмінно</i>	<i>Зараховано</i>
81-89	B	<i>Дуже добре</i>	<i>Добре</i>	
71-80	C	<i>Добре</i>		
61-70	D	<i>Задовільно</i>	<i>Задовільно</i>	
51-60	E	<i>Достатньо</i>		

12. Методичне забезпечення

1. Хвищун І.О. Програмування і математичне моделювання: Підручник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 544 с.
2. Хвищун І.О. Методи і алгоритми комп'ютерної обробки експериментальних результатів: Навчально-методичний посібник з курсу "Програмування і математичне моделювання" -Львів 1998. -43 с.
3. Бовгира О.В., Мельник О.Я., Вістовський В.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсів «Програмування і математичне моделювання» та «Обчислювальна техніка і програмування» для студентів 1 курсу фізичного факультету, Львів, 2009 (електронна версія).

13. Рекомендована література

Базова

1. Ковалюк Т.В. Основи програмування: Видавнича група ВНУ, 2005.- 384 с.
2. Шпак З.Я.Програмування мовою С: Навчальний посібник. - Львів: Оріяна-Нова, 2006. - 432 с. (Гриф МОН)
3. П. Караванова. Основи алгоритмізації та програмування. 750 задач з рекомендаціями та прикладами. – К.: Форум, 2002.
4. Дияк І.І. Пропедевтика прикладного програмування. К.: 1994 - 176 с.
5. Глинський Я .М .С++ і С++ Builder / Я.М. Глинський , В.Є. Анохін, В.А. Рязьська. – Львів : Вид - во " Деол", СПД Глинський , 2003. – 192 с.
6. Грицюк Ю.І . Програмування мовою С++: навч. посібн. / Ю. І . Грицюк , Т.Є . Рак. – Львів : Вид-во Львівського ДУ БЖД, 2011. – 292 с.
7. Прата Стивен. Язык программирования С ++. Лекции и упражнения: учебник: пер. с англ. / СтивенПрата. – СПб.: ООО " ДиаСофтБП", 2005. – 1104 с.
8. Козин А.С., Лященко Н.Я. Вычислительная математика: Пособие для факультативных занятий в 10 класс -К.: Рад. Школа, 1983. -191 с.
9. Шрюфер Е. Обробка сигналів: Цифрова обробка дискретизованих сигналів: Підручник. - К.: Либідь,1992. - 296 с.

Допоміжна

1. Синтес, Антони. Освой самостоятельно объектно-ориентированное программирование за 21 день: пер. с англ. / Антони Синтес. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2002. – 672 с.
2. Справочник по элементарной математике : геометрия, тригонометрия, векторная алгебра / под ред. члена-корр . АН УССР П.Ф . Фильчакова. – К. : Вид - во " Наук. думка ", 1966. – 444 с.
3. Страуструп Б. Язык программирования С++ / Б. Страуструп . – СПб.: Изд-во " Бином ", 1999. – 991 с.
4. Халперн, Пабло. Стандартная библиотека С ++ на примерах : пер. с англ. / ПаблоХалперн. – М. : Изд. дом " Вильямс ", 2001. – 336 с.
5. С.А.Абрамов, Г.Г.Гнездилова и др., "Задачи по программированию", Москва, "Наука", 1988.
6. Каханер Д., Моулер К., Неш С. Численные методы и программное обеспечение. Пер. с англ. - М.: Мир 1998. - 575 с.

14. Інформаційні ресурси

1. www.znannya.org.
2. <http://videouroki.net>
3. <http://www.proklondike.com/books/cpp.html>
4. <http://www.cplusplus.com>
5. <http://cpp.dp.ua>