

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет прикладної математики та інформатики**  
**Кафедра обчислювальної математики**

Оновлено та затверджено  
на засіданні  
кафедри обчислювальної математики  
факультету прикладної математики та  
інформатики  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 6 від 21 лютого 2023 р.)



Завідувач кафедри

Роман ХАПКО

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Крос-платформне програмування»,**  
**що викладається в межах ОНП Прикладна математика**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з**  
**спеціальності 113 – прикладна математика**

Львів 2023 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Крос-платформне програмування
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра обчислювальної математики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	11 – математика і статистика 113 – прикладна математика
<b>Викладачі дисципліни</b>	Вавричук Василь Григорович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри обчислювальної математики Гарасим Ярослав Степанович, старший викладач кафедри обчислювальної математики
<b>Контактна інформація викладачів</b>	vasyl.vavrychuk@lnu.edu.ua, <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/vavrychuk">https://ami.lnu.edu.ua/employee/vavrychuk</a> Iaroslav.Harasym@lnu.edu.ua, <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/harasym">https://ami.lnu.edu.ua/employee/harasym</a> Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 360. м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять, за розкладом консультацій кафедри, а також в середовищі Microsoft Teams.
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://ami.lnu.edu.ua/course/kros-platformne-prohramuvannia-prykladna-matematyka-1-9">https://ami.lnu.edu.ua/course/kros-platformne-prohramuvannia-prykladna-matematyka-1-9</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Крос-платформне програмування» є вибірковою дисципліною для спеціальності 113 - прикладна математика для освітньо-наукової програми «Прикладна математика», яка викладається в 1-му семестрі в обсязі 4,5 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	ІТ рішення тісно оточують нас у повсякденному житті: персональні комп'ютери, мобільні пристрої, мережева інфраструктура, веб рішення, вбудовані системи і т.д. Не можливо досягнути в межах одного курсу платформи, на яких такі програмні системи реалізуються. У цьому курсі очікується, що студенти володіють базовими знаннями з поширених операційних систем для персональних комп'ютерів: Windows або Mac OS, залежно від того, що вони використовують. Студенти ознайомлюються з можливостями ОС Linux, як платформи для мобільних пристроїв, мережевої та хмарної інфраструктури, вбудованих систем. Розглядається графічний програмний інтерфейс OpenGL, що дозволяє реалізувати графічні програми для різних платформ. Вивчаються засоби, що надаються організацією Yocto для побудови Лінукс дистрибутивів для вбудованих систем.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою навчальної дисципліни є знайомство студентів з ОС нащадками UNIX, що реалізують великий спектр платформ поза межами загальновідомих рішень персональних комп'ютерів, а також ознайомлення з крос-платформним графічним програмним інтерфейсом OpenGL. Можливість застосувати навички з програмування та знання з прикладної математики для реалізації програмних рішень на різних платформах.

<p><b>Література для вивчення дисципліни</b></p>	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Linux Professional Institute: Learning Materials, "Linux Essentials (Version 1.6)". - <a href="https://learning.lpi.org/pdfstore/LPI-Learning-Material-010-160-uk.pdf">https://learning.lpi.org/pdfstore/LPI-Learning-Material-010-160-uk.pdf</a></li> <li>2. Arnold Robbins, Nelson H.F. Beebe. Classic Shell Scripting. - 2005. - O'Reilly Media. - <a href="https://www.math.utah.edu/~beebe/books/css/">https://www.math.utah.edu/~beebe/books/css/</a></li> <li>3. <a href="https://learnopengl.com">https://learnopengl.com</a></li> <li>4. <a href="#">Yocto Project Documentation</a></li> <li>5. <a href="https://wayland-book.com">https://wayland-book.com</a></li> </ol> <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Горбань Г. В. Операційна система Linux : навчальний посібник / Г. В. Горбань, І. О. Кандиба. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2019. – 276 с</li> <li>7. <a href="http://docs.linux.org.ua">http://docs.linux.org.ua</a> - Все про *nix українською мовою</li> <li>8. Prometheus. The Linux Foundation. Основи Linux. - <a href="https://prometheus.org.ua/course/course-v1:LinuxFoundation+INTRO LINUX101+2023 T1">https://prometheus.org.ua/course/course-v1:LinuxFoundation+INTRO LINUX101+2023 T1</a></li> <li>9. W. Richard Stevens, Stephen A. Rago. Advanced Programming in the UNIX Environment, 3rd Edition. - 2013. - Addison-Wesley Professional. - <a href="http://www.apuebook.com">http://www.apuebook.com</a></li> <li>10. <a href="https://learn.microsoft.com/en-us/windows/wsl/tutorials/linux">https://learn.microsoft.com/en-us/windows/wsl/tutorials/linux</a></li> <li>11. <a href="https://learn.microsoft.com/en-us/training/modules/bash-introduction/">https://learn.microsoft.com/en-us/training/modules/bash-introduction/</a></li> <li>12. <a href="https://ubuntu.com/tutorials/command-line-for-beginners">https://ubuntu.com/tutorials/command-line-for-beginners</a></li> <li>13. <a href="https://github.com/jennapederson/cli-crash-course">https://github.com/jennapederson/cli-crash-course</a></li> <li>14. <a href="https://github.com/jlevy/the-art-of-command-line">https://github.com/jlevy/the-art-of-command-line</a></li> <li>15. <a href="https://guide.bash.academy">https://guide.bash.academy</a></li> <li>16. <a href="https://github.com/denysdovhan/bash-handbook">https://github.com/denysdovhan/bash-handbook</a></li> <li>17. <a href="#">BASH Programming - Introduction HOW-TO</a></li> <li>18. <a href="#">Bash Guide for Beginners</a></li> <li>19. <a href="#">Bash Reference Manual</a></li> <li>20. <a href="#">Advanced Bash-Scripting Guide</a></li> <li>21. <a href="#">GNU make manual</a></li> <li>22. <a href="#">CMake Tutorial</a></li> <li>23. <a href="#">Better CMake by Jefferson Amstutz</a></li> <li>24. <a href="https://mesonbuild.com">https://mesonbuild.com</a></li> <li>25. Dan Ginsburg, Budirijanto Purnomo. OpenGL ES 3.0 Programming Guide. - Addison-Wesley Professional. - 2014. - <a href="http://opengles-book.com">http://opengles-book.com</a></li> <li>26. <a href="http://embedded-recipes.org/2017/talks/introduction-to-yocto-projectopenembedded/">http://embedded-recipes.org/2017/talks/introduction-to-yocto-projectopenembedded/</a>, <a href="https://www.slideshare.net/ennael/embedded-recipes-2017-introduction-to-yocto-projectopenembedded-mylne-josserand">https://www.slideshare.net/ennael/embedded-recipes-2017-introduction-to-yocto-projectopenembedded-mylne-josserand</a></li> <li>27. <a href="https://wayland.freedesktop.org/docs/html/">https://wayland.freedesktop.org/docs/html/</a> - The Wayland Protocol, Kristian Høgsberg, Intel Corporation</li> <li>28. <a href="#">YouTube - Kernel Recipes 2017 - An introduction to the Linux DRM subsystem - Maxime Ripard</a>, <a href="https://bootlin.com/pub/conferences/2017/kr/ripard-drm/ripard-drm.pdf">https://bootlin.com/pub/conferences/2017/kr/ripard-drm/ripard-drm.pdf</a></li> <li>29. <a href="https://github.com/dvdhrm/docs">https://github.com/dvdhrm/docs</a></li> </ol>
<p><b>Обсяг курсу</b></p>	<p>Загальний обсяг: 135 годин. Аудиторних занять: 48 год., з них 32 год. лекцій та 16 год. лабораторних робіт. Самостійної роботи: 87 год.</p>
<p><b>Очікувані результати навчання</b></p>	<p>Після завершення цього курсу студент буде знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• особливості та можливості Unix подібних платформ</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>графічний інтерфейс OpenGL</li> </ul> <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>реалізувати проекти під Unix подібні платформи</li> <li>реалізувати графічні програми, використовуючи OpenGL</li> </ul>																							
<b>Ключові слова</b>	IT, програмування, прикладна математика																							
<b>Формат курсу</b>	Очний																							
<b>Теми</b>	Подано нижче у таблиці «Схема курсу»																							
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік																							
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з програмування, операційних систем.																							
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентації, лекції, модульний контроль, індивідуальні завдання.																							
<b>Необхідне обладнання</b>	Комп'ютер, Internet.																							
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Оцінка за шкалою ECTS</th> <th>Оцінка в балах</th> <th>Оцінка за національною шкалою</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Відмінно</td> <td>100 - 90</td> <td rowspan="5">зараховано</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Дуже добре</td> <td>81 - 89</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Добре</td> <td>71 - 80</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Задовільно</td> <td>61 - 70</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>Достатньо</td> <td>51 - 60</td> </tr> <tr> <td>FX (F)</td> <td>Незадовільно</td> <td>0 - 50</td> <td>не зараховано</td> </tr> </tbody> </table> <p>Під час семестру студент може отримати 100 балів, з них:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>80 балів за 4 індивідуальні завдання, по 20 балів за кожне</li> <li>20 балів за модульний контроль</li> </ul> <p><b>Критерії оцінювання індивідуальних завдань:</b></p> <p><b>20 балів</b> - Програма повністю реалізує необхідний функціонал, осмислено спроектована з використанням архітектурних патернів, патернів проектування, принципів парадигми програмування, ідіом; імена в програмі є осмисленими, підтримується єдиний стиль кодування. Студент компетентно пояснює програму та може внести зміни.</p> <p><b>16-19 балів</b> - Програма не повно реалізує необхідний функціонал. У архітектуру та код можна внести покращення. Студент компетентно пояснює програму та може внести зміни.</p>	Оцінка за шкалою ECTS		Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	A	Відмінно	100 - 90	зараховано	B	Дуже добре	81 - 89	C	Добре	71 - 80	D	Задовільно	61 - 70	E	Достатньо	51 - 60	FX (F)	Незадовільно	0 - 50
Оцінка за шкалою ECTS		Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою																					
A	Відмінно	100 - 90	зараховано																					
B	Дуже добре	81 - 89																						
C	Добре	71 - 80																						
D	Задовільно	61 - 70																						
E	Достатньо	51 - 60																						
FX (F)	Незадовільно	0 - 50	не зараховано																					

	<p><b>6-15 балів</b> - Програма реалізує більшість необхідного функціоналу. Архітектура та код можуть бути дещо хаотичними. Студент може пояснити програму, але з внесенням змін можуть бути труднощі.</p> <p><b>3-5 бали</b> - Програма реалізує найпростіший юзкейс. Студент може пояснити програму, але з внесенням змін можуть бути труднощі.</p> <p><b>1-2 бали</b> - Програма наявна, студент може її запустити та продемонструвати, проте пояснення її роботи є незадовільним.</p> <p><b>0 балів</b> - програми немає або вона не запускається.</p> <p><b>Критерії оцінювання модульного контролю (10 завдань по 2б.):</b>  <b>2 бали:</b> повністю вірна та повна відповідь;  <b>1 бал:</b> не повністю повна відповідь або відповідь з несуттєвими неточностями, проте зрозуміла суть;  <b>0 балів:</b> відповідь на питання неправильна.</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані при здачі та захисті індивідуальних завдань та при модульному контролі. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання на модульний контроль.</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дистрибутиви Лінукс.</li> <li>2. Ядро Лінукс.</li> <li>3. Системний менеджер Лінукс: systemd, SysV init.</li> <li>4. Оболонка bash.</li> <li>5. Файлові системи.</li> <li>6. Потоки даних.</li> <li>7. Системи керування пакетами.</li> <li>8. Редактори.</li> <li>9. Віддалений доступ SSH.</li> <li>10. Система будування Make.</li> <li>11. Система будування CMake.</li> </ol>

	12. Система будування Meson. 13. Бібліотека абстрагування від платформи GLFW. 14. Найпростіша OpenGL програма. 15. OpenGL програма, що малює трикутник. 16. OpenGL програма, що малює куб. 17. Накладання текстур. 18. Моделювання освітлення. 19. Проект Yocto. 20. Графічна програма клієнт Wayland. 21. Графічна програма клієнт DRM/KMS.
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу «Крос-платформне програмування»

Ти ж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література . Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	<b>Тема 1. Вступ</b> Рівні забезпечення кросплатформності. Огляд тем.	Лекція (2 год.)	[1-5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.)	1 тиждень
	<b>Тема 1. Вступ</b> Налаштування робочого середовища, WSL. Індивідуальне завдання №1: Написання скрипта.	Лабораторна робота (2 год.)	<a href="https://learn.microsoft.com/en-us/windows/wsl/">https://learn.microsoft.com/en-us/windows/wsl/</a>	Виконання індивідуального завдання №1 (3 год.)	1 тиждень
2	<b>Тема 2. Екосистема Лінукс</b> Дистрибутиви, графічні оболонки, процес завантаження.	Лекція (2 год.)	[1],[7-9]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №1 (3 год.)	1 тиждень
3	<b>Тема 3. Файлові системи</b> Коренева файлова система, кореневий каталог, дерево каталогів, робота з	Лекція (2 год.)	[6]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №1 (3 год.)	1 тиждень
	<b>Тема 2-3. Основи Лінукс</b> Проходження туторіалів.	Лабораторна робота (2 год.)	[10-13]	Виконання індивідуального завдання №1 (3 год.)	1 тиждень
4	<b>Тема 4. Потоки даних</b> Stdin, stdout, stderr, конвейер, перенаправлення.	Лекція (2 год.)	[2]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №1 (3 год.)	1 тиждень

5	<b>Тема 5. Системи керування пакетами</b> Deb, rpm, ipk.	Лекція (2 год.)	[1-2],[6-8]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №1 (4 год.)	1 тиждень
	<b>Тема 4-5. Скрипти та пакети</b> Скрипти для вирішення задач: CRUD і т.д. Створення ipk пакету.	Лабораторна робота (2 год.)	[1-2],[6-20]	Виконання індивідуального завдання №1 (3 год.)	1 тиждень
6	<b>Тема 6. Редактори</b> Vim, emacs, nano.	Лекція (2 год.)	[1-2],[6]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №1 (4 год.)	1 тиждень
7	<b>Тема 7. Віддалений доступ SSH</b> SSH сервер та клієнт, генерація ключів, ssh-cory-id, scp.	Лекція (2 год.)	<a href="https://matt.ucc.asn.au/dropbear/dropbear.html">https://matt.ucc.asn.au/dropbear/dropbear.html</a>	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №1 (4 год.)	1 тиждень
	<b>Тема 7. Віддалений доступ SSH</b> Налаштування dropbear SSH сервера. Здача індивідуального завдання №1. Індивідуальне завдання №2: Найпростіший OpenGL проект зібраний різними системами будування.	Лабораторна робота (2 год.)	<a href="https://matt.ucc.asn.au/dropbear/dropbear.html">https://matt.ucc.asn.au/dropbear/dropbear.html</a>	Виконання індивідуального завдання №2 (3 год.)	1 тиждень
8	<b>Тема 8. Системи будування Make, CMake, Meson</b> Інсталяція, концепція, синтаксис систем будування. Будування бібліотеки та виконуваного файлу.	Лекція (2 год.)	[21-24]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №2 (4 год.)	1 тиждень
9	<b>Тема 9. Графічний API OpenGL, бібліотека абстрагування від</b>	Лекція (2 год.)	[3],[25]	Опрацювання лекційного матеріалу,	1 тиждень

	<p><b>платформи GLFW, перше вікно</b></p> <p>Версії OpenGL; основні концепції OpenGL: стан, функції, що змінюють стан, функції, що використовують стан.</p>			виконання індивідуального завдання №2 (4 год.)	
	<p><b>Тема 8-9. Системи будування та OpenGL проект</b></p> <p>Найпростіший OpenGL проект зібраний різними системами будування.</p>	Лабораторна робота (2 год.)	[3],[21-25]	Виконання індивідуального завдання №2 (3 год.)	1 тиждень
10	<p><b>Тема 10. Шейдери, бібліотека завантажувач GLAD, демо програма трикутник, текстури</b></p> <p>Вершинний шейдер, фрагментний шейдер, уніформні змінні, вершинні дані.</p>	Лекція (2 год.)	[3],[25]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №2 (4 год.)	1 тиждень
11	<p><b>Тема 11. Лінійно-алгебраїчні перетворення, системи координат, 3D демо</b></p> <p>Маштабування, переміщення, поворот, координатні системи, камера.</p>	Лекція (2 год.)	[3],[25]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №2 (4 год.)	1 тиждень
	<p><b>Тема 10-11. OpenGL демо</b></p> <p>Здача індивідуального завдання №2.</p> <p>Індивідуальне завдання №3: OpenGL демо</p>	Лабораторна робота (2 год.)	[3],[25]	Виконання індивідуального завдання №3 (3 год.)	1 тиждень
12	<p><b>Тема 12. Моделювання освітлення</b></p> <p>Примітивна модель світла, реалістична модель світла, амбієнтне, дифузне, дзеркальне світло.</p>	Лекція (2 год.)	[3],[25]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №3 (4 год.)	1 тиждень
13	<p><b>Тема 13. Проект Yocto</b></p> <p>Швидкий старт Yocto проекту, огляд Yocto</p>	Лекція (2 год.)	[4],[26]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання	1 тиждень



	проекту, BitBake, Poqu, метадані, конфігурація, рецепти, шари.			індивідуального завдання №3 (4 год.)	
	<b>Тема 13. Проект Yocto</b> Здача індивідуального завдання №3. Індивідуальне завдання №4: Розширене OpenGL демо, інтеграція у Yocto.	Лабораторна робота (2 год.)	[4],[26]	Виконання індивідуального завдання №4 (3 год.)	1 тиждень
14	<b>Тема 14. Графічна програма клієнт Wayland</b> Історичний контекст (X11), протокол, сервер, клієнт, WAYLAND_DEBUG.	Лекція (2 год.)	[5],[27]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №4 (4 год.)	1 тиждень
15	<b>Тема 15. Графічна програма клієнт DRM/KMS</b> Історичний контекст (фреймбуфер), конектор, енкодер, CRTS.	Лекція (2 год.)	[28-29]	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання індивідуального завдання №4 (4 год.)	1 тиждень
	<b>Тема 14-15. Графічні клієнти</b> Здача індивідуального завдання №4.	Лабораторна робота (2 год.)	[5], [27-29]		1 тиждень
16	<b>Тема 16. Підсумкова лекція</b> Обговорення напрямків подальшого розвитку.	Лекція (2 год.)	[1-5]		1 тиждень