



# ПРОГРАМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                               | <i>Перший (бакалаврський)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Галузь знань                                      | <i>F Інформаційні технології</i>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Спеціальність                                     | <i>F2 Інженерія програмного забезпечення<br/>F7 Комп'ютерна інженерія<br/>F6 Інформаційні системи і технології</i>                                                                                                                                                                                  |
| Освітня програма                                  | <i>Інженерія програмного забезпечення комп'ютерних систем<br/>Комп'ютерні системи та мережі<br/>Інтегровані інформаційні системи<br/>Інформаційні управляючі системи та технології<br/>Інформаційне забезпечення робототехнічних систем</i>                                                         |
| Статус дисципліни                                 | <i>Вибіркова</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Форма навчання                                    | <i>Очна (денна)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Рік підготовки,<br>семестр                        | <i>4 курс, весняний семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Обсяг дисципліни                                  | <i>4 кредити ЄКТС, 120 годин: з них лекційних 36 годин, лабораторні роботи 18 годин, самостійна робота 66 годин</i>                                                                                                                                                                                 |
| Семестровий<br>контроль/ контрольні<br>заходи     | <i>Залік, Модульна контрольна робота</i>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Розклад занять                                    | <i>Три заняття на тиждень<br/>Розклад за адресою <a href="https://schedule.kpi.ua/">https://schedule.kpi.ua/</a></i>                                                                                                                                                                                |
| Мова викладання                                   | <i>Українська</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | <i>Лекції: доцент кафедри ОТ, кандидат техн. наук,<br/>Порєв Віктор Миколайович<br/><a href="mailto:v_porev@ukr.net">v_porev@ukr.net</a><br/>Лабораторні заняття: доцент кафедри ОТ, кандидат техн. наук,<br/>Порєв Віктор Миколайович<br/><a href="mailto:v_porev@ukr.net">v_porev@ukr.net</a></i> |
| Розміщення курсу                                  | <i>На платформі дистанційного навчання «Сікорський»:<br/><a href="https://classroom.google.com/c/NzgwNzIzMzE5NjUx?cjc=jlro764w">https://classroom.google.com/c/NzgwNzIzMzE5NjUx?cjc=jlro764w</a></i>                                                                                                |

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

*Метою вивчення дисципліни є формування у студентів здатностей:*

- розуміти фізичні, математичні та алгоритмічні основи побудови програмно-апаратних засобів комп'ютерної графіки;
- опанувати програмні інтерфейси засобів комп'ютерної графіки для створення та розвитку програмних систем;
- розробляти програмне забезпечення за допомогою сучасних інструментальних засобів створення програмного забезпечення

*Основні завдання при вивченні дисципліни*

Вивчення дисципліни «Програмування комп'ютерної графіки» як вибіркового компоненту освітньо-професійної програми (ОПП) підсилює та закріплює набуття програмних компетентностей та програмних результатів, зокрема:

- ЗК01 (спеціальності F2, F6, F7). Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК02 (спеціальності F2, F6, F7). Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
- ЗК05 (спеціальності F2, F6, F7). Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- ФК02 (спеціальність F7). Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення
- ФК08 (спеціальність F2). Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення
- ФК13 (спеціальність F2). Здатність обґрунтовано обирати та освоювати інструментарій з розробки та супроводження програмного забезпечення
- ПРН08 (спеціальність F2). Вміти розробляти людино-машинний інтерфейс
- ПРН10 (спеціальність F7). Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосунків, мобільних систем
- ПРН15 (спеціальність F2). Мотивовано обирати мови програмування та технології розробки для розв'язання завдань створення і супроводження програмного забезпечення

Успішне виконання завдань курсу «Програмування комп'ютерної графіки» забезпечує **знання:**

- основ, математичних методів і алгоритмів сучасної комп'ютерної графіки;
- фізичних та математичних основ моделювання об'єктів тривимірного простору;
- інтерфейсів програмування засобів комп'ютерної графіки

**уміння:**

- розробляти та налагоджувати програмне забезпечення;
- використовувати відомості про властивості матеріалів та просторових середовищ для створення реалістичних зображень об'єктів та сцен;
- проектувати структури даних;
- виконувати геометричне моделювання

**набуття практичного досвіду:**

- роботи з інструментальними засобами та інтегрованими середовищами для створення програмного забезпечення;
- створення для мобільних та вбудованих систем застосунків з активним використанням комп'ютерної графіки;
- роботи з інформаційними комп'ютерними технологіями

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

Для успішного оволодіння дисципліною "Програмування комп'ютерної графіки" необхідно попередньо оволодіти знаннями з дисциплін: "Алгоритми та структури даних", "Лінійна алгебра та аналітична геометрія", "Дискретна математика", "Об'єктно-орієнтоване програмування".

Компетентності, знання та вміння, отримані в рамках вивчення дисципліни "Програмування комп'ютерної графіки", можуть бути застосовані для виконання завдань курсових робіт та курсових проєктів, а також виконання завдань освітнього компонента "Дипломне проєктування".

## **3 Зміст навчальної дисципліни**

В навчальній дисципліні «Програмування комп'ютерної графіки» (ПКГ) заплановано вивчення наступних тем

### **Розділ 1. Вступ до курсу**

Тема 1.1. Огляд основних понять комп'ютерної графіки

### **Розділ 2. Огляд інтерфейсів програмування комп'ютерної графіки**

Тема 2.1. Інтерфейс GDI Windows

Тема 2.2. Інтерфейс Canvas Android

Тема 2.3. Інтерфейси OpenGL та OpenGL ES

### **Розділ 3. Математичні та фізичні основи комп'ютерної графіки**

Тема 3.1. Моделі опису поверхонь

Тема 3.2. Координатний метод

Тема 3.3. Проекції

Тема 3.4. Моделювання освітлення

Тема 3.5. Моделювання типових об'ємних форм

### **Розділ 4. Текстури**

Тема 4.1. Створення, зберігання, завантаження та прив'язування текстур

Тема 4.2. Підтримка множин текстур

Тема 4.3. Текстурування типових об'ємних форм

### **Розділ 5. Полігональні сітки**

Тема 5.1. Поняття полігональної сітки

Тема 5.2. Моделювання освітлення полігональних сіток

Тема 5.3. Текстурування полігональних сіток

### **Розділ 6. Основи геометричного моделювання рухомих об'єктів**

Тема 6.1. Основи кінематики рухомих об'єктів

Тема 6.2. Скелетна анімація

### **Розділ 7. Метод трасування променів**

Тема 7.1. Фізичні та алгоритмічні основи метода трасування променів

Тема 7.2. Реалізація метода трасування променів у комп'ютерних засобах

### **Розділ 8. Сучасний стан та перспективи розвитку комп'ютерної графіки**

Тема 8.1. Огляд сучасних апаратних засобів і програмних інтерфейсів комп'ютерної графіки та перспективи їхнього розвитку

## Методичні рекомендації

Для успішного вивчення даного курсу необхідно набуття вмінь та навичок роботи створення проектів на основі певних мов програмування у сучасних середовищах розробки програмного забезпечення з використанням інтерфейсів програмування комп'ютерної графіки.

У якості базового обрано інтерфейс OpenGL для програмування комп'ютерної графіки. Він підтримує набір елементів для реалізації програмних застосунків широкого спектру цільового призначення. Разом з цим, у курсі даної дисципліни розглядаються та порівнюються можливості інших програмних інтерфейсів, зокрема GDI API Windows, Canvas Android, DirectX Windows.

Для виконання завдань лабораторних робіт рекомендується використання сучасних версій середовищ розробки, зокрема, Android Studio та Microsoft Visual Studio.

### 4 Навчальні матеріали та ресурси

#### Базова література:

1. Блінова Т.О., Порев В.М. Комп'ютерна графіка : навч. посіб. – К.: "Юніор", 2004. – 456 с. – ISBN 966-7323-38-2:
2. М.Ф. Пічугін, І.О. Канкін, В.В. Воротніков. Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник. Центр учбової літератури - 2020. – 346с. - ISBN 978-617-673-181-8
3. Ілюстративні матеріали курсу, презентації лекцій знаходяться за посиланням <https://drive.google.com/drive/folders/1tud84afgzSraeNA4tpAfuBRY5ztisAu-?usp=sharing>
4. Актуальні завдання до лабораторних робіт знаходяться за посиланням <https://drive.google.com/drive/folders/1A5B68wpSpnPOMsTaEfEq8y1gsudHizMD?usp=sharing>

#### Додаткова:

5. Joey de Vries. Learn OpenGL – Graphics programming. – Kendall & Welling, 2020. – 523 p. – ISBN: 978-90-90-33256-7  
URL: [https://learnopengl.com/book/book\\_pdf.pdf](https://learnopengl.com/book/book_pdf.pdf)  
on site <https://learnopengl.com/>
6. Matt Pharr, Wenzel Jakob, and Greg Humphreys. Physically Based Rendering: From Theory To Implementation 4-th edition, 2023. URL: <https://www.pbr-book.org/4ed/contents>
7. OpenGL ES Version 3.0.6. November 1, 2019.  
URL: [https://registry.khronos.org/OpenGL/specs/es/3.0/es\\_spec\\_3.0.pdf](https://registry.khronos.org/OpenGL/specs/es/3.0/es_spec_3.0.pdf)
8. The OpenGL ES® Shading Language.  
URL: [https://registry.khronos.org/OpenGL/specs/es/3.2/GLSL\\_ES\\_Specification\\_3.20.pdf](https://registry.khronos.org/OpenGL/specs/es/3.2/GLSL_ES_Specification_3.20.pdf)
9. OpenGL ES for Android in Java.  
URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL809p4D7egYeNzDkWr80MZrZiz3yF8H>
10. NVIDIA.DEVELOPER. URL: <https://developer.nvidia.com/>
11. Microsoft. DirectX Developer Blog. URL: <https://devblogs.microsoft.com/directx/>

### *Обладнання, що необхідне для проведення занять*

Лекційні заняття проводяться в аудиторії, яка обладнана проектором, лабораторні заняття комп'ютерного практикуму – в комп'ютерному класі. Для дистанційних занять потрібен доступ до інтернет та програмне й апаратне забезпечення для проведення відеоконференцій.

## 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

### 5.1. Лекційні заняття

Передбачено проведення 18 лекцій обсягом 2 аудиторні години кожна.

| № лекції з/п | Назва теми (тем) лекційного заняття та перелік основних питань                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | <p><b>Тема 1.1. Огляд основних понять комп'ютерної графіки</b><br/>Визначення комп'ютерної графіки, її зв'язок зі спорідненими дисциплінами. Колірні моделі. Растрова та векторна графіка.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Різновиди колірних моделей та форматів опису кольорів. Формати зберігання та відображення зображень</p>                                                                                                                                                                      |
| 2            | <p><b>Тема 2.1. Інтерфейс GDI Windows</b><br/>Поняття контексту графічного пристрою. Огляд графічних примітивів GDI Windows</p> <p><b>Тема 2.2. Інтерфейс Canvas Android</b><br/>Особливості налаштування відображення графіки у вікні застосунку. Огляд графічних примітивів Canvas Android</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Вивчити базові графічні примітиви для відображення типових геометричних форм.</p>                                                                                          |
| 3            | <p><b>Тема 2.3. Інтерфейси OpenGL та OpenGL ES</b><br/>Версії OpenGL. Особливості налаштування відображення графіки OpenGL. Огляд графічних примітивів. Поняття масиву вершин. Поняття шейдерів.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Основні класи графіки OpenGL ES. Вивчити типові зразки та засвоїти основні аспекти програмування шейдерів OpenGL ES.</p>                                                                                                                                               |
| 4            | <p><b>Тема 3.1. Моделі опису поверхонь</b><br/>Різновиди моделей опису поверхонь. Розгляд прикладів опису поверхонь простих об'єктів таких як: трикутник, чотирикутник, піраміда, куб.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Вивчити основні способи вказування кольорів об'єктів у середовищі OpenGL ES</p>                                                                                                                                                                                                  |
| 5            | <p><b>Тема 3.2. Координатний метод</b><br/>Поняття системи координат. Перетворення систем координат. Лінійні перетворення. Опис перетворень матрицями. Перетворення координат об'єктів. Дуальність перетворень.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Вивчити різновиди систем координат та їхнього визначення. Особливості систем координат та їхніх перетворень для різних інтерфейсів програмування комп'ютерної графіки.</p>                                                                              |
| 6            | <p><b>Тема 3.3. Проекції</b><br/>Математичні основи проєкцій. Основні типи проєкцій – паралельна та центральна. Світові, видові та віконні координати. Перетворення координат – видове та проєктивне. Матриці перетворень. Об'єм видимості. Кут огляду. Поняття камери при формуванні зображень тривимірних сцен. Анімація.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Вивчити основні аспекти визначення та зміни розташування камери та ракурсу огляду. Вивчити способи організації анімації засобами OpenGL</p> |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 7  | <p><b>Тема 3.4. Моделювання освітлення</b><br/> Дифузне та дзеркальне відбиття світла. Врахування відстані до джерела світла. Фонове підсвітлення. Модель Фонга відбиття світла. Поняття матеріалу об'єкта. Реалізація моделей відбиття світла програмними засобами.<br/> <b>Завдання на СРС:</b><br/> Вивчити програмування шейдерів для реалізації типових моделей відбиття світла</p>                                   |
| 8  | <p><b>Тема 3.5. Моделювання типових об'ємних форм</b><br/> Математичний опис об'ємних форм, таких як: циліндр, куля, тор. Врахування моделей освітлення. Методи Гуро і Фонга зафарбовування плоских граней.<br/> <b>Завдання на СРС:</b><br/> Ознайомитися із можливостями рендерингу об'ємних форм засобами OpenGL на прикладі відображення циліндру, кулі та тору.</p>                                                   |
| 9  | <p><b>Тема 4.1. Створення, зберігання, завантаження та прив'язування текстур</b><br/> Поняття текстури. Підготовка текстур. Завантаження текстур. Текстурні координати. Формати масиву вершин та шейдери для роботи з текстурами.<br/> <b>Завдання на СРС:</b><br/> Ознайомитися з можливостями створення текстур, їхнього редагування та запису у файли.</p>                                                              |
| 10 | <p><b>Тема 4.2. Підтримка множин текстур</b><br/> Завантаження та прив'язування множин файлів текстур та атласів текстур. Основні проблеми та обмеження щодо обсягу текстур. Мультитекстурування об'єктів тривимірних сцен. Моделювання відбиття світла, прозорості, затінення за допомогою текстур.<br/> <b>Завдання на СРС:</b><br/> Ознайомитися з картами освітлення та затінення.</p>                                 |
| 11 | <p><b>Тема 4.3. Текстурування типових об'ємних форм</b><br/> Текстурування типових об'ємних форм. Накладання текстур на куб, циліндр, сферу, тор.<br/> <b>Завдання на СРС:</b><br/> Ознайомитися із текстуруванням кубу Skybox</p>                                                                                                                                                                                         |
| 12 | <p><b>Тема 5.1. Поняття полігональної сітки</b><br/> Моделі опису сіток. Варіанти зберігання та рендерингу полігональних сіток.<br/> <b>Завдання на СРС:</b><br/> Ознайомитися з відомими форматами файлів для зберігання полігональних сіток</p>                                                                                                                                                                          |
| 13 | <p><b>Тема 5.2. Моделювання освітлення полігональних сіток</b><br/> Обчислення та зберігання нормалей. Відомі моделі зафарбовування поверхонь відповідно законам відбиття світла. Особливості використання полігональної візуалізації плавних криволінійних поверхонь.<br/> <b>Завдання на СРС:</b><br/> Вивчити застосування методів Гуро та Фонга для зафарбовування поверхонь та їхню реалізацію сучасними засобами</p> |
| 14 | <p><b>Тема 5.3. Текстурування полігональних сіток</b><br/> Текстурування полігональних сіток – регулярних та нерегулярних. Визначення текстурних координат. Моделювання ландшафтів.<br/> <b>Завдання на СРС:</b><br/> Ознайомитися зі зразками текстурування ландшафтів, водної поверхні лісів тощо. Текстури на основі звичайних та космічних знімків.</p>                                                                |
| 15 | <p><b>Тема 6.1. Основи кінематики рухомих об'єктів</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Поняття кінематичної моделі. Приклади кінематичних моделей. Основні підходи моделювання рухів об'єктів.</p> <p><b>Тема 6.2. Скелетна анімація</b></p> <p><b>Поняття скелету та його використання для моделювання рухів</b> об'єктів. Особливості програмування скелетної анімації. Приклади скелетних моделей живих істот та підходи до програмування їхніх реалістичних зображень.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Ознайомитися із сучасними програмними застосунками створення моделей рухомих об'єктів (персонажів). Вивчити програмування шейдерів скелетної анімації.</p> |
| 16 | <p><b>Тема 7.1. Фізичні та алгоритмічні основи метода трасування променів</b></p> <p>Поняття трасування променів – пряме та зворотне трасування. Фізичні закони для відбиття світла, прозорості, енергії випромінювання. Моделювання оптичних властивостей матеріалів просторових об'єктів. Модель Уіттеда.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Вивчити структури даних для опису властивостей матеріалів просторових об'єктів</p>                                                                                                                                                    |
| 17 | <p><b>Тема 7.2. Реалізація метода трасування променів</b></p> <p>Проблеми швидкодії рендерингу тривимірних сцен. Засоби прискорення процесу трасування променів.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Ознайомитися із програмними застосунками рендерингу тривимірних сцен на основі метода трасування променів.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 18 | <p><b>Тема 8.1. Огляд сучасних апаратних засобів і програмних інтерфейсів комп'ютерної графіки та перспективи їхнього розвитку</b></p> <p>Архітектури та основні можливості сучасних графічних процесорів. Фіксований та програмований графічний конвейер. Мови шейдерів. Основні напрямки розвитку апаратних та програмних засобів комп'ютерної графіки.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b><br/>Вивчити сучасні зразки відеокарт та графічних процесорів. Ознайомитися з можливостями інтерфейсів DirectX та Vulkan.</p>                                                                |

## 5.2. Лабораторні роботи

Основна мета виконання лабораторних робіт – закріплення теоретичних знань та отримання практичних навичок по роботі з інструментальними засобами розробки програм.

Для виконання кожної лабораторної роботи студенту потрібно отримати завдання та ознайомитися з теоретичними відомостями та методичними вказівками. Для успішного вирішення завдань треба виконати самостійну роботу по ознайомленню з теоретичними відомостями і комп'ютерними засобами створення та налагодження програмного забезпечення. Лабораторні роботи передбачають проведення обчислювальних експериментів, які виконуються на комп'ютері і можуть бути продемонстровані при здаванні роботи.

Загалом 7 лабораторних робіт. Вони здаються-приймаються у визначені терміни. Терміни виконання лабораторних робіт завчасно оголошуються викладачем, який веде лабораторні роботи.

| № з/п | Назва лабораторної роботи та перелік основних питань                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Кількість ауд. годин |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1     | <p><b>Лабораторна робота №1. Знайомство з базовими засобами комп'ютерної графіки деяких операційних платформ</b></p> <p>Мета: отримати перші навички створення програм то набути знання щодо базових засобів відображення графіки для різних операційних платформ.</p> <p>У цій лабораторній роботі знайомство з такими графічними підсистемами операційних систем:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- GDI Windows;</li> <li>- Android Graphics Canvas;</li> <li>- Android OpenGL ES</li> </ul> <p>Для виконання лабораторної роботи потрібно вивчити матеріал за темами 2.1, 2.2 та 2.3.</p> | 2                    |
| 2     | <p><b>Лабораторна робота №2. Вказування кольорів об'єктів засобами OpenGL ES та організація інтерфейсу користувача застосунку</b></p> <p>Мета: отримати навички програмування кольорів об'єктів для графіки OpenGL ES та меню користувача.</p> <p>У цій лабораторній роботі продовжується знайомство з Android OpenGL ES, зокрема, розглядаються питання визначення кольорів об'єктів. Для виконання лабораторної роботи потрібно вивчити матеріал за темами 2.3 та 3.1.</p>                                                                                                                            | 2                    |
| 3     | <p><b>Лабораторна робота №3. Перетворення координат та проєкції. Анімація. Керування за допомогою сенсорів вводу</b></p> <p>Мета: отримати навички програмування відображення тривимірних об'єктів засобами графіки OpenGL ES.</p> <p>У цій лабораторній роботі розглядаються питання програмування рендерингу тривимірних об'єктів та визначення ракурсу їхнього показу. Для виконання лабораторної роботи потрібно вивчити матеріал за темами 3.2 та 3.3.</p>                                                                                                                                         | 4                    |
| 4     | <p><b>Лабораторна робота №4. Моделювання освітлення</b></p> <p>Мета: отримати навички програмування освітлення тривимірних об'єктів засобами графіки OpenGL ES.</p> <p>У цій лабораторній роботі розглядаються питання програмування рендерингу тривимірних об'єктів з урахуванням основних законів та властивостей освітлення. Для виконання лабораторної роботи потрібно вивчити матеріал за темою 3.4.</p>                                                                                                                                                                                           | 4                    |
| 5     | <p><b>Лабораторна робота №5. Використання текстур</b></p> <p>Мета: отримати навички програмування текстур тривимірних об'єктів засобами графіки OpenGL ES.</p> <p>У цій лабораторній роботі розглядаються питання програмування рендерингу реалістичних зображень тривимірних об'єктів шляхом накладання текстур. Для виконання лабораторної роботи потрібно вивчити матеріал за темами 4.1, 4.2 та 4.3.</p>                                                                                                                                                                                            | 2                    |
| 6     | <p><b>Лабораторна робота №7. Геометричне моделювання та анімація рухомих об'єктів</b></p> <p>Мета: отримати навички програмування відображення рухомих об'єктів тривимірних сцен.</p> <p>У цій лабораторній роботі розглядаються питання створення моделей та програмування рендерингу зображень рухомих об'єктів тривимірних сцен на</p>                                                                                                                                                                                                                                                               | 2                    |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|   | основі методів кінематики та скелетної анімації. Для виконання лабораторної роботи потрібно вивчити матеріал за темами 5.1, 5.3, 6.1 та 6.2.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |
| 7 | <b>Лабораторна робота №7. Трасування променів</b><br>Мета: отримати навички програмування відображення тривимірних сцен методом трасування променів.<br>У цій лабораторній роботі розглядаються питання програмування рендерингу реалістичних зображень тривимірних сцен з урахуванням різноманітних оптичних властивостей матеріалів об'єктів. Для виконання лабораторної роботи потрібно вивчити матеріал за темами 7.1 та 7.2. | 2 |

#### 5.4 Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота виконується студентами на останній лекції. На МКР виносяться питання з Розділів 1-7. Орієнтовний перелік питань:

1. Інтерфейс GDI Windows. Поняття контексту графічного пристрою. Огляд графічних примітивів GDI Windows. Приклади програмного коду.
2. Інтерфейс Canvas Android. Особливості налаштування відображення графіки у вікні застосунку. Огляд графічних примітивів Canvas Android. Приклади програмного коду.
3. Інтерфейси OpenGL та OpenGL ES. Особливості налаштування відображення графіки OpenGL. Огляд графічних примітивів OpenGL. Приклади програмного коду на основі OpenGL.
4. Поняття шейдерів OpenGL. Основні типи шейдерів. Приклади вихідних текстів шейдерів.
5. Приклади програмування поверхонь простих об'єктів таких як: трикутник, чотирикутник, піраміда, куб.
6. Основні способи вказування кольорів об'єктів у середовищі OpenGL ES. Приклади програмного коду.
7. Координатний метод. Поняття системи координат. Перетворення систем координат. Лінійні перетворення. Опис перетворень матрицями. Приклади програмного коду OpenGL.
8. Математичні основи проєкцій. Основні типи проєкцій – паралельна та центральна. Світові, видові та віконні координати. Перетворення координат – видове та проєктивне. Матриці перетворень.
9. Поняття камери при формуванні зображень тривимірних сцен. Об'єм видимості. Позиція та напрям огляду.
10. Основні способи визначення та зміни розташування камери та ракурсу огляду в застосунку OpenGL. Приклади програмного коду.
11. Способи організації анімації засобами OpenGL. Приклади програмного коду.
12. Дифузне та дзеркальне відбиття світла. Врахування відстані до джерела світла. Фонове підсвітлення. Модель Фонга відбиття світла. Приклади програмного коду на основі OpenGL.
13. Моделювання освітлення в OpenGL. Приклади програмного коду шейдерів OpenGL.
14. Математичний опис об'ємних форм, таких як: циліндр, куля, тор. Програмування їхнього відображення на основі OpenGL.
15. Поняття текстури. Підготовка текстур. Завантаження текстур. Текстурні координати. Формати масиву вершин та шейдери для роботи з текстурами. Приклади програмного коду на основі OpenGL.
16. Текстурування типових об'ємних форм. Накладання текстур на куб, циліндр, сферу, тор. Приклади програмного коду на основі OpenGL.
17. Текстурування кубу Skybox. Приклади програмного коду на основі OpenGL.
18. Моделі опису сіток. Варіанти зберігання та рендерингу поігональних сіток. Моделювання ландшафтів.
19. Основні поняття кінематики. Приклади кінематичних моделей рухомих об'єктів.

20. Скелетна анімація та її програмування.

21. Поняття трасування променів – пряме та зворотне трасування. Фізичні закони для відбиття світла, прозорості, енергії випромінювання. Моделювання оптичних властивостей матеріалів просторових об'єктів. Модель Уіттеда.

### 5.5 Залікове тестування

Залікове тестування може бути проведено у вигляді співбесіди по вмісту курсу або у вигляді індивідуального практичного завдання або письмовим закритим тестуванням або контрольною роботою.

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) розподіляється наступним чином:

- для опрацювання матеріалів, викладених під час лекцій та поглиблення знань згідно тематиці завдань на СРС;
  - для підготовки до виконання лабораторних робіт – інсталяції програмного забезпечення, для створення та налаштування проєктів у середовищі розробки програмного забезпечення та при опрацюванні завдань;
  - при підготовці до модульної контрольної роботи – 1 година;
  - при підготовці до заліку – 3 години;
- Загальний обсяг СРС – 66 годин.

Завдання на самостійну роботу відповідно темам

| Теми                                                        | Завдання на СРС                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Тема 1.1. Огляд основних понять комп'ютерної графіки</b> | Різновиди колірних моделей та форматів опису кольорів. Формати зберігання та відображення зображень                                                                    |
| <b>Тема 2.1. Інтерфейс GDI Windows</b>                      | Вивчити базові графічні примітиви для відображення типових геометричних форм                                                                                           |
| <b>Тема 2.2. Інтерфейс Canvas Android</b>                   | Вивчити базові графічні примітиви для відображення типових геометричних форм                                                                                           |
| <b>Тема 2.3. Інтерфейси OpenGL та OpenGL ES</b>             | Основні класи графіки OpenGL ES. Вивчити типові зразки та засвоїти основні аспекти програмування шейдерів OpenGL ES                                                    |
| <b>Тема 3.1. Моделі опису поверхонь</b>                     | Вивчити основні способи вказування кольорів об'єктів у середовищі OpenGL ES                                                                                            |
| <b>Тема 3.2. Координатний метод</b>                         | Вивчити різновиди систем координат та їхнього визначення. Особливості систем координат та їхніх перетворень для різних інтерфейсів програмування комп'ютерної графіки. |
| <b>Тема 3.3. Проекції</b>                                   | Вивчити основні аспекти визначення та зміни розташування камери та ракурсу огляду. Вивчити способи організації анімації засобами OpenGL                                |
| <b>Тема 3.4. Моделювання освітлення</b>                     | Вивчити програмування шейдерів для реалізації типових моделей відбиття світла                                                                                          |
| <b>Тема 3.5. Моделювання типових об'ємних форм</b>          | Ознайомитися із можливостями рендерингу об'ємних форм засобами OpenGL на прикладі відображення циліндру, кулі та тору.                                                 |

|                                                                                                                                 |                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Тема 4.1. Створення, зберігання, завантаження та прив'язування текстур</b>                                                   | Ознайомитися з можливостями створення текстур, їхнього редагування та запису у файли.                                             |
| <b>Тема 4.2. Підтримка множин текстур</b>                                                                                       | Ознайомитися з картами освітлення та затінення.                                                                                   |
| <b>Тема 4.3. Текстурування типових об'ємних форм</b>                                                                            | Ознайомитися із текстуруванням кубу Skybox                                                                                        |
| <b>Тема 5.1. Поняття полігональної сітки</b>                                                                                    | Ознайомитися з відомими форматами файлів для зберігання полігональних сіток                                                       |
| <b>Тема 5.2. Моделювання освітлення полігональних сіток</b>                                                                     | Вивчити застосування методів Гуро та Фонга для зафарбовування поверхонь та їхню реалізацію сучасними засобами                     |
| <b>Тема 5.3. Текстурування полігональних сіток</b>                                                                              | Ознайомитися зі зразками текстурування ландшафтів, водної поверхні лісів тощо. Текстури на основі звичайних та космічних знімків. |
| <b>Тема 6.1. Основи кінематики рухомих об'єктів</b>                                                                             | Ознайомитися із сучасними програмними застосунками створення моделей рухомих об'єктів (персонажів).                               |
| <b>Тема 6.2. Скелетна анімація</b>                                                                                              | Вивчити програмування шейдерів скелетної анімації.                                                                                |
| <b>Тема 7.1. Фізичні та алгоритмічні основи метода трасування променів</b>                                                      | Вивчити структури даних для опису властивостей матеріалів просторових об'єктів                                                    |
| <b>Тема 7.2. Реалізація метода трасування променів</b>                                                                          | Ознайомитися із програмними застосунками рендерингу тривимірних сцен на основі метода трасування променів.                        |
| <b>Тема 8.1. Огляд сучасних апаратних засобів і програмних інтерфейсів комп'ютерної графіки та перспективи їхнього розвитку</b> | Вивчити сучасні зразки відеокарт та графічних процесорів. Ознайомитися з можливостями інтерфейсів DirectX та Vulkan               |

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Всі студенти повинні відвідувати лекційні та лабораторні заняття – як при звичайному навчанні у аудиторіях (фізичне відвідування), так і при дистанційному навчанні (із використанням засобів відеоконференцій, таких як Zoom).

Результати виконання лабораторних робіт та індивідуальних завдань оформлюються у електронному форматі у вигляді файлів звітів, виконуваних файлів та інших файлів. Такі файли повинні містити результати відповідно завданням, вимогам та методичним вказівкам для кожної роботи. Робота програм перевіряється викладачем в ході прийому робіт.

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Чим більше запізнення, тем менша оцінка. Причому, згідно критеріям оцінки, своєчасність – це додавання балів у загальну суму балів за кожну лабораторну роботу. А вже при суттєвому порушенні термінів виконання робіт без поважних причин може застосовуватися також і віднімання балів (штрафування).

За лабораторні роботи, які виконані оригінально, творчо, ініціативно можуть бути нараховані додаткові бали при умові вчасної здачі (відповідно встановленим термінам виконання) робіт.

Усі письмові роботи перевіряються на наявність плагіату. Плагіат суттєво зменшує оцінку, причому значне запозичення чужого тексту може призвести до незадовільної оцінки роботи. Списування під час контрольних робіт заборонені (в т. ч. із використанням мобільних пристроїв).

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

Відповідно до "Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського" застосована система оцінювання типу PCO-1, яка включає оцінювання заходів поточного контролю з дисципліни впродовж семестру.

Семестрова рейтингова оцінка ( $R_c$ ) є сумою балів поточного контролю впродовж семестру і складається з оцінок:

- за 7 лабораторних робіт ( $R_{\text{ЛАБ}}$ );
- за модульну контрольну роботу ( $R_{\text{МКР}}$ )

Тобто,  $R_c = R_{\text{ЛАБ}} + R_{\text{МКР}}$ .

Підсумкова рейтингова оцінка ( $R_d$ ) студента з дисципліни "Програмування комп'ютерної графіки" складається з семестрової рейтингової оцінки а також (якщо студент проходить залік) з оцінки за залік ( $R_z$ ).

Таким чином,  $R_d = R_c + R_z$ .

### Розрахунок шкал оцінювання

Шкала оцінювання (максимально можлива оцінка)

| Вид навчальної роботи                                             | Всього за видом роботи (max) |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Виконання та захист лабораторної роботи №1                        | 14                           |
| Виконання та захист лабораторної роботи №2                        | 14                           |
| Виконання та захист лабораторної роботи №3                        | 14                           |
| Виконання та захист лабораторної роботи №4                        | 14                           |
| Виконання та захист лабораторної роботи №5                        | 14                           |
| Виконання та захист лабораторної роботи №6                        | 14                           |
| Виконання та захист лабораторної роботи №7                        | 14                           |
| Максимальна оцінка за усі лабораторні роботи $R_{\text{ЛАБ}}$     | 91                           |
| Максимальна оцінка за модульну контрольну роботу $R_{\text{МКР}}$ | 9                            |
| Максимальна семестрова рейтингова оцінка $R_c$                    | 100                          |
| Для тих, хто складає залік, максимальна залікова оцінка $R_z$     | 20                           |
| Усього за семестр $R = R_c + R_z$                                 | 100                          |

### Критерії оцінювання лабораторних робіт

Оцінка за кожну лабораторну роботу виставляється в результаті її захисту. На захисті перевіряється відповідність вимогам, коректність рішення, програмний код, стан проекту у середовищі розробки програмного забезпечення, відсутність помилок роботи програмного застосунку, правильність оформлення звіту, своєчасність надсилання рішення викладачу на перевірку, правильність усних відповідей на контрольні запитання.

За кожну лабораторну роботу максимальна оцінка 14 балів. Вона складається з

- 4 балів за правильні відподі щодо теоретичної складової рішення;
- 6 балів за правильні відподі щодо практичної складової рішення;
- 4 бали за демонстрацію на занятті роботи програми та проекту у середовищі розробки

Також за лабораторні роботи можуть додаватися заохочувальні бали за оригінальність рішення. Згідно Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не може перевищувати 10 балів.

Рішення лабораторних робіт мають перевірятися на плагіат та фальсифікацію. У разі виявлення таких порушень ступінь порушення розглядається індивідуально для кожної лабораторної роботи і, відповідно, можуть зменшуватися оцінки, або взагалі може бути відмова прийняти з позитивною оцінкою рішення лабораторної роботи.

### Критерії оцінювання залікового тестування

18-20 балів – правильна та повна відповідь – містить не менше 90% потрібної інформації, помилки відсутні;

15-17 балів – відповідь містить від 75% до 90% потрібної інформації;

12-14 балів – відповідь містить від 60% до 75% потрібної інформації;

0 балів – відповідь містить менше 60% потрібної інформації, наявні суттєві помилки.

### Визначення умов допуску до заліку

Умовою допуску до заліку є виконання 7 лабораторних робіт та семестровий рейтинг не менше 40 балів.

### Підсумкова рейтингова оцінка

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають семестрову рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. У цьому випадку підсумкова рейтингова оцінка  $R_d = R_c$ .

Зі студентами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають семестрову рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими студентами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікового тестування. У цьому випадку, при умові допуску до заліку, підсумкова рейтингова оцінка  $R_d = R_c + R_z$ .

Підсумкова рейтингова оцінка також переводиться в оцінку за університетською шкалою.

Таблиця переведення підсумкової рейтингової оцінки в університетську шкалу оцінок

| Підсумкова рейтингова оцінка $R_d$ | Університетська шкала оцінок |
|------------------------------------|------------------------------|
| 95...100                           | Відмінно                     |
| 85...94                            | Дуже добре                   |
| 75...84                            | Добре                        |
| 65...74                            | Задовільно                   |
| 60...64                            | Достатньо                    |
| Менше 60                           | Незадовільно                 |
| Не виконані умови допуску          | Не допущено                  |

## **9. Визнання результатів неформальної освіти**

Визнання результатів неформальної освіти здійснюється у відповідності до Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті: [https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/%D0%9D%D0%B5%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC\\_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC.pdf](https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/%D0%9D%D0%B5%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC.pdf)

Зарахування окремої частини данного курсу може бути здійснено при індивідуальному розгляді сертифікатів, які надані відповідними провайдерами неформальної освіти.

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Склав** доцент кафедри обчислювальної техніки, к.т.н. Порєв В.М.

**Ухвалено** кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 12 від 23.06.2025 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету інформатики та обчислювальної техніки (протокол № 11 від 27.06.2025 р.)