



ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ГРАФІЧНОЇ ТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ VISUALIZATION OF GRAPHIC AND GEOMETRIC INFORMATION

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус) / Syllabus of the academic discipline

Реквізити навчальної дисципліни / Details of the academic discipline

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	F Інформаційні технології
Спеціальність	F3 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Технології візуальних обчислень
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна(денна) / заочна / дистанційна
Рік підготовки, семестр	I курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів (150 годин): самостійна робота – 90 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, модульна контрольна, графічна робота
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська / Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, к.т.н. Демчишин Анатолій Анатолійович, ntuu.kpi@ukr.net Лабораторні: доцент, к.т.н. Демчишин Анатолій Анатолійович, ntuu.kpi@ukr.net
Розміщення курсу	https://youtube.com , https://campus.kpi.ua

Level of higher education	The second (master)
Field of study	F Information technology
Specialty	F3 Computer science
Educational program	Visual computing technologies
Course status	Mandatory
Form of study	Full-time (day) / part-time / remote
Year of study, semester	1st year, Fall semester
Course Load:	5 credits (150 hours): individual work – 90 hours
Semester assessment / Evaluation methods	Exam, modular control work, graphic work
Class schedule	https://schedule.kpi.ua
Language of studies	Ukrainian / English
Course instructor(s)	Lecturer: Associate Professor, cand.tech. sci. Anatoliy Demchyshyn, ntuu.kpi@ukr.net Laboratory classes: Associate Professor, cand.tech. sci. Anatoliy Demchyshyn, ntuu.kpi@ukr.net
Course resources	https://youtube.com , https://campus.kpi.ua

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання / Description of the academic discipline, its aim, subject of study, and learning outcomes

Актуальність кредитного модуля спирається на невід'ємність візуалізації об'єктів та процесів як складового елементу будь-якої інформаційної системи.

Кредитний модуль мотивує студентів до практичного використання умінь, набутих впродовж попереднього навчання. Зміст модуля побудований таким чином, щоб його вивчення мало значення, спрямоване на розвиток інженерного мислення.

Метою кредитного модуля є формування у студентів всебічного розуміння принципів роботи графічних систем за рахунок опанування теоретичної та алгоритмічної бази методів візуалізації графічної та геометричної інформації. Зміст кредитного модуля робить внесок до розвитку особистості студента як практикуючого дослідника, здатного вирішувати складні задачі в області геометричного моделювання в інформаційних системах, які характеризуються невизначеністю технічних умов та вимог.

Інтегральною компетентністю є здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері комп'ютерних наук.

Загальні компетентності кредитного модуля (ЗК)

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 01);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 02);
- здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями (ЗК 05).

Фахові компетентності кредитного модуля (ФК)

- усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук (ФК 01);
- здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог з урахуванням наявних ресурсів та обмежень (ФК 07);
- здатність розробляти і реалізовувати проєкти зі створення програмного забезпечення, у тому числі в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог та необхідності застосовувати нові стратегічні підходи, використовувати програмні інструменти для організації командної роботи над проєктом (ФК 08);
- здатність використовувати одержані знання для програмної реалізації реалістичного представлення тривимірних процесів та об'єктів з можливістю їх інтерактивного контролю, технологій доповненої та віртуальної реальності із застосуванням спеціального технічного обладнання (ФК 19).

Програмні результати навчання кредитного модуля (ПРН)

- мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань (ПРН 01);
- мати спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних наук, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур (ПРН 02);
- розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей (ПРН 07);
- створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування (ПРН 11);
- тестувати програмне забезпечення (ПРН 14);
- збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до інформаційної або комп'ютерної системи, що розробляється, експлуатується чи супроводжується (ПРН 18);
- аналізувати сучасний стан і світові тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій (ПРН 19);

- володіти геометричними методами синтезу доповненої і віртуальної реальності, створення моделей освітлення та фотореалістичних зображень для розв'язання графічних задач (ПРН 22).

The relevance of the credit module is based on the essential role of visualizing objects and processes as an integral element of any information system.

The credit module motivates students to practically apply the skills acquired during earlier studies. The content of the module is structured in such a way that its study contributes to the development of engineering thinking.

The aim of the credit module is to develop students' comprehensive understanding of the principles of graphic systems by mastering the theoretical and algorithmic basis of methods for visualizing graphic and geometric information. The content of the credit module contributes to the development of the student's personality as a practicing researcher, capable of solving complex problems in the field of geometric modeling in information systems characterized by uncertainty in technical conditions and requirements. An integral competency is the ability to solve research and/or innovative tasks in the field of computer science.

General competencies of the credit module (ЗК):

- ability for abstract thinking, analysis, and synthesis (ЗК 01);
- ability to apply knowledge in practical situations (ЗК 02);
- ability to learn and acquire modern knowledge (ЗК 05).

Professional competencies of the credit module (ФК):

- understanding the theoretical foundations of computer science (ФК 01);
- ability to develop software according to formulated requirements, taking into account available resources and constraints (ФК 07);
- ability to plan and implement software development projects, including in unpredictable conditions, with unclear requirements, and in the need to apply new strategic approaches, using software tools to organize team collaboration on the project (ФК 08);
- ability to apply acquired knowledge for the software implementation of realistic representations of three-dimensional processes and objects with interactive control, augmented and virtual reality technologies, using specialized technical equipment (ФК 19).

Software learning outcomes of the credit module (ПРН):

- possess specialized conceptual knowledge, including modern scientific achievements in computer science, forming the basis for original thinking and research, and critically reflecting on issues in computer science and at the intersection of disciplines (ПРН 01);
- possess specialized skills/abilities to solve computer science problems necessary for conducting research and/or innovative activities aimed at developing new knowledge and procedures (ПРН 02);
- develop and apply mathematical methods for analyzing information models (ПРН 07);
- create new algorithms for solving problems in computer science, assess their effectiveness, and determine the limitations of their application (ПРН 11);
- test software (ПРН 14);
- gather, formalize, systematize, and analyze the needs and requirements for an information or computer system being developed, operated, or maintained (ПРН 18);
- analyze the current state and global trends in the development of computer science and information technologies (ПРН 19);
- master geometric methods for synthesizing augmented and virtual reality, creating lighting models and photorealistic images for solving graphic problems (ПРН 22).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою) / Prerequisites and post-requisites of the course (place in the structural-logical scheme of study for the corresponding educational program)

Пререквізити дисципліни. Передумовою вивчення кредитного модуля «Візуалізація графічної та геометричної інформації» є успішне виконання наступних кредитних модулів за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»:

- «Геометричне моделювання та комп'ютерна графіка» (VII, VIII семестр, згідно навчального плану підготовки бакалаврів);
- «Чисельні методи в моделюванні енергетичних процесів» (III семестр, згідно навчального плану підготовки бакалаврів).

Постреквізити дисципліни. Даний кредитний модуль є передумовою вивчення наступних кредитних модулів за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»:

- «Методи синтезу віртуальної реальності» (II семестр, згідно навчального плану підготовки магістрів).

Prerequisites for the course. The prerequisite for studying the credit module "Visualization of Graphic and Geometric Information" is the successful completion of the following credit modules in the specialty 122 "Computer Science":

- "Geometric Modeling and Computer Graphics" (VII, VIII semester, according to the bachelor's degree curriculum);
- "Numerical Methods in Modeling of Energy Processes" (III semester, according to the bachelor's degree curriculum).

Post-requisites for the course. This credit module is a prerequisite for studying the following credit modules in the specialty 122 "Computer Science":

- "Methods of Synthesis of Virtual Reality" (II semester, according to the master's degree curriculum).

3. Зміст навчальної дисципліни / Curriculum content

Розділ 1. Візуалізація інформації із застосуванням шейдерів

- Тема 1.1. Програмно-апаратні засоби візуалізації інформації
- Тема 1.2. Рендеринг графічних примітивів
- Тема 1.3. Інженерія програмного додатку рендерингу поверхні
- Тема 1.4. Архітектура центрального та графічного процесору
- Тема 1.5. Конвеєр трансформації вершин OpenGL
- Тема 1.6. Трансформації моделі-виду

Розділ 2. Розрахунок освітлення

- Тема 2.1. Моделі зафарбування трикутників
- Тема 2.2. Розрахунок нормалей триангульованої моделі
- Тема 2.3. Модель освітлення
- Тема 2.4. Типи джерел освітлення
- Тема 2.5. Інженерія програмного додатку освітлення поверхні

Розділ 3. Текстурування поверхонь

- Тема 3.1. Накладання текстур
- Тема 3.2. Накладання текстури нормалей

Розділ 4. Рендеринг фотореалістичних зображень

- Тема 4.1. Методи створення фотореалістичних зображень
- Тема 4.2. Створення тіней за допомогою апаратного буфера тіней

Section 1. Visualization of Information Using Shaders

- Topic 1.1. Software and Hardware Tools for Information Visualization
- Topic 1.2. Rendering of Graphic Primitives
- Topic 1.3. Engineering of the Application for Surface Rendering
- Topic 1.4. Architecture of the Central and Graphics Processors
- Topic 1.5. OpenGL Vertex Transformation Pipeline
- Topic 1.6. Model-View Transformations

Section 2. Lighting Calculation

- Topic 2.1. Shading Models of Triangles
- Topic 2.2. Calculation of Normals for Triangulated Models
- Topic 2.3. Lighting Model
- Topic 2.4. Types of Light Sources
- Topic 2.5. Engineering of the Application for Surface Lighting

Section 3. Surface Texturing

- Topic 3.1. Texture Mapping
- Topic 3.2. Normal Map Texturing

Section 4. Rendering Photorealistic Images

- Topic 4.1. Methods for Creating Photorealistic Images
- Topic 4.2. Creation of Shadows Using Hardware Shadow Buffers

4. Навчальні матеріали та ресурси / Educational materials and resources

Основна література / Primary literature

1. Dempski K., Viale E. Advanced lighting and materials with shaders. Wordware Publishing, Inc., 2005. – 340 p.
2. Dual Paraboloid Environment Mapping (Whitepaper). Imagination technologies. 2016. – 13 p.
3. Ghayour F., Cantor D. Real-Time 3D Graphics with WebGL 2: Build interactive 3D applications with JavaScript and WebGL 2 (OpenGL ES 3.0). Packt Publishing, 2018. – 500p.
4. Castorina M., Sassone G. Mastering Graphics Programming with Vulkan: Develop a modern rendering engine from first principles to state-of-the-art techniques. Packt Publishing, 2023. – 382p.
5. Nvidia OpenGL Extension Specifications, Nvidia corporation, 2008. – 2166p.
6. Song Ho Ahn. OpenGL rendering pipeline, 2005.
7. Kessenich J. OpenGL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL, Version 4.5 with SPIR-V / J. Kessenich, G. Sellers, D. Shreiner // Addison-Wesley Professional, 9th edition, 2016. – 976p.
8. Loeliger J. Version Control with Git: Powerful tools and techniques for collaborative software development Second Edition / J. Loeliger, M. McCullough // O'Reilly Media. – 2012. – 456p.

Додаткова література / Supplementary literature

1. Heller P. Automating Workflows with GitHub Actions: Automate software development workflows and seamlessly deploy your applications using GitHub Actions / P. Heller // Packt Publishing. – 2021. – 216p.

**5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента) /
Methodology for Mastering the Educational Discipline (Educational Component)**

№ з.п. / No.	Тема лекції та перелік основних питань	Topic of the lecture and list of key subjects	Кіль. ауд. год. / Number of classr. hours
Розділ I. Візуалізація інформації із застосуванням шейдерів / Section I. Visualization of information using shaders			
1	<i>ЛЕКЦІЯ 1. Тема: Програмно-апаратні засоби візуалізації інформації</i> Ретроспектива компанії SGI. Історія появи та розвитку стандартів: OpenGL, OpenGL ES, WebGL. Десктопні бібліотеки glu, glut.	<i>LECTURE 1. Topic: Software and hardware tools for information visualization</i> A retrospective of SGI company. The history of the emergence and development of standards: OpenGL, OpenGL ES, WebGL. Desktop libraries: glu, glut.	2
2	<i>ЛЕКЦІЯ 2. Тема: Рендеринг графічних примітивів</i> Способи завдання графічних та геометричних даних. Геометричні примітиви стандарту OpenGL. Способи завдання поверхонь. Буфер вершин. Буфер індексів. Масиви з чергуванням даних (interleaved arrays). Принцип роботи контролера DMA, розташування даних ближче до GPU/CPU.	<i>LECTURE 2. Topic: Rendering of graphic primitives</i> Methods for defining graphic and geometric data. Geometric primitives in the OpenGL standard. Surface definition techniques. Vertex buffer. Index buffer. Interleaved arrays. Operation principle of the DMA controller, data placement closer to the GPU/CPU.	2
3	<i>ЛЕКЦІЯ 3. Тема: Інженерія програмного додатку рендерингу поверхні</i> Налаштування нового проекту в інтегрованому середовищі розробки Visual Studio Code. Інженерія програмного додатку рендерингу поверхні у вигляді каркасної моделі. Аналіз коду завантаження та компіляції шейдерної програми. Сценарії відлагодження застосунків у Chrome DevTools.	<i>LECTURE 3. Topic: Engineering of the surface rendering application</i> Setting up a new project in the integrated development environment Visual Studio Code. Engineering of a surface rendering application in the form of a wireframe model. Analysis of the shader program loading and compilation code. Web-application debugging scenarios in Chrome DevTools.	2
4	<i>ЛЕКЦІЯ 4. Тема: Архітектура центрального та графічного процесору</i> Механізм взаємодії центрального процесору (CPU) та графічного процесору (GPU). Ретроспектива графічного прискорювача Voodoo2, як приклад	<i>LECTURE 4. Topic: Architecture of the Central and Graphics processor</i> The mechanism of interaction between the central processing unit (CPU) and the graphics processing unit (GPU). Retrospective of Voodoo2 graphics accelerator as an example of a business solution to a technical problem.	2

	бізнесового рішення технічної проблеми. Етимологія терміну шейдер. Типи шейдерних програм: вершинний, фрагментний (піксельний). Мова програмування шейдерів GLSL ES, змінні та типи даних; кваліфікатори; вбудовані функції.	The etymology of the term "shader" is explored, along with an overview of the types of shader programs: vertex shader and fragment (pixel) shader. GLSL ES shader programming language, variables and data types; qualifiers; built-in functions.	
5	<i>ЛЕКЦІЯ 5. Тема: Конвеєр трансформації вершин OpenGL</i> Схема роботи конвеєра рендеринга OpenGL. Перетворення координат вершин: трансформації моделі-виду, проєкціювання, однорідні координати, перетворення області видимості. Алгоритм видалення невидимих поверхонь на основі z-буфера, функція glDepthRange.	<i>LECTURE 5. Topic: OpenGL Vertex Transformation Pipeline</i> Operation scheme of the OpenGL rendering pipeline. Vertex coordinate transformations: model-view transformations, projection, homogeneous coordinates, viewport transformation. Hidden surface removal algorithm based on the Z-buffer, glDepthRange function.	2
6	<i>ЛЕКЦІЯ 6. Тема: Трансформації моделі-виду</i> Функції трансформацій моделі-вида: glRotate, glTranslate, glScale. Застосування функції gluLookAt та її внутрішня математика.	<i>LECTURE 6. Topic: Model-View Transformations</i> Model-view transformation functions: glRotate, glTranslate, glScale. Application of the gluLookAt function and its underlying mathematics.	2
Розділ II. Розрахунок освітлення / Section II. Lighting calculation			
7	<i>ЛЕКЦІЯ 7. Тема: Моделі зафарбування трикутників</i> Алгоритми зафарбування: Flat shading, Smooth shading (Gouraud), Phong shading. Барицентричні координати та білінійна інтерполяція вздовж трикутника. Алгоритм апаратної растеризації трикутника.	<i>LECTURE 7. Topic: Triangle Shading Models</i> Shading algorithms: Flat shading, Smooth shading (Gouraud), Phong shading. Barycentric coordinates and bilinear interpolation across a triangle. Hardware-accelerated triangle rasterization algorithm.	2
8	<i>ЛЕКЦІЯ 8. Тема: Розрахунок нормалей триангульованої моделі</i> Розрахунок фасетної нормалі, розрахунок вершинної нормалі (зваженої та аналітичної). Матриця перетворення нормалей.	<i>LECTURE 8. Topic: Computation of normals of a triangulated model</i> Calculation of facet normals and vertex normals (weighted and analytical). Normal transformation matrix.	2
9	<i>ЛЕКЦІЯ 9. Тема: Модель освітлення</i> Модель освітлення Fixed Function Pipeline OpenGL; компоненти моделі: компонента навколишнього середовища, дифузна, дзеркальна; загальне рівняння освітлення поверхні.	<i>LECTURE 9. Topic: Lighting mode</i> The OpenGL Fixed Function Pipeline lighting model; model components: ambient, diffuse, and specular; the general surface lighting equation.	2
10	<i>ЛЕКЦІЯ 10. Тема: Типи джерел освітлення</i> Параметри джерела світла; точкове та направлене джерело, прожектор; параметри матеріалу.	<i>Lecture 10. Topic: Types of light sources</i> Light source parameters; point and directional light sources, spotlight; material parameters.	2

11	ЛЕКЦІЯ 11. Тема: Інженерія програмного додатку освітлення поверхні Розробка функції освітлення із застосуванням шейдерної програми.	Lecture 11. Topic: Engineering of the application for lighting of a surface Development of a lighting function using a shader program.	2
Розділ III. Текстурування поверхонь / Section III. Surface texturing			
12	ЛЕКЦІЯ 12. Тема: Накладання текстур Поняття текстури та текселя. Завдання текстурних координат. Інженерія програмного додатку текстурування поверхні. Сервер ресурсів Live Server. Режими фільтрації текстур. MIP mapping. Анізотропна фільтрація.	Lecture 12. Topic: Texture Mapping Concept of texture and texel. Assignment of texture coordinates. Engineering of application for surface texturing. Development of a resource server based on node.js. Resource server Live Server. Modes of texture filtering. MIP mapping. Anisotropic filtering.	2
13	ЛЕКЦІЯ 13. Накладання текстури нормалей Тангенційні координати. Розрахунок матриці перетворення нормалей з локальних координат у світові. Ортогоналізація Грама-Шмідта	Lecture 13. Topic: Normal Map Texturing Tangential coordinates. Calculation of the transformation matrix of normals from local coordinates to world coordinates. Gram-Schmidt orthogonalization.	
Розділ IV. Рендеринг фотореалістичних зображень / Section IV. Rendering of photorealistic images			
14	Модульна контрольна робота	Modular control work	1
	ЛЕКЦІЯ 14. Тема: Методи створення фотореалістичних зображень Завдання користувацьких площин відсікання. Алгоритм побудови планарних тіней. Алгоритм побудови площинних віддзеркалень. Моделі туману: лінійна, експоненціальна, експоненціально-квадратична.	Lecture 14. Topic: Methods of Creating Photorealistic Images Definition of user clipping planes. Algorithm for generating planar shadows. Algorithm for generating planar reflections. Fog models: linear, exponential, exponential-quadratic.	1
15	ЛЕКЦІЯ 15. Тема: Створення тіней за допомогою апаратного буфера тіней Переваги та недоліки алгоритму створення тіней на основі апаратного буфера тіней. Послідовність перетворення просторів текстурних координат при проєктивному текстуруванні. Розширення ARB_depth_texture	LECTURE 15. Topic: Shadow Creation using hardware shadow buffer Advantages and disadvantages of the shadow creation algorithm based on the hardware shadow buffer. Sequence of transformations of texture coordinate space in projective texturing. ARB_depth_texture extension.	2

Лабораторні роботи / Laboratory works

№ заняття / No. of class	Назва лабораторної роботи	Title of the laboratory work	Кіль. ауд. год. / Number of classr. hours
1	Ознайомлення студентів з видами контролю кредитного модулю та рейтинговою системою оцінювання результатів навчання	Familiarizing students with the types of assessment for the credit module and the grading system for evaluating learning outcomes.	1
Розділ I. Візуалізація інформації із застосуванням шейдерів / Section I. Information visualization using shaders			
1	ЛР 1 Рендеринг каркасної моделі поверхні із застосуванням інтерфейсу WebGL графічного процесору (встановлення та знайомство з можливостями користувацького інтерфейсу Visual Studio Code, організація коду у застосунках на основі мові програмування JS)	Lab 1 Rendering a wireframe model of a surface using the WebGL GPU interface (installation and familiarization with the features of the Visual Studio Code user interface, organizing code in applications based on the JavaScript programming language).	1
2-4	ЛР 1 Рендеринг каркасної моделі поверхні із застосуванням інтерфейсу WebGL графічного процесору (інженерія програмного застосунку рендерингу поверхонь із застосуванням інтерфейсу WebGL)	Lab 1 Rendering a wireframe model of a surface using the WebGL GPU interface (software engineering of an application for surface rendering utilizing the WebGL interface).	6
5-6	ЛР 1 Рендеринг каркасної моделі поверхні із застосуванням інтерфейсу WebGL графічного процесору (організація структур даних для рендерингу поверхонь у вигляді каркасної моделі)	Lab 1 Rendering a Surface Wireframe Model Using the WebGL Graphics Processor Interface (organization of data structures for rendering surfaces as a wireframe model)	4
Розділ II. Розрахунок освітлення / Section II: Lighting calculation			
7-8	ЛР 2 Імплементация моделі зафарбування та моделі освітлення (імплементация алгоритмів розрахунку нормалей)	Lab 2 Implementation of shading and lighting models (implementation of algorithms of normal calculation)	4
9-11	ЛР 2 Імплементация моделі зафарбування та моделі освітлення (імплементация моделей зафарбування трикутників)	Lab 2 Implementation of Shading and Lighting Models (implementation of triangle shading models)	6
12-13	ЛР 2 Імплементация моделі зафарбування та моделі освітлення	Lab 2 Implementation of shading and lighting models	4

	(імплементация моделей освітлення поверхні)	(implementation of surface lighting models)	
Розділ III. Текстурування поверхонь / Section III: Surface texturing			
14	Розбір типових завдань модульної контрольної роботи	Review of typical tasks in the modular control work	2
Розділ IV. Рендеринг фотореалістичних зображень / Section IV. Rendering of photorealistic images			
15	Розбір типових завдань графічної роботи	Review of typical tasks in the graphic work	1
	Виконання графічної роботи	Implementation of graphic work	1

Модульна контрольна робота / Modular control work

В межах часу, виділеного для самостійної роботи, студент готується до модульної контрольної роботи, що полягає у розробці застосунку рендерингу полігональної моделі на основі інформації Розділу 3: з накладанням текстури нормалей / трансформацією текстурних координат / з MIP текстуруванням. Написання модульної контрольної роботи відбувається за рахунок 1 години лекційного заняття.

Within the time allocated for individual work, the student prepares for the modular control work, which involves the development of an application for rendering a polygonal model based on the information from Section 3: with normal texture mapping / texture coordinate transformation / MIP texturing. The writing of the modular control work takes place during 1 hour of lecture time.

Графічна робота / Graphic work

В межах часу, виділеного для самостійної роботи студента, він готується до графічної роботи, що полягає у розробці застосунку побудови планарних тіней / площинних віддзеркалень / тіней на основі апаратного буферу тіней. Виконання графічної роботи відбувається за рахунок 1 години лабораторного заняття.

Within the time allocated for individual work, the student prepares for the graphic work, which involves the development of an application for constructing planar shadows / planar reflections / shadows based on the hardware shadow buffer. The execution of the graphic work is carried out during 1 hour of laboratory work.

6. Самостійна робота студента / Individual work of the student

Самостійна робота студента (90 годин) включає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів, проведення розрахунків та формування вхідних даних до роботи.

На кожен лабораторну роботу виділяється 10 годин самостійної роботи студента (СРС).

Для підготовки до виконання модульної контрольної виділяється 20 годин СРС.

Для підготовки до виконання графічної роботи виділяється 20 годин СРС.

Для підготовки до екзамену виділяється 30 годин СРС.

The student's individual work (90 hours) includes preparation for classroom and control activities, performing calculations, and preparing input data for the assignments.

10 hours of student individual work (SIW) are allocated for each laboratory work.

20 hours of SIW are allocated for preparing to complete the modular control work.

20 hours of SIW are allocated for preparing to complete the graphic work.

30 hours of SIW are allocated for exam preparation.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента) / Policy of the academic discipline (educational component)

- відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Відвідування лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;
 - при захисті лабораторних робіт студент має продемонструвати розроблений програмний код та результати його виконання на тестах, як заздалегідь підготованих, так і запропонованих викладачем. У випадку дистанційної форми навчання захист відбувається на відповідній конференції шляхом демонстрації екрана;
 - політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>;
 - норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.
- attendance at lectures, as well as absence from them, is not assessed. Attendance at laboratory hours is an obligatory part of the material study;
- during the defense of laboratory work, the student must demonstrate the developed program code and the results of its execution on tests, both prepared beforehand and those proposed by the instructor. In the case of remote learning, the defense takes place at the appropriate conference via screen sharing;
- the policy and principles of academic integrity are defined in Section 3 of the Code of Honor of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute." More details: <https://kpi.ua/code>;
- the norms of ethical behavior for students and staff are defined in Section 2 of the Code of Honor of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute." More details: <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO) / Types of assessment and the grading system for evaluating learning outcomes (GSE)

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання / The system of grading (weighted) points and assessment criteria

8.1 Рейтинг студента з освітнього компонента розраховується зі 100 балів, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за виконання лабораторних робіт (двох робіт), РГР та МКР;

8.2 Критерії нарахування балів за виконання лабораторних робіт, РГР та МКР.

8.2.1 Індивідуальний ваговий бал за виконання завдань лабораторних робіт складає 10 балів. Максимальна кількість балів за лабораторні завдання дорівнює:

$$10 \text{ балів} \times 2 = 20 \text{ балів.}$$

8.2.2 Виконання кожного завдання лабораторної роботи оцінюється за наступними критеріями:

- правильність отриманих результатів – від 1 до 6 балів;
- функціонально спроєктований інтерфейс користувача – 1 бал;
- інтерактивне введення параметрів методу – 1 бал;
- динамічні зміни на екрані – 1 бал;
- модульний спосіб організації вихідного коду – 1 бал.

8.2.3 Мінімальна кількість балів для зарахування лабораторної роботи складає 6 (60%).

8.2.4 Максимальна кількість балів за контрольну роботу та ГР дорівнює 15 балів. На модульну контрольну роботу та ГР виноситься одне практичне завдання.

8.2.4.1 Контрольна робота та ГР оцінюються наступним чином:

- правильність отриманих результатів – від 1 до 8 балів;
- функціонально спроектований інтерфейс користувача – 1 бал;
- інтерактивне введення параметрів методу – 2 бали;
- динамічні зміни на екрані – 2 бали;
- модульний спосіб організації вихідного коду – 2 бали.

8.2.4.2 Мінімальна кількість балів для зарахування МКР складає 9 (60%).

8.3. Умови допуску до екзамену: зарахування всіх лабораторних робіт, ГР та МКР. Мінімальна кількість набраних балів – 30 (60%).

8.3.1 На екзамені студенти виконують контрольну роботу із застосуванням комп'ютеру. Екзаменаційний білет складається з двох практичних завдань. Ваговий бал кожного практичного завдання – 25.

8.3.2 Максимальна кількість балів за складання екзамену дорівнює:

$$25 \text{ балів} \times 2 = 50 \text{ балів.}$$

8.3.3 Практичне завдання оцінюється наступним чином:

- «відмінно», повне, безпомилкове розв'язування завдання – 22-25 балів;
- «добре», повне, розв'язування завдання із несуттєвими неточностями – 19-21 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 15-19 балів;
- «незадовільно», завдання невиконано.

8.4. Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться за освітній компонент згідно з таблицею.

8.1 Student's rating for the educational component is calculated out of 100 points, with 50 points constituting the starting scale. The starting rating (throughout the semester) consists of points the student earns for completing laboratory works (two works), GW (graphic work), and MCW (modular control work).

8.2 Criteria for assigning points for completing laboratory works, GR, and MCW.

8.2.1 The individual weight for completing the tasks of the laboratory works is 10 points. The maximum number of points for laboratory tasks is:

$$10 \text{ points} \times 2 = 20 \text{ points.}$$

8.2.2 The performance of each laboratory is assessed according to the following criteria:

- correctness of the obtained results – from 1 to 6 points;
- functionally oriented design of user interface – 1 point;
- interactive input of method parameters – 1 point;
- dynamic changes on the screen – 1 point;
- modular organization of the source code – 1 point.

8.2.3 The minimum number of points required to pass a laboratory work is 6 (60%).

8.2.4. The maximum number of points for the control work and CGW is 15 points. The modular control work and CGW consists of one practical task.

8.2.4.1 The control work and CGW are assessed as follows:

- correctness of the obtained results – from 1 to 8 points;
- functionally oriented design of user interface – 1 point;
- interactive input of method parameters – 2 points;
- dynamic changes on the screen – 2 points;
- modular organization of the source code – 2 points.

8.2.4.2 The minimum number of points required to pass the modular control work and CGW is 9 (60%).

8.3 Conditions for Admission to the Exam: completion of all laboratory works, GW, and MCW. The minimum number of points required is 30 (60%).

8.3.1 During the exam, students complete a control task using a computer. The exam paper consists of two practical tasks. The weight of each practical task is 25 points.

8.3.2 The maximum number of points for passing the exam is:

25 points x 2 = 50 points.

8.3.3 The practical task is assessed as follows:

- "excellent", full, error-free solution – 22-25 points;
- "good", full solution with minor inaccuracies – 19-21 points;
- "satisfactory", the task completed with certain shortcomings – 15-19 points;
- "unsatisfactory", the task is not completed.

8.4 The sum of the starting points and points for the exam control work is converted to the educational component according to the following table.

Table – Points conversion

Бали: стартові бали + екзаменаційна контрольна робота / Points: starting points + final exam control work	Оцінка	Mark
100...95	Відмінно	Excellent
94...85	Дуже добре	Very good
84...75	Добре	Good
74...65	Задовільно	Satisfactory
64...60	Достатньо	Enough
Менше / less than 60	Незадовільно	Unsatisfactory
Є не зараховані роботи (лабораторні, МКР, ГР) / There are unapproved works (laboratory, modular control work, graphic work)	Не допущено	Not permitted

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри ЦТЕ, к.т.н., Демчишином Анатолієм Анатолійовичем

Ухвалено кафедрою цифрових технологій в енергетиці (протокол №22 від 17.06.2026)

Погоджено науково-методичною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №9 від 26.06.2026)

The course syllabus was:

prepared by Associate Professor, cand. tech. sciences, Anatoliy Demchyshyn.

Approved by the Department of Digital Technologies in Energy (Protocol No. 22 dated 17.06.2026)

Agreed by the Scientific and Methodical Committee of Igor Sikorsky KPI (Protocol No. 9 dated 26.06.2026)